

629.24

M12

А. И. МАГУРЕУМОВ

РАЗВЕДОЧНОЕ

БУРЕНИЕ

С ПРОДУВКОЙ

ЗАБОЯ

ВОЗДУХОМ

Книга должна быть возвращена не
позже указанного здесь срока

Количество предыдущих выданных

19986

192 урду

113 в свободн

на срок

3 мес

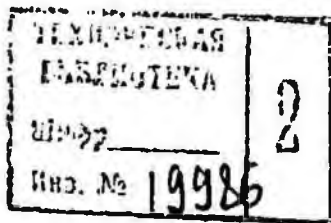
0.84

И4-1969

27 2005
А. М. МАГУРДУМОВ

62224
M12

РАЗВЕДОЧНОЕ БУРЕНИЕ
С ПРОДУВКОЙ ЗАБОЯ
ВОЗДУХОМ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «И Е Д Р А»
Москва 1970

РАЗВЕДОЧНОЕ БУРЕНИЕ С ПРОДУВКОЙ ЗАБОЯ ВОЗДУХОМ. МАГУРДУМОВ А. М. М., изд-во «Недра», 1970. стр. 208.

В книге приводится техника и технология бурения скважин различными породоразрушающими инструментами. Особое внимание уделяется технологии бурения при водопроявлениях и труднопроходимых пород.

Приводятся описание специального оборудования, различные схемы обвязки устья скважины и конструкции герметизаторов. Рассмотрены вопросы организации и эксплуатации компрессорного хозяйства и подбора параметров компрессора.

Для определения примерного расхода воздуха и давления на компрессоре даны расчетные номограммы и таблицы.

Приводится сравнительная оценка технико-экономических показателей при различных способах бурения.

Таблиц 26, иллюстраций 61, библиография — 41 название.

ПРЕДИСЛОВИЕ

XXIII съезд Коммунистической партии Советского Союза поставил перед геологами грандиозные задачи по дальнейшему развитию работ для разведки природных богатств страны.

Один из важнейших видов геологоразведочных работ — колонковое бурение. Повышение его скорости — это один из главных факторов, помогающих сократить сроки разведки месторождения и удешевить стоимость работ. На пути к повышению скорости проходки первостепенную роль играет внедрение новых высокопроизводительных технологических процессов.

К новым прогрессивным методам относится бурение скважин с продувкой воздухом. Этот способ принципиально отличается от промывки жидкостью тем, что для очистки забоя от шлама применяется газообразный агент, в частности сжатый воздух.

В Советском Союзе первая скважина пробурена с продувкой воздухом в 1954 г. на Северном Кавказе, на месторождении мрамора.

Для этого использовались бурильные трубы диаметром 42 мм с nippleными соединениями, что вызвало большие потери давления. Но, несмотря на все недостатки организации и бурения первой скважины, скорость проходки оказалась намного выше, чем с промывочной жидкостью. В 1956 г. во многих геологоразведочных организациях, в частности на угольных месторождениях, в широких масштабах производилось опытное бурение с продувкой воздухом.

С 1957 г. начинается планомерное изучение опыта бурения новым методом. Многие геологоразведочные организации, не имея достаточного опыта, испытывали большие трудности при встрече небольших водопроявлений и в результате отказывались от дальнейших опытов.

Трудности и осложнения, возникавшие в самом начале работ, надо объяснить главным образом отсутствием опыта буровых бригад, разработанной технологии бурения, инструктивных указаний, технической литературы, компрессоров нужной производительности и необходимого оборудования для герметизации устья скважины. В силу указанных причин организация и бурение скважин с продувкой воздухом стояли на низком уровне.

Описываемый метод получил промышленное значение в безводных и пустынных местностях Средней Азии — Кизылкумах, Устюрте и других, где ежегодный объем бурения неглубоких скважин составляет более 1 000 000 м. Успешно применяют этот способ также в Якутском геологическом управлении в условиях многолетней мерзлоты.

За последние годы стали больше уделять внимания бурению структурных скважин с продувкой воздухом при разведке нефтяных и газовых месторождений (в Ставрополе, Башкирии, Куйбышеве, в Западной Украине и других местах). Открываются широкие перспективы применения газообразных агентов при электробурении и турбобурении. Особого внимания заслуживают опыты бурения электробуром. Механическая скорость проходки электробуром с продувкой воздухом в 3—4 раза выше, чем с промывкой раствором.

Бурение скважин с газозодушной продувкой получило широкое применение в США.

В настоящее время проходка с применением газообразных агентов в США осуществляется во многих штатах, а также получила широкое применение более чем в 20 других странах.

В настоящее время нельзя признать, что преодолены все трудности на пути к широкому внедрению нового прогрессивного метода. Но ясно одно, что эти трудности преодолимы, если будут проведены в широком масштабе экспериментальные работы.

Учитывая необходимость в практическом руководстве по указанному виду бурения, мы попытались обобщить имеющийся в нашем распоряжении большой практический материал, чтобы составить общедоступное практическое руководство для специалистов разведочного бурения.

ГЛАВА I

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БУРЕНИЯ С ПРОДУВКОЙ ВОЗДУХОМ

1. СУЩНОСТЬ СПОСОБА

Бурение скважин с продувкой воздухом и другими газообразными агентами является новым и наиболее прогрессивным и высокоэффективным способом бурения.

Сущность этого способа принципиально отличается от бурения с промывочной жидкостью тем, что для очистки забоя от разбуренной породы применяется газообразный агент, в частности сжатый воздух. Для этой цели близко к буровой вышке устанавливается компрессор, из которого воздух поступает через нагнетательный шланг в бурильные трубы. При выходе из-под торца режущего инструмента воздух, расширяясь, поднимается по затрубному пространству, увлекая за собой разбуренную породу в выкидную линию и затем в шламоборник, где шлам улавливается специальными приспособлениями, а воздух, свободный от породы, уходит в атмосферу. При этом устье скважины необходимо герметизировать таким образом, чтобы не препятствовать свободному вращению колонны буровых труб и в то же время не допускать утечки воздуха со шлагом, ее полностью направлять в выкидную линию.

Скорость бурения новым методом резко увеличивается за счет отсутствия гидростатического давления столба промывочной жидкости. А чем ниже давление на забой, тем меньше требуется усилий для разбуривания породы, и наоборот.

Кроме того, благодаря большим скоростям воздушного потока происходит более полная и быстрая очистка скважины от шлама. В результате улучшаются условия работы породоразрушающего инструмента, что ведет к ускорению проходки.

2. ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

За последнее двадцатилетие в зарубежной практике бурового дела уделяется особое внимание улучшению промывочных агентов, которые являются самой важной отраслью технологии бурения.

Данный вопрос изучался в направлении создания растворов с большим удельным весом промывочных жидкостей для борьбы с поглощением, естественных растворов, жидкостей, рассчитанных на большие давления и температуры и т. д.

Однако такие растворы создавали нормальные условия ухода забоя в тех или иных осложненных геологических условиях на большие глубины, но на скорость бурения влияли отрицательно.

При повышении удельного веса промывочной жидкости скорость проходки резко снижается. Это можно объяснить не только приростом гидростатического давления, но также изменениями свойств промывочной жидкости, которая характеризуется большой вязкостью.

Немаловажное значение имеет концентрация твердой фазы в растворе. О ее влиянии на механическую скорость проходки проводились специальные исследования. На основании опытов, проведенных Х. А. Озлером и институтом Баттеля (США), установлено, что на механическую скорость проходки влияют как количество частиц в растворе, так и их форма.

Данные о влиянии концентрации твердой фазы в растворе на механическую скорость проходки приведены в табл. 1.

Таблица 1

Объемная концентрация, %	Удельный вес жидкости, г/см ³	Механическая скорость проходки, м/ч
36,0	2,140	0,975
25,0	1,860	1,065
20,0	1,630	1,157
15,0	1,510	1,250
8,3	1,250	1,340
3,5	1,055	1,580

Как видно из табл. 1, уменьшение концентрации твердых частиц приводит к росту механической скорости проходки. Указанное явление объясняется тем, что твердые частицы под долотом снижают эффективность его работы.

Другое свойство промывочных жидкостей, влияющее на механическую скорость проходки, — их вязкость. Лабораторные исследования показали, что механическая скорость проходки при промывке забоя чистой водой на 25% выше, чем при использовании загрязненной воды. Установлено также, что на механическую скорость влияет и величина фильтрации: с ростом фильтрации увеличивается механическая скорость проходки. Это подтверждено и промышленной практикой.

Многие авторы как в лабораторных условиях, так и в промышленных установках, что при добавке к промывочному раствору нефтепродуктов механическая скорость проходки увеличивается за счет смазочных свойств нефти и уменьшения веса гидростатического столба.

Лабораторные и практические данные показывают, что при использовании растворов с минимальным удельным весом, вязкостью и максимальной водоотдачей можно достигнуть больших скоростей.

Влияние гидростатического давления на физические свойства породы изучали многие авторы в лабораторных условиях и на практике. Все приходят к одному выводу, что для разрушения пород, находящихся под действием высокого гидростатического давления, требуется гораздо большее усилие, чем для разрушения той же породы при атмосферном давлении. Опыты проводились в хорошо организованных лабораториях при давлениях до 1500 кг/см^2 .

Результаты исследования факторов, влияющих на скорость бурения, послужили основой для создания новых промывочных агентов, обладающих малым удельным весом.

Опыты применения промывочных растворов с малым удельным весом в США были начаты в 1938 г. Для этого использовали для бурения нескольких скважин аэрированную нефть. Первые опыты выявили неocenимые качества промывочных агентов с малым удельным весом и положили начало дальнейшему развитию техники бурения. В практике используются промывочные жидкости с удельным весом от $0,84$ до $2,16 \text{ Г/см}^3$.

В табл. 2 приведены данные о промывочных агентах.

Таблица 2

Жидкости и газы	Удельный вес, Г/см ³
Газы и воздух	0,0006—0,0018
Аэрированные растворы	0,1—0,84
Сырая нефть	0,84
Облегченные глинистые растворы	0,94
Чистая вода	1,00
Нормальные водно-глинистые рас- творы	1,02—1,32
Утяжеленные глинистые растворы на водной или нефтяной основе с баритовыми добавками	1,5—2,16

Исследования промывочных агентов, проведенные за последнее десятилетие, дали положительные результаты, благотворно повлияли на ход развития и массовое внедрение новой прогрессивной технологии (газовоздушная продувка) в практику бурового дела.

В Америке первые опыты бурения с очисткой забоя воздухом проведены в 1932 г. в восточной части Техаса и в дальнейшем были прекращены из-за отрицательных результатов. Затем они возобновились в 1936 г. при бурении разведочных скважин. Полученные результаты, даже при ограниченной подаче воздуха, оказались вполне обладающими. Однако и на этот раз способ не получил распространения.

Лишь спустя 14 лет, в 1950 г., начали планомерно изучать в широких масштабах бурение с продувкой воздухом по трем направлениям, применяя сухой воздух, воздух с небольшим добавлением воды и аэрированный раствор.

Бурение с очисткой забоя сухим воздухом дало положительные результаты при проходке сухих пород.

Бурение с небольшой добавкой воды в воздушную ленту целесообразно проводить при небольших притоках пластовых вод, которые могут вызвать палишанне породы на стенке скважины и образование сальниковых пробок.

Бурение с аэрированной жидкостью осуществляется путем введения воздуха в нужных соотношениях в поток воды или глинистого раствора.

Важным импульсом к интенсивному развитию новой технологии послужили опыты, проведенные в бассейне Сан-Хуан (США) на северо-западе штата Нью-Мексико, который по праву следует считать родной описываемого метода. С 1951 г. здесь пробурено 400 скважин с использованием газа и 1000 скважин с частичным применением газа при проходке свиты лиза-верде (мелового возраста) мощностью 240 м. При бурении с промывочной жидкостью продуктивные пласты закупоривались, и единственным способом из числа известных до применения газообразных агентов было канатное бурение.

За 4 года применения газа в бассейне Сан-Хуан произошло несколько пожаров с тяжелыми последствиями. Ввиду этого здесь впервые в 1953 г. применили для очистки забоя воздух.

К концу 1954 г. в указанном бассейне было пробурено 600 скважин глубиной до 2800 м, а к концу 1955 г. — 1200 скважин глубиной от 1000 до 2800 м, со средней механической скоростью, превышающей скорость проходки с промывочной жидкостью на 85%. Достигнутые рекордные скорости и удешевление стоимости работ вызвали большой интерес у нефтяных компаний: новый метод быстро распространился по всей Америке и в другие страны.

Американская практика в части применения новой технологии прошла два этапа своего развития.

К первому этапу относится период 1951—1957 гг., когда в широких масштабах велись работы по изучению оптимальных условий применения сжатого воздуха для бурения в различных геологических условиях. Основное внимание уделялось борьбе с водопрооявлениями, которые были главным препятствием на пути к эффективному применению газозвушной очистки забоя. Не решив данный вопрос, нельзя было рассчитывать на широкое внедрение нового метода.

Изучение условий бурения с водопрооявлениями проводилось тремя методами.

Первый метод заключается в осушении стенок скважины воздухом при незначительных водопрооявлениях.

Второй метод — перекрытие водоносных горизонтов обсадными трубами, путем цементирования или введения специальных химикатов в водоносные пласты для уменьшения водоотдачи.

Третий метод — «обработка» вводимого потока воздуха реагентами, служащими для защиты частиц шлама от проникновения воды, — против образования сальников.

Большинство нефтяных компаний, ведущих бурение с очисткой забоя воздухом и газом, подразделяет водопроявления на три группы.

При малом дебите водоносного пласта («сочащиеся» пласты) ограничиваются усиленной подачей воздуха для повышения скоростного напора.

При средних дебитах вод используют пенообразующие реагенты, которые, поступая в струю воздуха, облегчают подъем шлама.

При поступлении воды в большом количестве переходят на бурение с азрированной нефтью.

На водопроявления третьей группы было направлено главное внимание. В настоящее время, после промысловых испытаний многих химических реагентов, лучшим считаются следующие:

1. Густой гель под названием «полимеризующийся водный гель» (ПВГ). При помощи этого материала успешно закрывались зоны водопроявлений при бурении с продувкой. Препарат обладает герметизирующим действием при проходке водопроницаемых пород. А наиболее выгодное свойство то, что благодаря малой вязкости он проникает в довольно плотные породы.

2. Смола низкой вязкости, получившая название НС-10. Удельный вес ее $1,3 \text{ г/см}^3$. При высокой температуре быстро застывает, соприкасаясь с водой. Эту смолу можно закачивать в скважину и продавливать в пласт, применяя пакеры.

3. Раствор пластмассы РС-11. Удельный вес его обычно равен $1,98\text{--}2,1 \text{ г/см}^3$. РС-11 чаще всего применяется для закрытия трещиноватых пород. Эта пластмасса в сочетании с некоторыми твердыми заполнителями увеличивает объем раствора и снижает водоотдачу из раствора в пласт.

4. Сульфат алюминия и аммиак применяются для закрытия зон водопроявлений в песчаных породах. Обработка водоносного пласта при этом состоит в образовании в порах породы нерастворимого в воде осадка. Используются также раствор сульфата алюминия и газообразный аммиак.

Кроме указанных, нефтяные компании разрабатывают все новые и новые реагенты для борьбы с водопроявлениями. Испытываются эмульгаторы, при помощи которых должна быть решена проблема борьбы с водопроявлениями более эффективным и дешевым методом. Особое внимание при этом уделяется созданию электрического прибора для определения глубины залегания зон с водопроявлениями.

Ведутся также работы по созданию новых видов оборудования для эффективного и экономически выгодного бурения с очисткой воздухом, начиная с устья скважины и до проектной глубины.

Благоприятные результаты экспериментов дали возможность в 1957 г. перейти ко второму этапу — промышленному бурению.

Успешно решен в США вопрос о создании оборудования для герметизации устья скважины. Разработана контрольно-измерительная аппаратура специально для бурения с газообразными агентами. Созданы новые двухступенчатые компрессоры производительностью 15 м³/мин при давлении 20—25 кг/см², а также четырехступенчатые компрессоры большой мощности (500 л. с.). Последние при различном числе оборотов дают:

44 м ³ /мин при давлении	35	кг/см ²
41 • • •	35—36	•
35 • • •	88	•

Они по своей производительности и давлению вполне отвечают требованиям проходки скважины с водопроявлениями.

В настоящее время в США почти все нефтяные компании используют бурение с продувкой воздухом и проявляют к нему исключительный интерес. Создан специальный подкомитет Американской ассоциации буровых фирм, который ведет большую работу по изучению и обобщению опыта, по усовершенствованию способов бурения с продувкой воздухом.

В настоящее время, кроме США, указанный вид бурения применяется в Канаде, Италии, Франции, Англии, Турции, Венесуэле, Эквадоре, Индии, Китае, в безводных районах Средне-восточной и Северной Африки и во многих других странах.

3. БУРЕНИЕ С ПРОДУВКОЙ ВОЗДУХОМ В СССР

В Советском Союзе первые опыты с продувкой воздухом начались при разведочном колонковом бурении. Первая скважина пройдена в 1954 г. на Северном Кавказе на месторождении мрамора. На глубине 100 м из-за встретившихся трудностей дальнейшее бурение прекратилось. Однако механическая скорость по пройденному интервалу оказалась значительно выше, чем при бурении с промывочной жидкостью. Полученные результаты положили начало изучению новой технологии.

В 1956—1958 гг. многие геологоразведочные организации проводили опыты по изучению проходки с продувкой воздухом. Первые эксперименты осуществлялись на угольных месторождениях «Мосбас-суглегеология», «Кизелуглегеология», «Сахалинуглегеология», в Казахстане, Узбекистане, Туркмении, Киргизии, Армении, в «Миус-сиинепетразведке», в Амакинской экспедиции Якутского геологического управления, в Восточной Сибири, в небольших объемах во многих других территориальных геологических управлениях.

Но все эти работы были беспилотны, проводились без знания основ технологии бурения с продувкой воздухом, без помощи и руко-

водства со стороны научно-исследовательских институтов. При встрече первых же водопритоков или влажных и вязких глин бурение прекращалось, так как были неизвестны способы преодоления этих трудностей.

В силу указанных причин большинство геологоразведочных организаций было вынуждено отказаться от дальнейших экспериментов. Число организаций, занимающихся опытным бурением, быстро сократилось. Лишь немногие из них, где геологические условия требовали газовой продувки, упорно преодолевая трудности и постепенно накапливая опыт, добились положительных результатов.

Неудачи первого этапа опытных работ с продувкой воздухом надо объяснить следующими основными причинами:

1. Отсутствие компрессоров нужных параметров.
2. Неправильный подбор параметров компрессора при заданном диаметре и глубине бурения.
3. Нарушение элементарных правил сборки воздухопровода и циркуляционной системы.
4. Отсутствие удовлетворительной аппаратуры для герметизации устья скважины.
5. Отсутствие опыта по технологии бурения с продувкой воздухом в различных геологических условиях.
6. Отсутствие контрольно-измерительной аппаратуры.

Все это надолго задержало развитие бурения с продувкой воздухом. Причина в том, что в СССР бурение на нефть и газ осуществляется в основном турбобуром, поэтому нефтяная промышленность вначале не проявляла должного внимания к новому методу бурения.

В 1957 г. Всесоюзный научно-исследовательский институт буровой техники (ВНИИБТ) в содружестве с трестом «Башзапнефтеразведка» проводили опыты по бурению с продувкой воздухом на нефть. В 1958 г. в содружестве с трестом «Куйбышевнефтеразведка» пройдено несколько структурных скважин с удовлетворительными технико-экономическими показателями. В 1962 г. Азбурнефть начала бурение с азрированным раствором. В 1964 г. в Волгоградской области проведена попытка бурения с продувкой воздухом. В 1965 г. ВНИИБТ выполнял опытные работы на нефть и газ с использованием газообразных агентов на Долгинском нефтяном месторождении «Укрзападнефть».

В 1963 г. впервые в СССР на Учаральском месторождении (Казахстан) пробурены две скважины глубиной до 1100 м с водопритоками до 5 л/сек, где с начала до конца проходки использован для очистки забоя природный газ — азот под давлением 50 кг/см² с дебитом 200 м³/мин. При этом удалось преодолеть все трудности, связанные с чрезвычайно большими водопроявлениями, и получить высокие технико-экономические показатели. В небольших объемах проведены опытные работы в Краснодарском крае и на других месторождениях нефти.

Опытно работы по разведке нефтяных месторождений под-
тверждают несомненное преимущество газовой продувки
по сравнению с угремкой раствором. Механическая скорость при
этом увеличивается в несколько раз и, кроме того, намного снижается
расход воды.

В последние годы в СССР и за рубежом большое внимание уде-
ляется вопросу использования газообразных агентов для забойных
технологий. Во Франции и Италии созданы опытные образцы турбин-
ных аппаратов, работающих на сжатом воздухе.

Удающееся время ВНИИТ работает над созданием забойного
турбинного аппарата, работающего на сжатом газе. Особое внимание инсти-
тут уделяет вопросу использования сжатого воздуха при электро-
бурении. Использование сжатого воздуха в турбинном аппарате
при электробурении открывает широкие возможности резкого повы-
шения механической скорости.

Бурение с продувкой воздухом получило промышленное при-
менение в Средней Азии, в частности в Узбекистане — в пустынных
районах Кызылкумов, Устюрта и других. Ежегодный объем буровых
работ в Средней Азии составляет 1 000 000 м, из которых боль-
шинство приходится на долю сейсмических скважин. Широко
используется бурение с продувкой воздухом при разведке на
воду.

Второе важное место принадлежит районам многолетней мерзлоты.
Якутское геологическое управление в широких масштабах при-
меняет продувку воздухом; бурение в небольших объемах прои-
зводится в северных геологических управлениях и во многих других
районах Советского Союза.

4. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОРОД ПО ТРУДНОСТИ БУРЕНИЯ

Опыт бурения с продувкой воздухом показывает, что на данной
стадии изученности вопроса можно, за малым исключением, бурить
почти во всех геологических условиях. Наилучшие результаты
достигаются в сухих устойчивых породах. Чтобы получить высокие
рейсовые скорости, требуется установить правильное соотношение
между количеством получаемого шлама и подаваемого на забой
воздуха. Строго соблюдая это положение, можно осуществить про-
ходку с большой скоростью, без трудностей и осложнений.

По трудности бурения породы делятся на следующие группы:

- 1) устойчивые с водопритоками;
- 2) влажные суглинки; вязкие, липкие и пластичные глины;
- 3) рыхлые каверзные сильно трещиноватые породы;
- 4) сухие и водоносные пески.

Успех бурения по таким породам, кроме правильно выбранных
технологических приемов, во многом зависит от рациональной
организации работы и монтажа специального оборудования. На
хорошо организованной буровой все помехи легко устраняются.

Приводим краткую характеристику каждой группы труднопроходимых пород.

I группа — устойчивые породы с водопритоками. Трудности бурения преодолеваются при наличии компрессора большой производительности и давления с применением поверхностно-активных веществ и других технологических приемов.

II группа — вязкие и липкие глины. Бурение идет почти без выхода шлама на поверхность, ввиду чего увеличиваются дополнительные операции по подъему породы. Скорость проходки снижается, но в целом по скважине все-таки остается выше, чем при использовании промывочной жидкости.

III группа. Успех бурения зависит от степени и характера трещиноватости пород и от возможности кольматажа трещин быстро схватывающимися смесями.

IV группа. Проходка сухих песков наиболее трудна. Но применяя соответствующий режим, можно бурить толщу песков до 30 м.

Труднопроходимые породы обычно составляют в каждой скважине незначительный процент по отношению к тем, в которых бурение высокоэффективно. Поэтому, хотя скорость на участке труднопроходимых пород снижается, средняя скорость по скважине остается выше, чем при бурении с раствором.

Опыт работы в Средней Азии показал, что при бурении даже в самых трудных случаях, соблюдая правильную технологию, можно достигнуть хороших результатов.

5. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ БУРЕНИЯ С ПРОДУВКОЙ ВОЗДУХОМ

Для достижения экономической эффективности при выборе способа очистки забоя в каждом отдельном случае необходимо тщательно изучить литологический разрез скважины, геолого-технические и гидрогеологические условия разведываемого месторождения. Это даст возможность выбрать в конкретных условиях правильную технологию бурения и своевременно подготовить приемы для устранения возможных осложнений.

Второй немаловажный фактор — подбор компрессора, обеспечивающего проходку до проектной глубины, а также высококачественный монтаж специального оборудования. Если разведочная организация не в состоянии снабдить вышку достаточно мощным компрессором, то целесообразен и экономически оправдан комбинированный способ: бурение до технической возможной глубины с продувкой воздухом, а далее — с промывкой жидкостью. Такой метод широко применяется и в тех случаях, когда верхняя часть ствола скважины состоит из сухих пород, а нижняя — с водопритоками. Или, наоборот, верхний интервал с неблагоприятным разрезом бурят с промывочным раствором, а затем, после крепления стенок скважины путем тампонажа или обсадными трубами,

продолжают с продувкой воздухом. В каждом конкретном случае необходим дифференцированный подход.

Опыт комбинированного бурения в Самаркандской и Алмалыкской экспедициях Министерства геологии УзССР показал хорошие результаты. Стоимость 1 м комбинированного бурения против бурения с промывочной жидкостью в среднем по скважине снижается на 50—70%.

6. ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА, ГДЕ БУРЕНИЕ С ПРОДУВКОЙ ВОЗДУХОМ МАЛОЭФФЕКТИВНО

Бурение с продувкой воздухом может быть малоэффективным или почти невозможным по следующим породам.

1. Сухие или водоносные галечники и валунно-галечниковые отложения. Сложность заключается в том, что при уходе забоя на 1—1,5 м происходит разрушение стенок скважины, и бурение повторяется по вывалившимся галечникам. Если же галечники начинаются с поверхности и мощность их невелика, целесообразен комбинированный способ проходки.

2. Иллувыи, водоносные пески и мощные толщи сухих песков. Бурение с продувкой воздухом по ним чрезвычайно затруднительно, а в отдельных случаях и невозможно вследствие частых прихватов снаряда. Бурение по сухим пескам мощностью более 30 м с прямой циркуляцией воздуха не достигает цели; оно возможно только при одновременном спуске обсадных труб.

3. Сильно трещиноватые и кавернозные породы. Бурение по ним связано с полной потерей нагнетаемого воздуха. Закрытие трещин шламом, цементным раствором, быстросхватывающимися смесями и разными наполнителями очень часто не дает положительных результатов.

Опыт бурения в таких породах незначителен. Поэтому еще не разработаны методика и технологические приемы борьбы с возникающими трудностями. Для изучения данного вопроса необходимы экспериментальные работы. Решение поставленной задачи даст возможность широко внедрить в практику очистку забоя воздухом в любых условиях.

ГЛАВА II

ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТЫ

1. ОБОРУДОВАНИЕ

Буровые установки

Существующие типы установок для бурения с промывочным раствором можно использовать и для бурения с продувкой воздухом. Но специфика новой технологии предъявляет свои требования, причем надо учитывать следующие факторы: 1) буримость проходных пород; 2) условия опробования полезного ископаемого; 3) тип режущего инструмента; 4) диаметр и глубина бурения; 5) наличие водоносных горизонтов; 6) рельеф местности.

Система управления буровой установки должна быть оснащена контрольно-измерительными приборами для наблюдения за расходом и давлением воздуха на компрессоре, измерения температуры поступающих и выходящих газов и др.

Тип буровых установок, роторных или шпиндельных с гидравлической подачей, следует выбирать с учетом буримости проходных пород и условий опробования полезного ископаемого. С этой целью все породы классифицируются на четыре группы: I группа — мягкие, рыхлые и сыпучие, I—III категорий; II группа — средней твердости, IV—VII категорий; III группа — крепкие, VIII—X категорий; IV группа — очень крепкие, XI и XII категорий.

При бурении пород I группы достигается большая скорость. Поэтому следует использовать передвижные станки роторного типа для бурения сплошным забоем. Геологический разрез уточняется по шламу и по частичному подъему керна. Применять шпиндельные станки целесообразно ввиду снижения скорости проходки.

При бурении пород II группы на жидкие и газообразные ископаемые (нефть, вода, газ), когда требуется подъем керна, в отдельных интервалах целесообразно также использовать установки роторного типа. При этом скорости бурения выше, чем на шпиндельных станках. Кроме того, намного упрощается вскрытие

и опробование пластов полезного ископаемого, легко устраняются всякие осложнения.

При разведке твердых полезных ископаемых в породах II группы для изучения геологического разреза и опробования рудного тела рационально использовать шпindelные станки с гидравлической подачей. Скорости бурения при этом несколько меньше, чем на станках роторного типа, но зато опробование рудного тела намного проще.

При бурении пород III группы для изучения геологического разреза и опробования твердых полезных ископаемых целесообразно применять станки шпindelного типа с гидравлической подачей. При бурении пород этой же группы на жидкие и газообразные ископаемые рационально использовать передвижные установки роторного типа.

Бурение пород IV группы следует производить шпindelными станками с гидравлической подачей.

Указанные типы станков рекомендуем, учитывая полученные на практике большие скорости проходки и высококачественное опробование полезного ископаемого. Однако станки можно заменить и другими, если в разведочной организации нет таких.

В каждом конкретном случае при выборе станка необходим дифференцированный подход — с учетом скорости проходки и качества опробования полезного ископаемого. Выбор буровых установок по мощности и марке производится, как обычно, по глубине и диаметру бурения и рельефу местности.

Самоходные буровые установки роторного типа

Для бурения поисковых, структурных и геофизических скважин, а также на жидкие, газообразные и твердые полезные ископаемые с продувкой воздухом рекомендуются самоходные установки роторного типа. Техническая характеристика наиболее распространенных установок роторного бурения приведена в табл. 3.

Практика бурения с продувкой в безводных районах Средней Азии, в частности в Кызылкумах и на Устюрте, установками УРБ-ЗАМ и УРБ-2А показала, что они имеют большое применение. Станки УРБ-ЗАМ широко применяются при разведке на воду и твердые полезные ископаемые, а УРБ-2А — главным образом для бурения геофизических, поисковых и структурных скважин.

Указанные установки значительно облегчают бурение с водопроявлениями, легко устраняют трудности и осложнения. Кроме того, при бурении сплошным забоем достигаются большие рейсовые скорости. Недостатком этих установок является то, что в зимних условиях производительность труда снижается на 20—25% вследствие неотепленности рабочего места.

Таблица 3

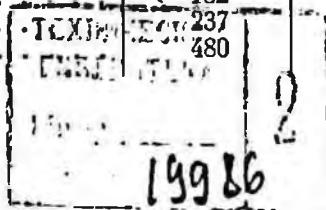
Показатели	Установки		
	УРБ-3АМ	УРБ-2А	АВБ-3-100
Начальный диаметр бурения, мм	298	150	190
Глубина бурения, м	300—500	200	100
Диаметр бурильных труб, мм	60,3—70	50—60,3	50—60,3—73
Диаметр проходного отверстия ротора, мм	250	150	76
Грузоподъемность лебедки, Т	2,8	2,5	1,25
Рекомендуемый диаметр каната, мм	15,5	15,5	12,5
Привод установки	Диазель Д-54	Ходовой двигатель автомашины ЗИЛ-120	Ходовой двигатель автомашины ЗИС-120
Количество двигателей	1	1	1
Общая мощность двигателей	54	50	95
Тип подъемного устройства	Мачта	Мачта	Мачта
Высота мачты, м	16	9,5	8,8
Грузоподъемность лебедки, Т	10	2,5	1,25
Марка автомашины	МАЗ-200	ЗИЛ-151	ЗИЛ-150 или ЗИЛ-157

Станки с гидравлической подачей

Станки шпиндельного типа с гидравлической подачей широко распространены главным образом при разведке твердых полезных ископаемых в крепких породах. Такие станки обладают следующими преимуществами: 1) большая скорость бурения в крепких породах, 2) лучшее опробование рудного тела, 3) более совершенный метод подъема керна, 4) возможность использования гидравлической системы в качестве домкрата в случаях прихвата снаряда и при

Таблица 4

Основные параметры	ЗИФ-300	ЗИФ-650	ЗИФ-1200.
Глубина бурения, м	300	650	1200
Начальный диаметр бурения, мм	132	200	250
Конечный диаметр бурения, мм	59	93—59	75—90
Внутренний диаметр шпинделя, мм	54	68	78
Ход шпинделя, мм	400	500	600
Грузоподъемность, кг	2000	3000	4500
Угол бурения к горизонту, град.	90—75	60—90	75—90
Число оборотов в минуту:			
I скорость	102	71	67
II скорость	182	153	128
III скорость	237	277	238
IV скорость	480	470	346



подъеме обсадных труб, 5) быстрое расхаживание снаряда в процессе бурения, с минимальной амплитудой, благодаря чему устраняются образования сальников над снарядом, захваты и налипания породы на стенки скважины; при этом выход керпа не уменьшается.

Из существующих типов станков для бурения с продувкой воздухом на глубину от 100 до 1000 м можно рекомендовать ЗИФ. Техническая характеристика станков приведена в табл. 4.

Циклон

Циклон (рис. 1), служащий для сбора шлама, представляет собой цилиндрический резервуар с конусом внизу. Воздух со шламом поступает в верхнюю часть цилиндра по касательной, причем смесь получает вращательное движение; в результате центробежная сила прижимает шлам к стенкам, и он поступает в конус циклона. Воздух, отделившись от породы, выходит через центральную трубу вверх.

При бурении по сухим породам к фланцу конуса присоединяется с помощью пружинных зажимов шламотборник 3, имеющий продольное смотровое окно из плексигласа, что дает возможность определить характер проходных пород, интенсивность выноса шлама и время очистки шламотборника. Для освобождения циклона от шлама снимают нижний шламотборник.

При бурении с водопроявлениями на нижнюю часть конуса надевают другой шламотборник с фильтром 5. Когда мокрая порода поступает в фильтр, вода отделяется от нее и выпускается через сетчатое дно. Если требуется узнать количество отделяющейся воды, ее выпускают из фильтра в мерный сосуд.

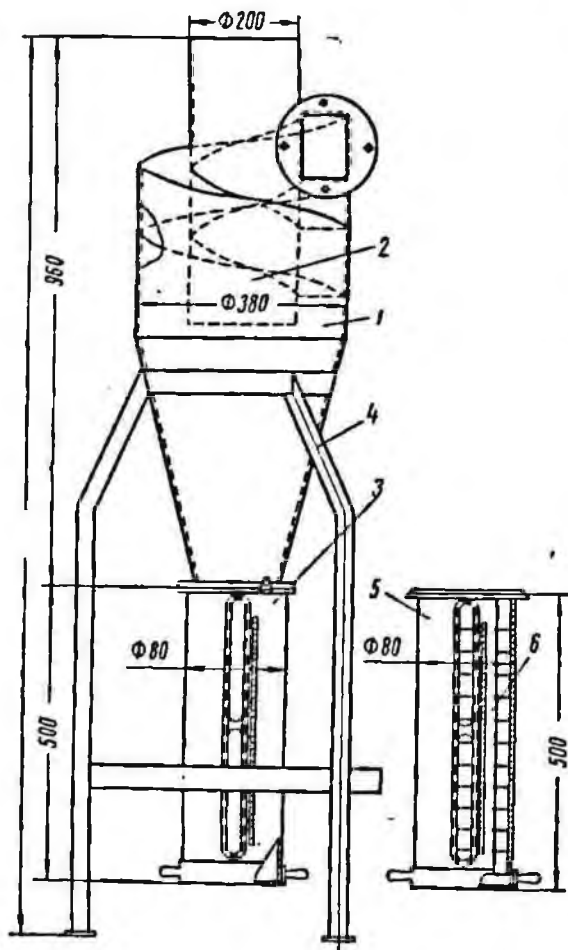


Рис. 1. Циклон.

1 — корпус; 2 — полоса винтовая; 3 — шламотборник для сухой породы; 4 — стойка; 5 — шламотборник с фильтром для мокрой породы; 6 — фильтр.

Шламоулавливающая установка ШПУ-1А

Установка предназначена для отсасывания из скважины шлама и пыли. Воздух вместе со шламом поступает в циклон, где частицы шлама и буровой пыли под действием центробежных сил прижимаются к стенкам циклона и, отделяясь от воздушного потока, оседают в нижней части конуса.

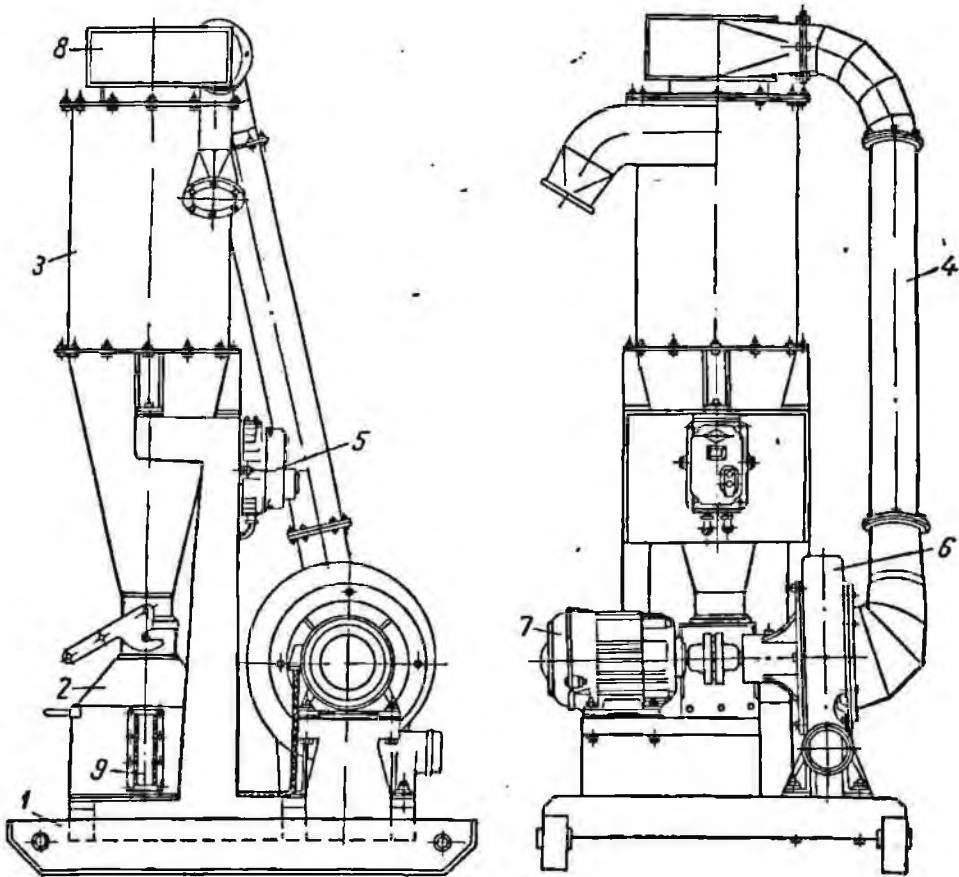


Рис. 2. Шламоулавливающая установка ШПУ-1А.

1 — рама; 2 — бункер; 3 — циклон; 4 — соединительная труба; 5 — трехполюсный выключатель; 6 — вентилятор; 7 — электромотор; 8 — улитка; 9 — смотровое окно.

Установка (рис. 2) состоит из следующих основных узлов: рамы 1, на которой она смонтирована, циклона 3, соединительной трубы 4, центробежного вентилятора 6 высокого давления марки ВД-3, электромотора 7, автоматического трехполюсного выключателя 5 типа АП50-2МЗТН и бункера 2 для сбора шлама. В бункере имеются два смотровых окна 9 для определения характера проходивших пород, а также для уточнения геологического разреза скважины и опробования полезного ископаемого по шламу. При

заполнении бункера породой он легко отделяется от циклона и заменяется свободным.

Установка показала хорошие результаты.

Секционный шламоотделитель

Шламоотделитель (рис. 3) предназначен для сбора влажных и сухих пород. Он изготавливается из листового железа толщиной 2,5 мм, размерами 1 × 1 × 1 м и для удобства перевозки монтируется на металлических салазках.

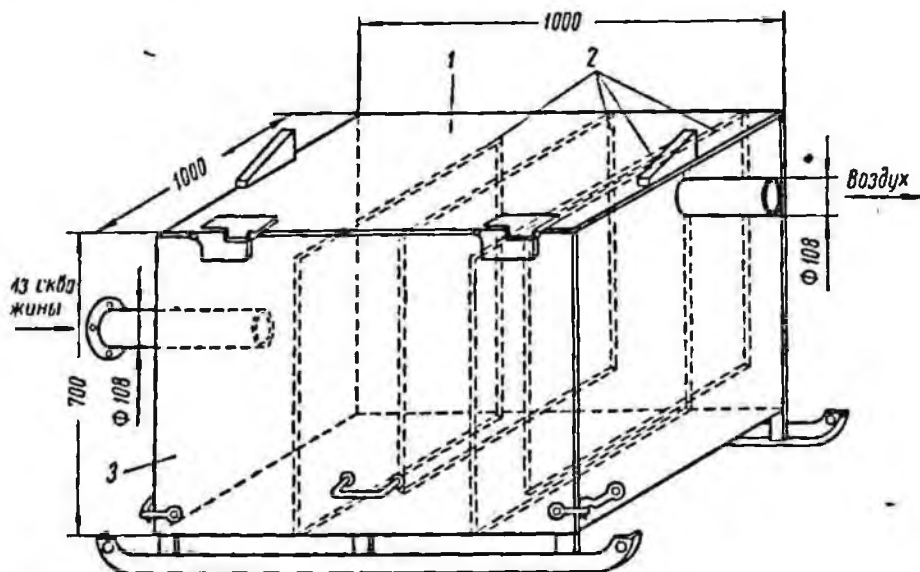


Рис. 3. Секционный шламоотделитель.

1 — камера; 2 — перегородки; 3 — дверка.

Шламоуловитель делится перегородками на четыре секции. Каждая перегородка, внизу или сверху поочередно, открыта для прохода воздуха.

Воздух со шламом поступает из скважины по выкидной трубе в первую секцию, где оседают крупные частицы, а затем поверх перегородки идет во вторую секцию, где оседает более мелкий шлам. Пройдя через все секции, воздух освобождается от шлама и выпускается в атмосферу.

Для очистки шламоотделителя открывают имеющуюся в нем боковую дверцу.

Описанное устройство применяется главным образом при бурении сплошным забоем сыпучих и мягких пород и отсортировке шлама по фракциям.

Муфта-смеситель

При перерыве бурения по водоносным породам в скважине образуется высокий столб воды. Для снижения его требуется большое пусковое давление воздуха, что невозможно осуществить передвижными компрессорами с давлением не более 10 кг/см^2 . В таких случаях производятся поинтервальные откачки для снижения уровня воды на 20—30 м. При этом после каждой откачки требуется дополнительное время для наращивания и спуска бурильной колонны.

Чтобы устранить поинтервальные откачки, рекомендуется в колонну бурильных труб, через каждые 25—30 м включить муфту-смеситель. Число муфт в колонне и места их установки определяются в зависимости от статического уровня воды в скважине.

Муфта-смеситель (рис. 4) изготовляется из тех же материалов, что и муфто-замковое соединение. Верхний и нижний концы имеют внутреннюю резьбу под штанги 50 и 63,5 мм. В теле муфты имеются отверстия диаметром 2 мм, направленные вверх под углом 60° , расположенные в шахматном порядке. Число отверстий для штанг 50 мм — 24, а для штанг 63,5 мм — 32.

Применение муфт-смесителей имеет преимущества: 1) отпадает необходимость в поинтервальных

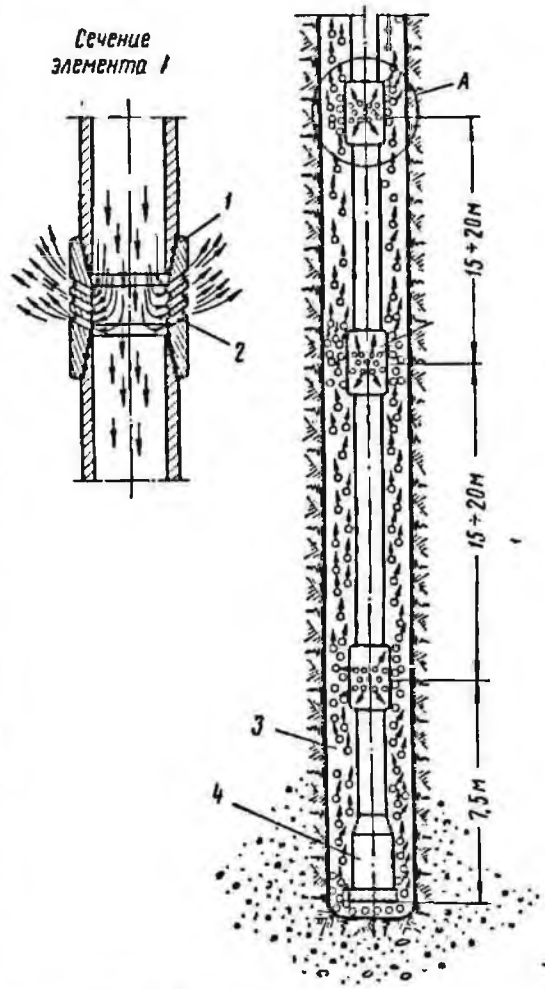


Рис. 4. Муфта-смеситель.
1 — муфта-смеситель; 2 — окна в смесителе размером 5 мм; 3 — поинтервальная аэрация; 4 — буровой снаряд.

Таблица 5

Диаметр, мм	Общая длина, м	Длина резьбы, мм		Диаметр отверстий, мм	Число отверстий
		верхней части	нижней части		
50	220	60	60	5	24
63,5	250	70	70	5	32

откачках, 2) достигается постоянное аэрирование всего столба воды и шлама в скважине, 3) создается возможность бурения скважин с большим притоком воды.

Рекомендуемая муфта показала в работе хорошие результаты. Практически, путем изменения количества и диаметра отверстий в зависимости от диаметра бурения, можно достигнуть лучших результатов аэрирования двухфазной массы. Основные размеры муфты-смесителя (в миллиметрах) приведены в табл. 5.

2. ИНСТРУМЕНТЫ

Бурильные трубы

При бурении с продувкой воздухом к бурильным трубам предъявляются следующие требования: 1) хорошая герметичность в соединениях, 2) большое проходное сечение, 3) гладкоствольность по всей длине колонны.

Существующие трубы для разведочного колонкового бурения диаметром 42, 50 и 63,5 мм имеют важный недостаток: малое проходное сечение в соединениях. При движении через них поток воздуха подвергается резким перепадам давления (потери на сужение при входе и на расширение при выходе), что неизбежно ведет к потерям напора.

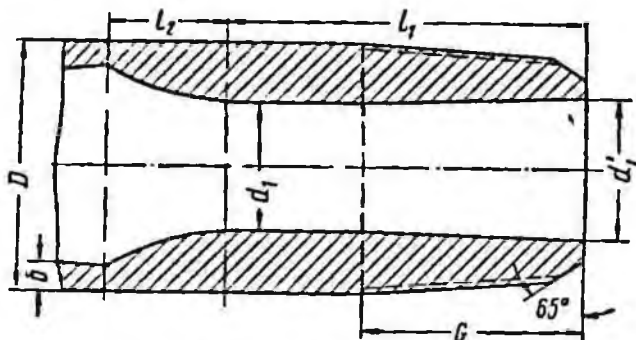


Рис. 5. Размер бурильных труб.

Для эффективного использования воздушного потока бурильные трубы должны иметь наружную высадку с раструбом, в результате чего достигаются следующие преимущества: 1) гладкоствольность по всей длине колонны, 2) отсутствие потерь давления в соединениях, 3) нормальная транспортировка шлама при обратной продувке. Если нет возможности изготовить штанги с раструбом, для гладкоствольности колонны бурильных труб рекомендуется сборка ее на муфтовых соединениях. За счет последних снижаются темпы спуско-подъемных операций, но зато избегаются большие потери давления. При наличии специальных элеваторов этот недостаток отпадает.

Бурильные трубы с ниппельными соединениями и питанги диаметром 42 мм непригодны для бурения с продувкой воздухом из-за больших потерь давления в них.

Характеристика рекомендуемых бурильных труб (в миллиметрах) приведена в табл. 6 и на рис. 5.

Таблица 6

Наружный диаметр D	Толщина стенки δ	Длина высадки		Внутренний диаметр		Длина резьбы G
		до переходной части l_1	переходной части l_2	у конца высадки d_1	у торца d_2	
50	5,5	110	25	28	32	55
63,5	6,0	120	30	40	45	60
73	9	100	40	30	40	67

Коронки

Твердосплавные коронки. Для бурения с продувкой применяются породоразрушающие инструменты всех видов — зубчатые, твердосплавные, дробовые и алмазные коронки, долота разных типов — такие же, как при бурении с жидкостью.

Однако опыт показал, что при бурении с продувкой не все инструменты дают хороший эффект. Обычные коронки с малым выходом резцов наружу и внутрь непригодны для бурения мягких пород. При недостаточном зазоре между стенками скважины и колонковой трубой шлам, независимо от характера пород, плотно запрессовывается в зазоре; в результате прекращается выход шлама и повышается давление на компрессоре.

Для уменьшения местных сопротивлений при циркуляции воздуха и подъеме шлама необходимы достаточные зазоры между стенками скважины и колонковой трубой, а также между керном и колонковой трубой.

Зазор между колонковой трубой и стенками скважины при бурении мягких пород требуется в пределах до 10 мм, а в крепких — до 5 мм; между керном и стенкой колонковой трубы при бурении в мягких породах — до 5 мм, в твердых — до 3 мм.

Основные требования к буровым коронкам:

- 1) большой зазор между стенками скважины и колонковой трубой;
- 2) большой зазор между керном и стенкой колонковой трубы;
- 3) достаточная площадь продувочных окон (холодильников) для охлаждения коронки и беспрепятственного выноса шлама из-под торца.

Приводим описание некоторых типов коронок, которые при бурении с продувкой воздухом показали хорошие результаты. Ребристые коронки типа КР-1 и КР-2 (рис. 6), предназначенные для бурения пород I—IV категорий, создают большой зазор между колонковой трубой и стенками скважины,

поэтому эффективны при бурении в мягких и неустойчивых породах (пески, суглинки, мергель, мел, слабо сцементированные песчаники).

К корпусу короночного кольца привариваются ребра. Торцы кольца и ребра ослаблены резцами Г-51 из твердого сплава ВК-8. Резцы выступают за торцы короночного кольца и приваренного сегмента на высоту 3 мм, а за внутреннюю поверхность короночного кольца и наружную поверхность сегмента — на 2 мм.

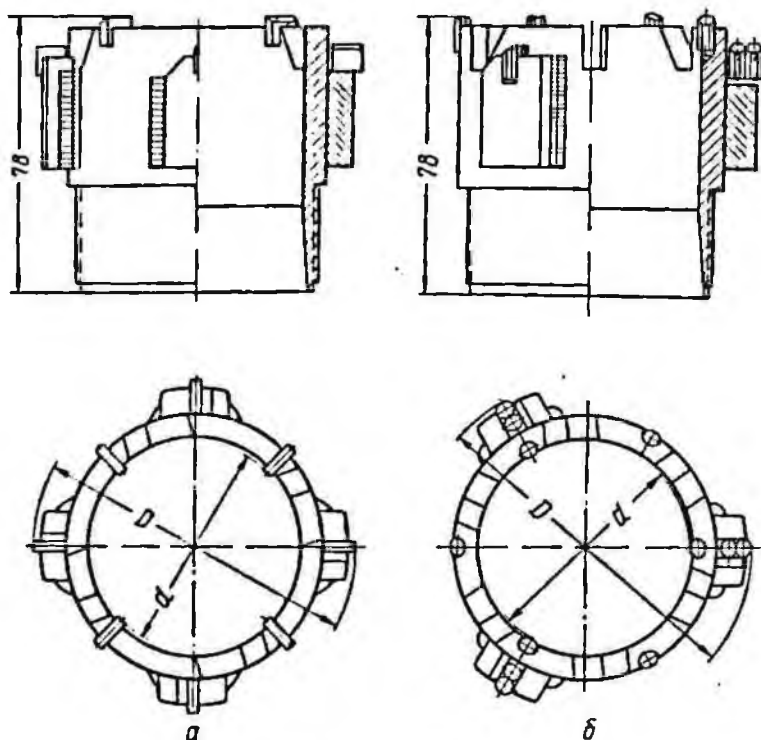


Рис. 6. Коронки ребристые.

а — КР-1; б — КР-2.

Коронки КР-2 отличаются от КР-1 тем, что армированы восьмигранниками из твердого сплава ВК-8 для бурения мягких пород с прослойками более твердых пород.

Основные размеры ребристых коронок приведены в табл. 7.

Ребристые коронки КР-4 и КР-5 (рис. 7), сконструированные ЦКБ, заслуживают большого внимания. Бурение коронками указанных типов, особенно КР-5, в породах до VI категории как по скорости проходки, так и по безопасности ее применения в сложных геологических условиях показало исключительно хорошие результаты. Большой выход ребер за наружную и внутреннюю боковые поверхности и под торец создают весьма благоприятные условия для эффективной очистки забоя и свободной транспортировки шлама на поверхность. Эти коронки предназначены для

Таблица 7

Типы коронок	Диаметры по наружным резам, мм	Диаметры по внутренним резам, мм	Количество резов, шт.	Количество ребер, шт.	Вес коронки, кг
КР-1	93	57	8	4	0,75
	112	73	8	4	0,83
	132	92	8	4	1,03
	151	112	8	4	1,12
КР-2	93	58	12	3	0,63
	112	74	12	3	0,83
	132	93	14	4	1,02
	151	113	14	4	1,08

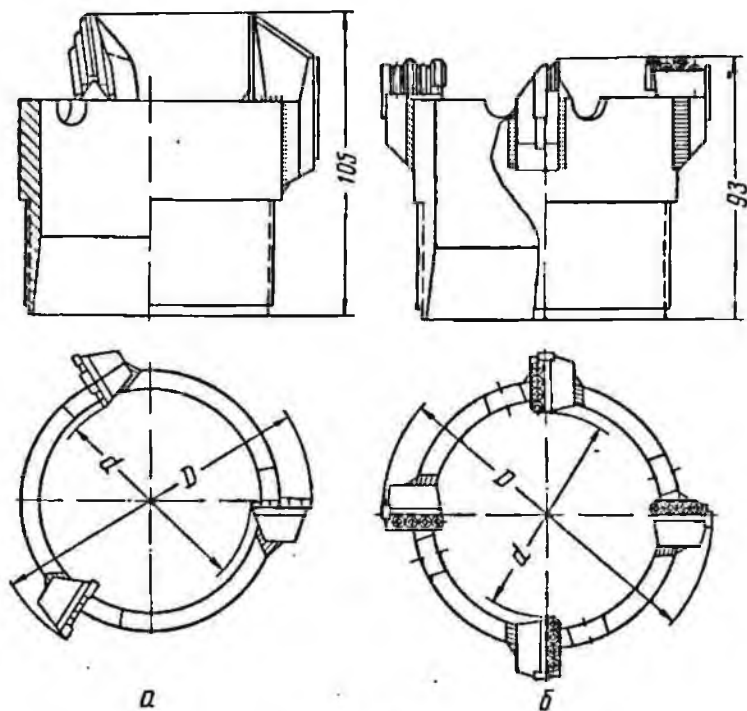


Рис. 7. Коронки.

а — КР-4; б — КР-5.

бурения с отбором керна в мягких и неустойчивых породах (глины, мергели, мел и др.). Коронки КР-4 и КР-5 обладают значительной износостойкостью и дают возможность получать большие скорости проходки.

Коронка КР-4 предназначена для бурения пород до V категории. Она состоит из корончатого кольца, к которому приварены с торца и боковой наружной поверхности фасонные ребра-резцодержатели

с положительным углом резания 73° . К передней плоскости ребер припаяны пластины из твердого сплава ВК-8. Для лучшего прохода воздуха на торце коронки непосредственно под ребрами профрезерованы продувочные пазы.

Ребристые коронки КР-5 предназначены для бурения в перемежающихся породах I—VI категорий.

Малая площадь контакта резцов с забоем позволяет создавать высокие контактные напряжения в породе. При бурении твердых пропластков происходит самозатачивание пустотелых восьмигранных резцов до полного износа.

Коронка состоит из короночного кольца, к которому приварены с торца и боковой наружной поверхности ребра-резцодержатели под углом 90° к торцу. К передней рабочей плоскости каждого ребра припаяны латушью на установочных стержнях заостренные резцы из твердого сплава марки ВК-8. Резцы представляют собой восьмигранные пустотелые призмы с отверстиями цилиндрической формы. Устанавливаются они в резцодержателях на разной высоте, с превышением 3 мм относительно друг друга. К наружным поверхностям резцодержателей припаяны твердосплавные пластины. В торце короночного кольца профрезерованы пазы для циркуляции газообразных агентов.

В табл. 8 приведена техническая характеристика коронок КР-4 и КР-5.

Таблица 8

Показатели	Тип коронки							
	КР-4-93	КР-4-112	КР-4-132	КР-4-151	КР-5-93	КР-5-112	КР-5-132	КР-5-151
Диаметр наружный, мм	93	112	132	151	93	112	132	151
Диаметр внутренний, мм	53	68	88	107	63	68	88	107
Число ребер, шт.	3	3	4	4	4	4	6	6

Бурение по вязким глинам существующими коронками весьма сложно и малоэффективно: выход шлама почти прекращается и снаряд запрессовывается в глинах. Для бурения указанных пород мы сконструировали коронку АМ-1 (рис. 8), которая в указанных условиях дала хорошие результаты. Размеры коронки (в миллиметрах) приведены в табл. 9.

Таблица 9

D	d	D_1	D_2	d_1	L	l
75	55	98	112	45	400	60
91	71	114	118	61	440	60
110	90	133	137	80	440	60

Для бурения пород средней твердости и твердых применяются коронки типов СМ-1 и СТ-1.

Коронка СМ-1 (рис. 9) рекомендуется для пород средней твердости — от V до VIII категории (известняки, доломиты, глинистые сланцы, алевролиты, аргиллиты, средней твердости песчаники, амфиболиты, пироксениты, змеевики, перидотиты и др.).

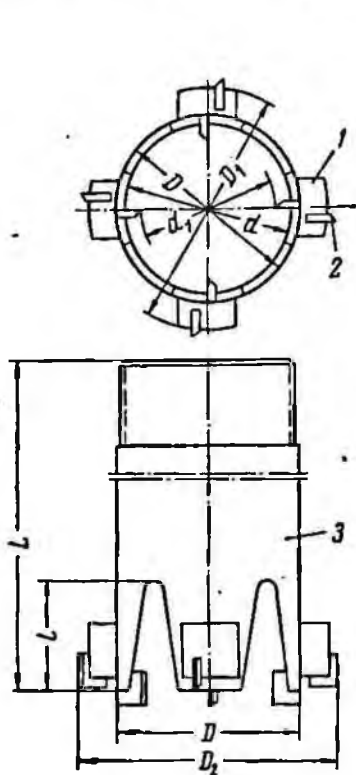


Рис. 8. Коронка АМ-1 для бурения по вязким породам.

1 — расширитель; 2 — резец; 3 — коронка.

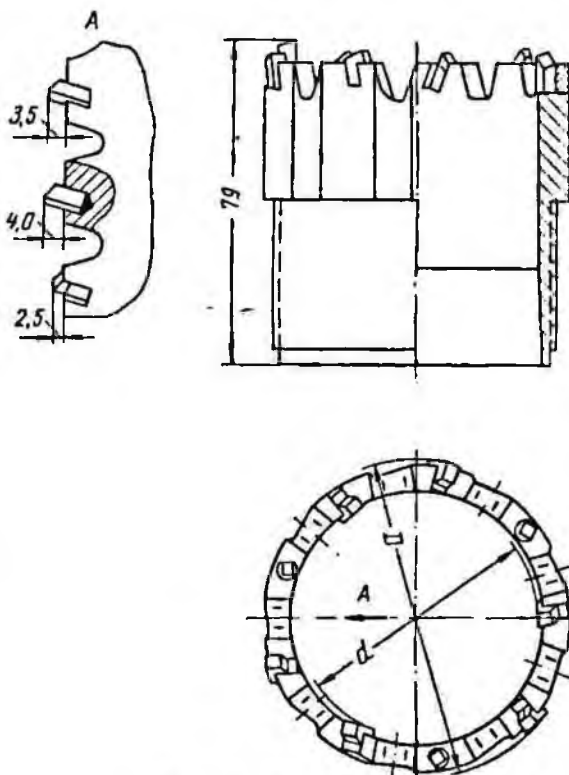


Рис. 9. Коронка СМ-1.

Резцы из твердого сплава ВК-6 размером $4 \times 4 \times 10$ мм ориентированно вставлены в короночное кольцо, благодаря чему повышается скорость бурения и увеличивается износостойкость коронок. Наружные, внутренние и средние резцы установлены с выступами на разной высоте над торцом короночного кольца (2,5—3,5—4 мм) и выходят за боковую поверхность на 1,5 мм, образуя при бурении ступенчатый забой. Резцы расположены с отрицательным углом наклона 15° и повернуты на 25° вокруг своей длинной осл.

Коронки СТ-1 (рис. 10) предназначены для бурения трещиноватых, абразивных и неоднородных по структуре пород V—VIII и частично IX категорий. Коронки армированы заостренными восьмигранными резцами Г-53 диаметром 5 мм, из твердого сплава ВК-8.

Резцы выступают над торцом корончатого кольца на 2,5 мм, а за боковые поверхности — на 1 мм.

Размеры коронок СМ-1, СМ-2 и СТ-1 (в миллиметрах) приведены в табл. 10.

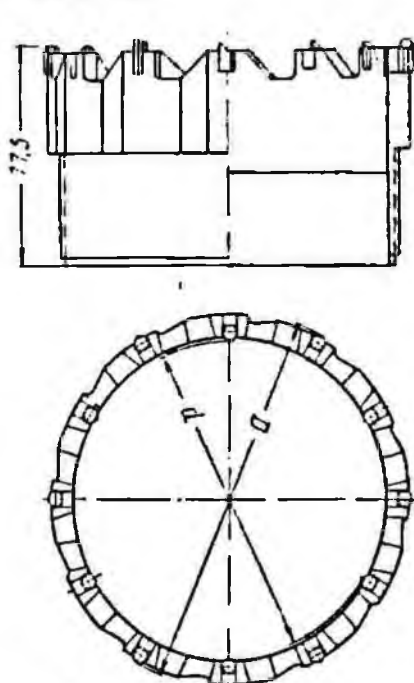


Рис. 10. Коронка СТ-1.

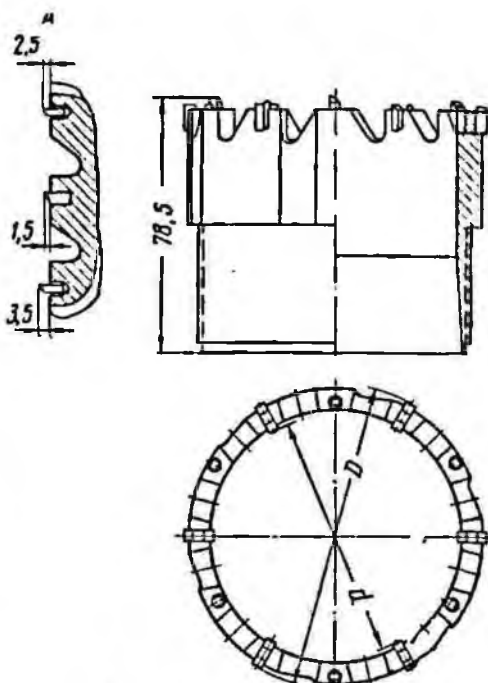


Рис. 11. Коронка СМ-2.

Таблица 10

Типы коронок	Диаметр по резцам		Количество резцов, шт.
	паружный	внутренний	
СМ-1	76	58	9
	93	74	9
	112	93	9
	132	113	12
	151	132	12
СМ-2	76	59	12
	93	75	18
	112	94	18
	132	114	18
	151	133	24
СТ-1	76	59	6
	93	75	8
	112	94	8
	132	114	12
	151	133	12

Коронки СМ-2 (рис. 11) предназначены для бурения мо-
литных малоабразивных пород средней твердости — от V до VII
категории (известняки, доломиты, перидотиты, змеевики, аргиллиты
и др.). Резцы из твердого сплава ВК-8 размером $3 \times 3 \times 8$ мм распо-
ложены в коронке четырьмя concentрическими рядами и выступают
над торцом коронки на разную высоту, создавая ступенчатый забой.
Основные резцы внешнего ряда выступают над торцом на 1,5 мм,
а за боковые поверхности (паружную и внутреннюю) — на 1 мм.

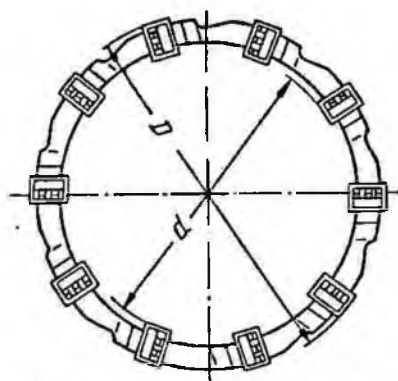
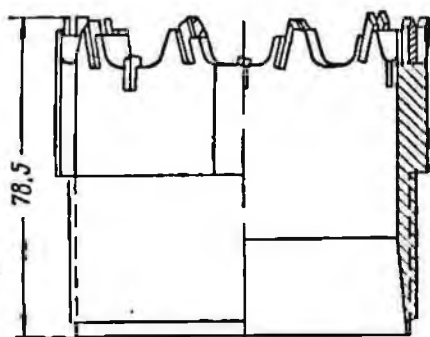
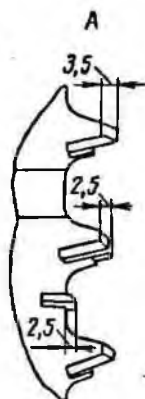
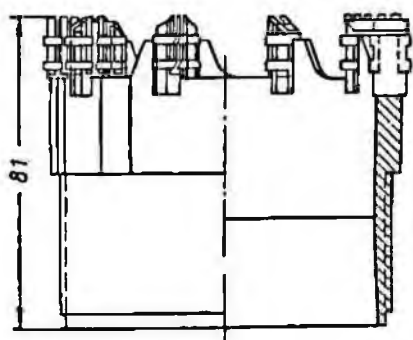


Рис. 12. Коронка БТ-45А.

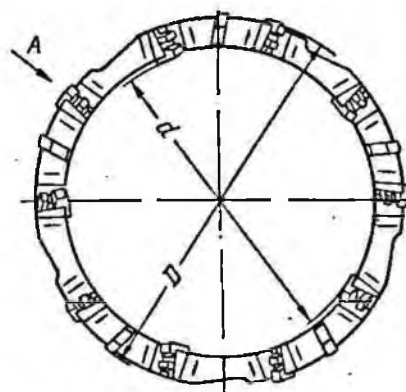


Рис. 13. Коронка БТ-4.

Микрорезцовые коронки БТ-4 и БТ-45А относятся к самозатачивающимся, со стальной матрицей. Режущие элементы коронки БТ-4 представляют собой твердосплавные пластинки малого сечения размером $1,8 \times 1,8 \times 15$ мм, запаиваемые в прямоугольных гнездах. После затупления выступающей части лезвий коронки работают по принципу самозатачивания (рис. 12).

Режущими элементами коронок БТ-45А служат резцы малого сечения — $2 \times 3 \times 12$ и $2,5 \times 3 \times 12$ мм. Для лучшего сохранения диаметра коронки оснащены дополнительными наружными подрезными резцами, не участвующими в работе по торцу. Коронки работают как самозатачивающиеся (рис. 13).

В коронках БТ-4 и БТ-45А применены режущие элементы из твердого сплава ВК-6. Такие коронки при относительно большой стойкости дают возможность получать высокие скорости бурения.

Коронки БК-8М (рис. 14) предназначены для бурения пород V—IX категорий и вооружены цилиндрическими резцами из твердого сплава ВК-8 диаметром 2 мм. Резцы по 2 и 3 штуки впаиваны в цилиндрические штабики из мягкой стали диаметром 9 мм, а последние впаиваны в пазы короночного кольца. В один штабик вставляются два стержня из твердого сплава, а в другой три, с таким расчетом, чтобы все стержни штабиков перекрывали кольцевое

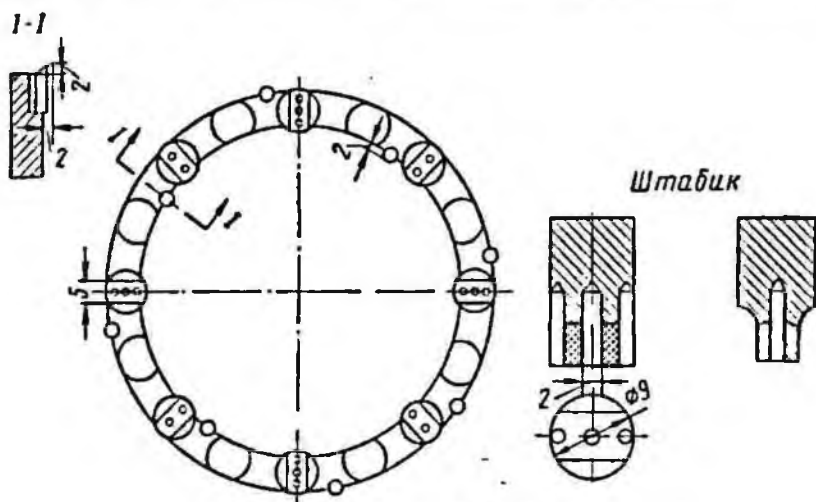


Рис. 14. Коронка БК-8М.

Таблица 11

Тип коронок	Диаметры по резцам, мм		Количество резцов	
	наружный	внутренний	основных	подрезных
БТ-4	76	59	20	12
	92	75	25	15
	111	94	25	15
	132	114	30	18
БТ-45А	76	59	16	4
	93	75	20	5
	112	94	20	5
	132	114	24	6
БК-8М	76	58	20	8
	93	73	20	8
	112	92	30	12
	132	112	30	12

сеченье забоя. Штабикки возвышаются над торцом коронки на 5 мм, а резцы над штабиком на 2—3 мм и заливаются латуной. Коронка снабжена восьмигранными подрезными резцами. По этим резцам наружный диаметр коронки на 1 мм больше диаметра по штабикам, а внутренний — на 1 мм меньше.

Основные размеры и количество резцов коронок БТ-4, БТ-45А и БК-8М указаны в табл. 11, а характеристика их — в табл. 12

Таблица 12

Тип коронок	Марка	Форма резцов	Старая марка
Резьбистые	КР-1	Пластинчатые	—
	КР-2	Восьмигранные	—
	КР-3	Пластинчатые утолщенные	—
	КР-4	Пластинчатые тонкие	—
	КР-5	Восьмигранные полые	—
Мелкорезцовые	СМ-1	Призматические с ориентированной вставкой	МР2-НП
	СМ-2	Призматические	МР6-16
	СТ-1	Восьмигранные	ОКВ-1
Микрорезцовые	СА	Тонкопластинчатые	БТ-46
	БТ-4	Призматические	—
	БТ-45А	Призматические	—
	БК-8М	Игольчатые, закрепленные в штабиках	Улучшенный вариант коронок ЦКВ и БК

Долота

Для бурения с продувкой воздухом или газом применяются те же долота, что и при бурении с промывочной жидкостью. Однако специфика бурения с продувкой требует долот новых типов, с более совершенной системой охлаждения рабочих элементов, лучшим опорой и вооружением.

Важный недостаток существующих долот — малое сечение промывочных отверстий, в результате чего при выходе воздуха из долота снижается напор. Как правило, при работе долотом манометр показывает давление выше на 1 кг/см², чем при бурении коронками тех же диаметров, и на ту же глубину. Кроме того, за счет малого сечения промывочных отверстий долото недостаточно охлаждается.

В лабораторных и промышленных условиях ведутся большие экспериментальные работы по созданию новых конструкций долот для бурения с продувкой воздухом. В результате установлено, что условия бурения с продувкой значительно улучшаются, если струя воздуха подводится непосредственно к контакту зуба шарошек с

породой. В долоте устанавливаются насадки для лучшего охлаждения его рабочей поверхности, но в итоге возникают излишние потери давления воздуха. Конструкции долот изменены в сторону увеличения промывочных отверстий без применения насадок. Это дало возможность бурить с компрессором малой мощности.

Изучение работоспособности долот в воздушной среде показало, что проходка на одно долото увеличивается при использовании вместо жидкости воздуха.

Проведены испытания влияния осевой нагрузки и циркуляционной среды на работоспособность подшипников шарошечных долот. Оказалось, что сроки службы долот при бурении с промывкой раствором значительно выше, чем при использовании газообразных агентов. Определялся характер нагрева опор долот при различных режимах бурения. Исследовались серийные долота 4В-140Т, 1В-112Т и опытное долото 112Т ЦКБ с продувкой опор при разбуривании серого гранита при различных осевых нагрузках. Результаты приведены в табл. 13.

Таблица 13

Показатель	4В-140Т		В-112Т				112Т ЦКБ		
	Р=9Т, n= =68 об/мин		Р=4Т, n= =131 об/мин		Р=5Т, n= =131 об/мин		Р=4Т, n= =13 об/мин		Р=5Т, n= =131 об/мин
	продувка	промывка	продувка	промывка	продувка	промывка	продувка	промывка	продувка
Максимальная температура в цапфе, °С	300	25	250	25	400	30	35	25	30
Средняя механическая скорость бурения, м/ч	2,01	1,71	1,26	0,95	1,41	0,98	1,43	0,95	1,47

Как видно из табл. 13, лучшими по скорости бурения с очисткой забоя воздухом оказались долота с продувкой опор.

Данные о долотах, выпускаемых отечественными заводами для бурения с продувкой, приведены в табл. 14.

За последнее время для бурения твердых и абразивных пород с продувкой забоя воздухом стали применять штыревые долота, причем получены хорошие технико-экономические показатели. Износ таких долот по диаметру незначителен, что приводит к увеличению времени пребывания долота на забое. Испытания показали следующие преимущества таких долот по сравнению с обычными: 1) незначительный износ по диаметру; 2) снижение тенденции к отклонению скважины от вертикали; 3) увеличение срока службы вследствие уменьшения нагрузок на долото.

Таблица 14

Условный номер долота	Номинальный диаметр, мм	Тип	Завод-изготовитель	Примечание
8	190	1В-190Т 3В-190ТК 8В-190К В-190ТКЗП	Верхне-Сергинский » » »	С продувкой опор
		ОМ21-190Т ОМ-190-ОК	Пермский »	
		7Н-190-ОКП 1Н-190-ТЗП	Поваровский (ВНИИБТ) »	С продувкой опор
9	214	К-214Т К-214ТК К-214ОК К-214КЗП	Куйбышевский » » »	С продувкой опор
		Н-214-ОКП	Поваровский (ВНИИБТ)	С продувкой опор
10	269	АСГ-171-ОК	Саратовский	С продувкой опор
		У243-ОКП 6Н-243-ОК 243-ОКП 243-ТЗП	Дрогобыжский Поваровский (ВНИИБТ) » »	— С продувкой опор
11	269	ОМ-269-ОК	Пермский	
12	295	4295-ОКП	Дрогобыжский	С продувкой опор

Таким образом, для бурения пород высоких категорий целесообразно использовать штыревые долота с подводом воздуха к опорам. Для крепких и абразивных пород ВНИИБТ сконструировал долота с холодной запрессовкой в тело шарошек твердосплавных зубцов с полусферической формой рабочих поверхностей. Техническая характеристика этих долот приведена в табл. 15.

Долота описанной конструкции прошли промышленные испытания при бурении взрывных скважин с продувкой в различных геологических условиях.

Шифр долота	Номинальный диаметр, мм	Размеры тел качения опоры и шарошек, мм			Размеры штырей на венцах, мм	
		ролик	шарик	ролик	периферийных	основных
4Н-8К	190	8 × 16	11,113	8 × 16	10 × 18	8 × 10
6Н-9К	214	10 × 20	12,700	10 × 20	10 × 18	10 × 14 8 × 12 8 × 10
6-10К	243	10 × 20	12,700	10 × 20	10 × 18	10 × 14
1-269К	269	10 × 20	19,05	10 × 20	10 × 18	12 × 14

Для бурения с продувкой или аэрированной смесью в очень крепких породах ВНИИГТ сконструировал долота, армированные запрессованными штырями (рис. 15).

В этих долотах усилены тела качения подшипников опор, в лапах и цапфах имеются каналы для подачи в опору воздуха или аэрированной смеси, поэтому исключается возможность попадания в нее частиц шлама. Технические данные приведены в табл. 16.

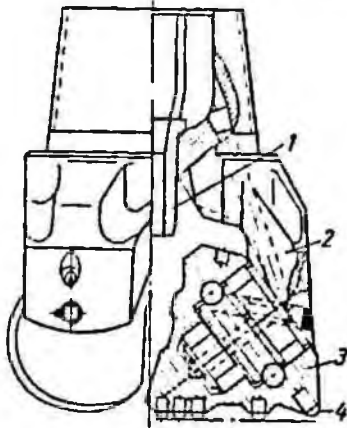


Рис. 15. Штыревое долото 5Н-190-ОК.

Штыревые долота малого диаметра типа К рекомендуются для бурения геологоразведочных скважин с продувкой воздухом в породах IX—XI категорий по ЕНВ 1962 г. (рис. 16).

Опоры долота обладают повышенной износостойкостью. Штыри со сферической головкой дают возможность намного увеличить скорость бурения и проходку за рейс. Техническая характеристика приведена в табл. 17.

Таблица 16

Шифр долота	Номинальный диаметр, мм	Размеры тел качения опоры шарошек, мм			Диаметр штырей на венцах, мм	
		ролик	шарик	ролик	периферийных	основных
5Н-190-ОК	190	8 × 16	12,70	8 × 16	10 × 18	10 × 14 8 × 12
8Н-214-ОК	214	10 × 20	12,70	10 × 20	10 × 18	8 × 10
6Н-243-ОК	243	10 × 20	15,875	10 × 20	10 × 18	10 × 14
2Н-269-ОК	269	10 × 20	19,05	10 × 20	10 × 18 12 × 18	10 × 14 12 × 14

Трехшарошечные долота типа С используются для проходки в породах IV—VI категории (по ЕНВ 1963 г.). Опорные поверхности цапф подвергаются термохимической обработке по твердости НРС = 58—62 с глубиной цементации 1,1—1,3 мм. Для прохода промывочной жидкости в корпусе долота имеется центральный канал круглого сечения. Тыльные части шарошек армированы твердым сплавом. Техническая характеристика долот типа С приведена в табл. 18.

Опыта применения алмазных долот для бурения с продувкой воздухом в СССР пока не имеется.

За последнее время некоторые американские компании использовали алмазные долота различных типов. Для сравнительной характеристики алмазные и шарошечные долота испытаны в твердых породах. Бурили в интервале 2666—2748 м шарошечными долотами диаметром 121 мм на бурильных трубах диаметром 73 мм, а в интервале 2766—2788 м — алмазными долотами диаметром 83 мм на бурильных трубах диаметром 60 мм.

Скорость бурения и проходка на алмазное долото оказались в 3 раза больше по сравнению с шарошечными.

Отдельные фирмы работают над конструированием долот новых типов, дающих возможность безопасно бурить в зонах частых прихватов.

Из сказанного ясно, что бурение алмазными долотами с продувкой воздухом в наикрепчайших породах заслуживает большого внимания.

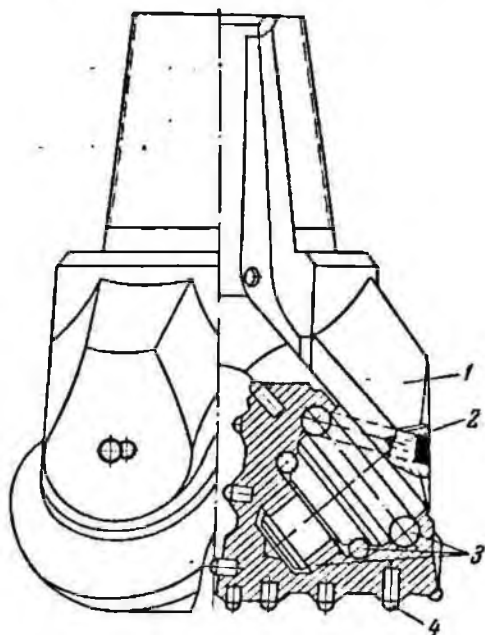


Рис. 16. Штыревые долота малого диаметра типа К.

1 — цапфа лапы долота; 2 — запорный палец; 3 — шарико-ролниковые подшипники; 4 — цилиндрические стержни из твердого сплава.

Таблица 17

Показатели	Шифр долота			
	1В-93К	2В-112К	2В-132К	2В-151К
Номинальный диаметр, мм	93	112	132	151
Диаметр промывочных отверстий, мм	16	25	32	44
Высота долота, мм	125	160	170	190

Показатели	Шифр долота	
	1Д93С	1Д-112С
Нормальный диаметр, мм . .	93	112
Количество зубьев, в том числе на периферийном венце, шт.	70	94
Тип опор	Комбинированная	Качения
Диаметр промывочного отверстия, мм	16	28
Высота долота, мм	140	175

Снаряд для сплошного бурения с колонковым шламоотборником

В процессе бурения трехшарошечными долотами получается очень много шлама.

При недостаточных скоростных напорах или частых нарушениях режима воздушного потока в скважине происходит отсортировка шлама по размерам: более крупные частицы остаются на забое, а мелкие выносятся. Оставшийся крупный шлам, накапливаясь в большом количестве, приводит к снижению скорости проходки и износу долота, а иногда и к заклиниванию снаряда.

Чтобы достигнуть эффективной очистки забоя и предотвратить прихват снаряда, рекомендуем применять колонковый шламоотборник со шламовой трубой, изображенный на рис. 17.

Шламоотборник выполняет двойную функцию: служит в качестве направляющей трубы и приемника для шлама. По его окружности расположены в шахматном порядке окна длиной по 100 мм и шириной по 30 мм. Воздух из буровых труб поступает к долоту по внутренней соединительной трубе 3.

В процессе бурения крупный и средних размеров шлам, который не удается поднять напором воздуха, поступает через окна в шламоотборник 7 и в шламовую трубу 5 и оседает там, а более мелкий выносятся воздушным потоком.

Таблица 19

Диаметр долота		Диаметр, мм		Шламоотборник, мм			Шламовый стакан, мм		
мм	мм	штаг D	соединительных труб d	диаметр D	толщина стенки δ	длина L	диаметр D	толщина стенки δ	длина L
7	197	63,5	45	146	4,50	3000	146	4,50	2000
5	146	63,5	45	127	4,50	3000	127	4,50	2000
4	120	50,5	32	108	4,25	3000	109	4,25	1500
3	95	50,5	32	89	4,00	3000	89	4,00	1500

Очистка шламоотборника производится путем отвертывания переходника 4 и извлечения соединительной трубы 3, которая свободно помещается внутри шламоотборника.

Чтобы сохранить возможно больше пространства для сбора шлама между бурильной и шламовой трубами, диаметр бурильной трубы, находящейся внутри шламовой, не должен превышать 50 мм.

Внутри шламоотборника для пропуска воздуха из бурильных труб в долото устанавливаются при диаметре бурения 197 и 146 мм трубы диаметром 45 мм, а при диаметре бурения 121 и 95 мм — трубы 32 мм.

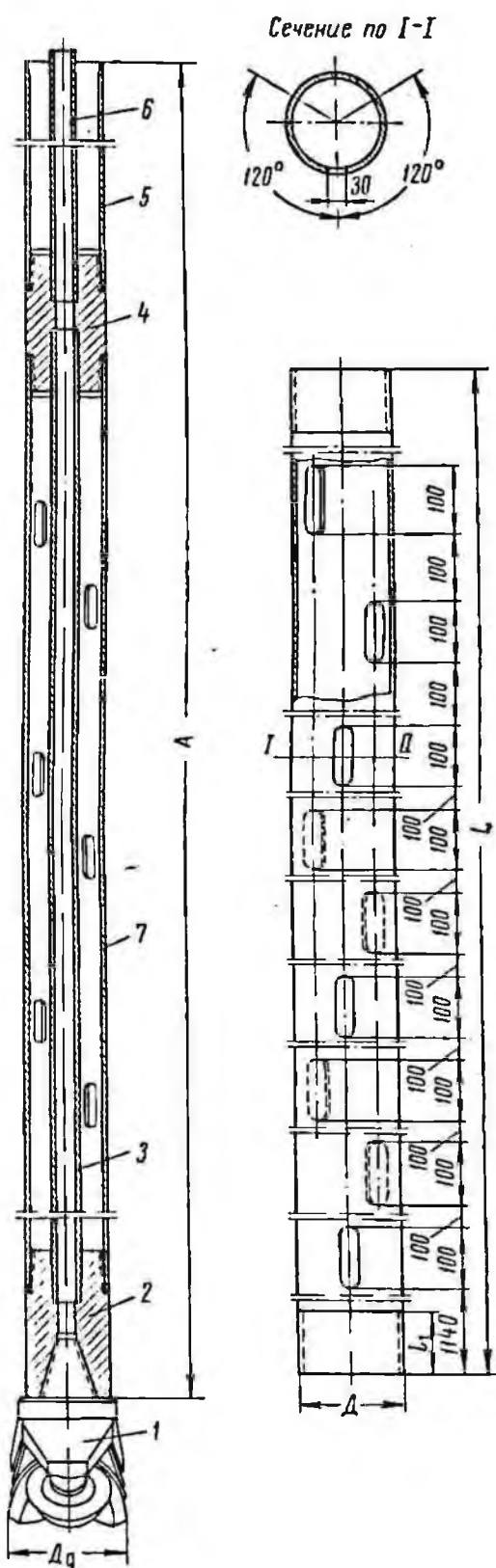
Основные размеры снаряда (в миллиметрах) приведены в табл. 19.

В каждом отдельном случае надо выбирать наиболее выгодное соотношение между числом оборотов и осевой нагрузкой на долото, чтобы достигнуть максимальной механической скорости и увеличить срок службы опор. Опыт подтвердил, что при снижении осевых нагрузок и увеличении оборотов показатели бурения зубчатыми шарошечными долотами намного улучшаются.

На основании опыта работы трехшарошечными долотами установлено, что при аналогичных параметрах бурения осевая нагрузка на долото с продувкой

Рис. 17. Снаряд для силошного бурения с колонковым шламоотборником.

1 — трехшарошечное долото; 2 — тройной переходник; 3 — соединительная труба; 4 — тройной переходник; 5 — шламовая труба; 6 — штанга; 7 — шламоотборник.



воздухом должна быть на 30—50% меньше, чем при бурении с раствором, а количество оборотов на 25—30% больше.

Если соблюдать указанный режим, бурение протекает нормально, без осложнений, а при больших осевых нагрузках долота преждевременно выходят из строя вследствие износа опор.

Снаряд для расширения стенок скважины при тампонаже

При всех способах тампонажа скважину на интервалах цементации расширяют до наибольшего возможного диаметра. Это осуществляется при помощи специального расширителя нашей конструкции (рис. 18), который состоит из цилиндра 1, коронки 2, переходника 11, на штангу и шламовую трубу, шламовой трубы 12, муфтового замка 13 и штанги 14.

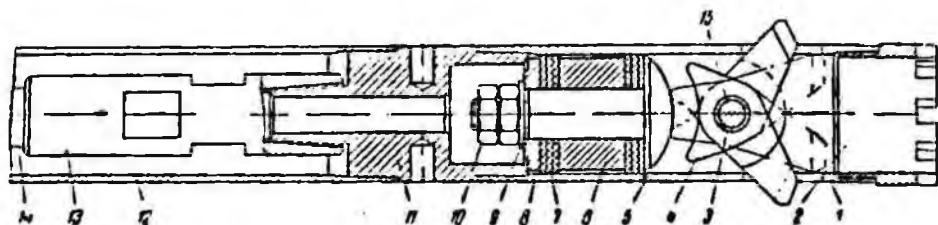


Рис. 18. Снаряд для расширения стенок скважины при тампонаже.

1 — цилиндр; 2 — коронка; 3 — ось; 4 — резцы; 5 — поршень; 6 — кольцо; 7 — резиновый манжет; 8 — шайба; 9 — шток; 10 — гайка; 11 — переходник; 12 — труба шламовая; 13 — муфта замковая; 14 — штанга; 15 — втулка.

Внутри цилиндра перемещается поршень 5, состоящий из кольца 6 и резиновых манжет 7. Уплотнение последних достигается натяжением гайки 10. Поршень перемещается вниз под давлением сжатого воздуха. При опускании он давит своей сферической головкой на пару резцов 4, армированных победитами, которые сидят на общей втулке 15. Под давлением поршня резцы раздвигаются и упираются в стенки скважины. Величина расхождения резцов зависит от силы давления в бурильных трубах. При подъеме снаряда (с выключенным компрессором) они закрываются под действием собственного веса и принимают вертикальное положение внутри корпуса.

В процессе работы резцов в бурильных трубах поддерживается давление 4—5 кг/см², необходимое для расширения скважины до нужного диаметра.

Колонковая труба с керновым предохранителем

На рис. 19 представлена конструкция бурового снаряда с керновым предохранителем. Внутри колонковой трубы помещается цилиндр длиной 100 см с конической крышкой-воздухорассекателем.

Нижняя часть цилиндра имеет приливы, которые предохраняют его от выпадения через коронку.

Другой снаряд, изображенный на рис. 20, имеет отражатель высотой 10 см. В процессе бурения керн свободно входит в головку отражателя; по мере подъема керна колпак 4 перемещается по

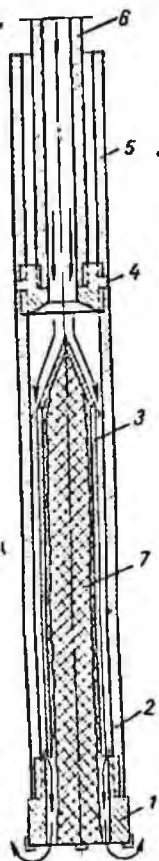


Рис. 19. Колонковая труба с керовым предохранителем.

1 — коронка; 2 — колонковая труба; 3 — отражатель воздуха; 4 — переходник; 5 — режущий стакан; 6 — бурильная труба; 7 — керн.

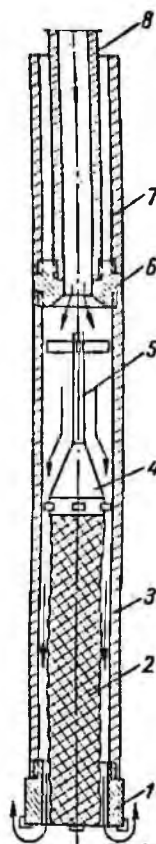


Рис. 20. Колонковая труба с плавающим керовым предохранителем.

1 — коронка; 2 — керн; 3 — колонковая труба; 4 — отражатель воздуха; 5 — шток; 6 — переходник (тройной); 7 — режущий стакан; 8 — бурильная труба.

колонковой трубе вверх. Для сохранения вертикальности воздухо-рассекателя он имеет направляющий шток 5.

Воздух, выходя из переходника в колонковую трубу, попадает на воздухо-рассекатель, рассеивается по ее стенкам и, омывая керн, поступает на забой. Керн, принимая обтекаемую форму, предохраняется от разрушения; благодаря этому его выход в слабых породах увеличивается на 20—25%.

Режущий стакан

При бурении с водопроявлениями, особенно при проходке вязких, влажных и пучащихся глин, создаются затруднения в подъеме снаряда из-за налипания породы на стенки и уменьшения диаметра скважины. Для устранения указанных трудностей в буровой снаряд включается режущий стакан (рис. 21), который является своего рода шламовой трубой, выполняющей функции расширителя стенок скважины при подъеме снаряда после каждого рейса.

Режущий стакан изготавливается из стандартных труб 89, 108 и 127 мм. Длина его в каждом случае определяется в зависимости от величины уходки снаряда за рейс и должна быть не менее 1,5 м. Один конец стакана имеет нарезку под тройной переходник колонковой трубы, другой расточен с внутренней стороны на конус — для придания торцу стакана острой формы. После каждого подъема режущая часть стакана заправляется напильником.

Работа стакана происходит так. При подъеме снаряда с забоя стакан срезает в местах сужения ствола излишнюю корку породы, создавая возможность свободного подъема снаряда. Срезанная порода впрессовывается внутрь стакана.

Применение этого инструмента на практике показало хорошие результаты.

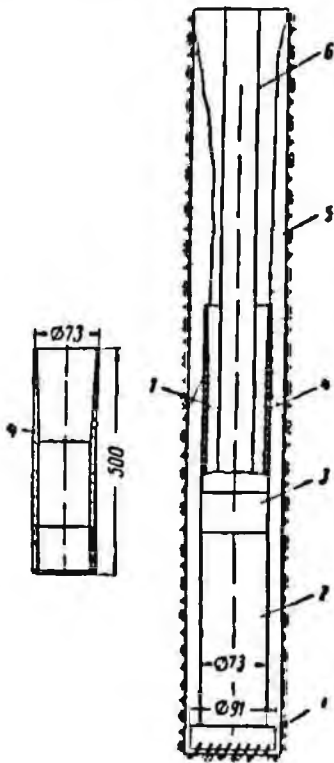


Рис. 21. Схема работы бурового снаряда с режущим стаканом.

1 — коронка; 2 — колонковая труба; 3 — переходник; 4 — режущий стакан; 5 — порода, налипшая на стенки скважины; 6 — буровая труба; 7 — порода внутри стакана.

ГЛАВА III

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГЕРМЕТИЗАЦИИ УСТЬЯ СКВАЖИНЫ И ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

1. ГЕРМЕТИЗИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

При очистке воздухом устье скважины необходимо герметизировать специальным устройством, которое дало бы возможность в процессе бурения направлять поступающий из скважины шлам с воздухом или аэрированную жидкость со шламовой пульпой в шламосборник (для изучения геологического разреза). Это устройство должно также предохранять буровую бригаду и оборудование от выделяющейся из скважины пыли.

Герметизирующее устройство должно удовлетворять следующим требованиям:

1. Полное устранение выхода шламовой пыли из сальниковой головки наружу.

2. Быстрое отделение сальниковой головки при спуско-подъемных операциях от нижней половины тройника с диффузором.

3. Полная надежность сальникового уплотнения при осевом перемещении бурильных труб.

4. Быстрое соединение сальниковой головки с нижней неподвижной половиной тройника при нарушении между ведущей штангой и герметизирующим устройством.

5. Погашение вибрации при вращении бурильной колонны.

6. Простота конструкции, легкость монтажа и демонтажа сальниковой головки.

Герметизирующие устройства, которые в дальнейшем называем для сокращения герметизаторами, делятся на три основных типа.

Первый тип предназначается для бурения шпиндельными станками с рабочей штангой круглого сечения. При работе такого герметизатора сальниковое уплотнение остается неподвижным, а штанга вращается внутри сальника.

Второй тип — для фигурной, квадратной или круглой штанги. При работе сальниковое уплотнение вращается на шарикоподшип-

никак вместе с ведущей штангой внутри верхней головки корпуса герметизатора.

Третий тип не имеет сальниковых уплотнений. Чтобы предупредить выход шлама наружу, в головку герметизатора подается под давлением воздух, который служит отражателем и направляет шлам в диффузор.

Первые два типа имеют несколько модификаций.

За последние годы многие геологоразведочные организации и ЦКБ МГПОН создали более 50 конструкций герметизирующих устройств. Но ни одно из них до настоящего времени не унифицировано. Описываем только те, которые получили положительную оценку при испытаниях.

На кафедре «Техника разведки» ТапШН разработано по нашему предложению несколько типов герметизирующих устройств.

Герметизатор АМ-3 (рис. 22) состоит из четырех частей: съемной сальниковой головки, накидного хомута для соединения головки с тройником, амортизатора и тройника с диффузором:

Съемная головка имеет корпус (стакан) 6 с фланцем, днище 10 в грундбуксу 9. Внутри стакана помещается резиновое кольцо 11, состоящее из двух половинок, которое играет роль сальниковой набивки. При отсутствии такого кольца набивку можно сделать из хорошей пеньки, пропитанной маслом. Уплотнение достигается грундбуксой 9, натягиваемой шестью болтами 14. Внутри грундбуксы имеет отверстие для закладывания резиновой губки или войлочной набивки 19. Через капельницу 5 подают воду для смачивания и охлаждения набивки, сильно нагревающейся при вращении штанг. Во время работы грундбукса закрывается крышкой 7. Если в качестве сальниковой набивки вместо резины применять пеньку, то грундбуксу заливают маслом.

Сальниковая головка соединена с муфтой амортизатора 3 накидным хомутом 1 при помощи накидного впитя с ручкой. Между фланцами соединительного устройства устанавливается резиновая прокладка. Нижняя головка амортизатора 3 соединяется с фигурным фланцем тройника болтом 13. Между ними прокладываются резиновые кружки, которые поглощают вибрационные усилия штанг.

Благодаря сферической плоскости шайб и наличию зазора между двумя концами труб герметизатор может иметь небольшое горизонтальное перемещение, что очень важно при нарушении одноосности.

Тройник 4 с диффузором соединяется с фланцем кондуктора болтами 15. Между ними прокладываются резиновые кружки, которые также служат для амортизации.

Установка и снятие сальниковой головки при спуско-подъемных операциях производится очень быстро благодаря накидному хомуту. При любом нарушении одноосности соединение двух половинок производится беспрепятственно.

Герметизатор АМ-3 можно использовать для бурения сухих и влажных пород.

Герметизатор АМ-4 для бурения с ведущей штангой квадратного сечения сконструирован так, что его съемная головка может проходить через ротор буровой установки для открытия устья

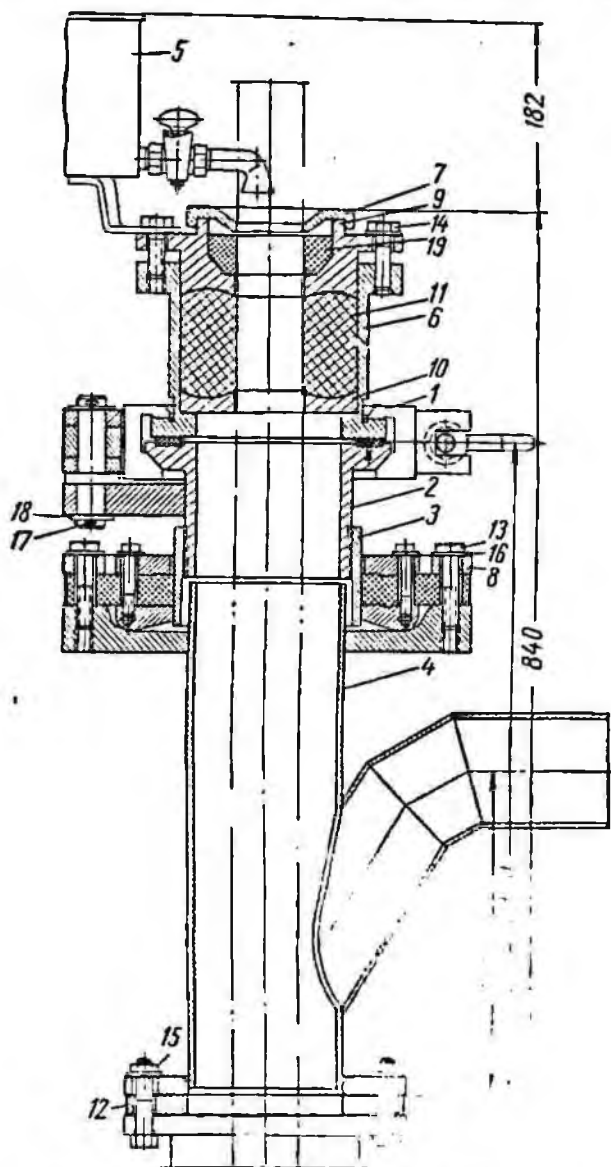


Рис. 22. Герметизирующее устройство

1 — хомут накладной; 2 — патрубок; 3 — муфта амортизатора; 4 — ствол; 5 — капельница; 6 — стакан; 7 — крышка; 8 — шайба; 9 — рукоятка; 10 — дюбель; 11 — резиновое уплотнение; 12 — шайба резиновая; 13 и 14 — болты; 15 — гайка; 16 и 17 — шайбы металлические; 18 — шпилька; 19 — набивка пенколон.

скважины. Герметизатор состоит из четырех частей: съемной саломниковой головки, накладного хомута для соединения головки с тройником, муфты амортизатора и тройника с диффузором (рис. 22)

Съемная головка состоит из опорной гайки 5, на которую навертывается наружная гайка 7. На гайку 7 навивчивается паклидная

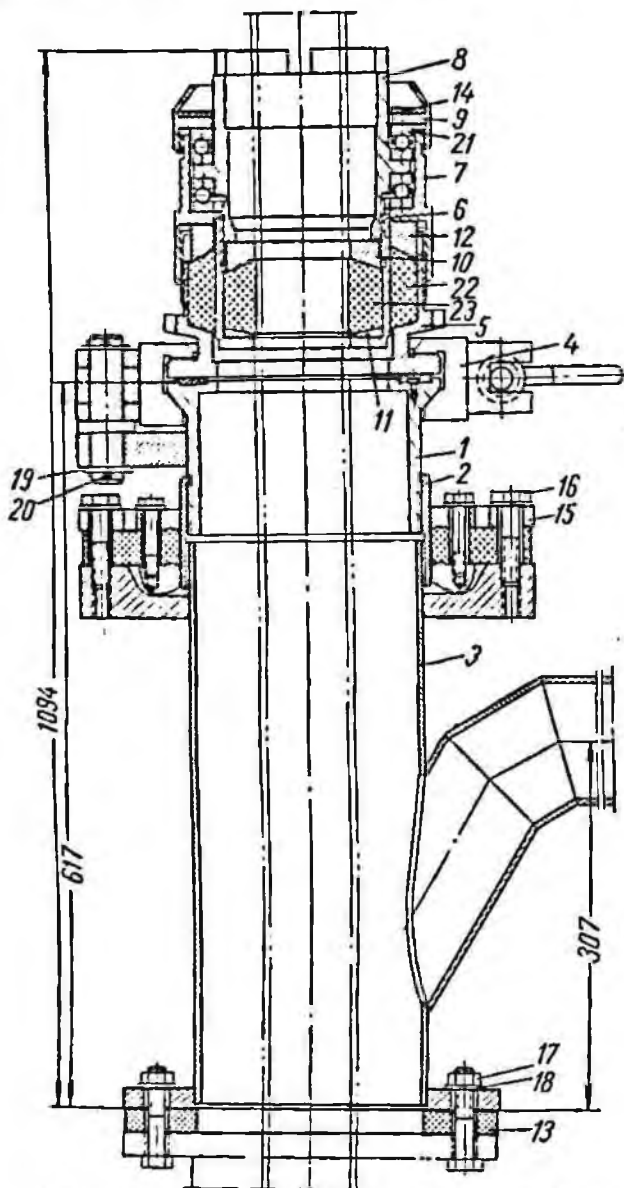


Рис. 23. Герметизирующее устройство АМ-4.

1 — опора; 2 — муфта амортизатора; 3 — стойка; 4 — хомут;
5 — гайка опорная; 6 — гайка донная; 7 — гайка; 8 — стакан;
9 — гайка паклидная; 10, 11 и 12 — грундбоксы; 13 — шайба
резиновая; 14 — кольцо войлочное; 15 — шайба; 16 — болт;
17 — гайка; 18 и 19 — шайбы; 20 — шплинт; 21 — шарико-
подшипники; 22 и 23 — набивка резиновая.

гайка 9. Между опорной гайкой 5 и донной гайкой 6 имеется сальниковое уплотнение 22, которое уплотняется грундбоксой 12, а последнюю прижимает своим внутренним буртиком наружная гайка 7.

Внутри гайки 7 помещается пара упорных подшипников 21. Верхнее кольцо нижнего упорного подшипника прижимается наружным буртиком стакана 8. На этот буртик опирается верхний упорный подшипник 21, верхнее кольцо которого прижимается накидной гайкой 9. В выточке последней имеется войлочная прокладка 14, предохраняющая подшипники от пыли и служащая для их смазки. Внутри донной гайки 6 расположена нижняя грундбукса 11, которая опирается на сальниковую набивку 23. Набивка прижимается верхней грундбуксой 10.

При опускании грундбуксы 10 набивка 23 уплотняется между ведущей штангой и донной гайкой. По мере того как уплотнение ослабляется, сальниковую набивку поджимают путем вращения стакана 8. Пеньковая набивка по мере усыхания заменяется свежей два-три раза в месяц, а при наличии эластичных резиновых кружков они заменяются один раз в 2—3 месяца.

Нижнее основание сальниковой головки поддерживается опорой 1, ввинченной в муфту амортизатора 2. К муфте приварено сферическое кольцо, которое опирается на седло, служащее опорой амортизатора. Муфта допускает колебательные движения сальниковой головки во все стороны относительно своей оси. По верхней плоскости сферического кольца и седла имеется резиновая шайба, которая сжимается болтами 16 и наружным кольцом 15.

Седло приварено к стояку 3 (тройник с диффузором). Стояк нижней своей частью соединяется с фланцем кондуктора болтами 17. Нижняя часть съемной головки соединяется с опорой 1 накидным хомутом 4. Во фланцах опоры имеется паронитовая прокладка, которая прикрепляется к фланцу тремя винтами с потайной головкой. Хомут стягивается натяжным винтом с ручкой. Любое нарушение одноосности быстро ликвидируется благодаря накидному хомуту при помощи указанного винта. Между стояком 3 и муфтой амортизатора имеется зазор 5 мм, благодаря чему муфта может смещаться в поперечном направлении.

При спуско-подъемных операциях устье скважины открывается путем освобождения сальниковой головки от патрубка амортизатора открытием накидного хомута. При этом сальниковая головка всегда остается на переходнике ведущей штанги и вместе с ней извлекается через роторный стол.

Длина герметизатора, в зависимости от типа бурового станка, может быть уменьшена за счет тройника диффузором.

Герметизатор АМ-5 для бурения глубоких скважин ведущими штангами 50, 63,5 и 73 мм любой конфигурации (рис. 24).

Уплотняющая часть 4 с резиновой манжетой А свободно опирается на зеркало разъема В и прижимается к нему зажимами 3, шарпирно связанными со штоком и поршнем пневматического цилиндра. Зажатие происходит под давлением воздуха, поступающего от компрессора через край управления по трубопроводу 6. Обратный ход поршень 1 получает за счет давления воздуха, поступающего от компрессора через край управления по трубопроводу 5. Край управления

связан с герметизатором двумя шлангами, проложенными под полом буровой; он установлен на панели управления в удобном месте для обслуживания всего комплекса оборудования.

Когда поршень 1 занимает нижнее положение, зажимы 3 утопают в защитном коробе, а уплотняющую часть можно поднять для осмотра или смены бурового инструмента. При спуско-подъемных операциях вилка, поддерживающая инструмент, устанавливается на плоскость В. Плита 2 с приваренной к ней втулкой надевается на муфту 7 и, во избежание поворота, фиксируется двумя шпонками. Плита 2 удерживается на муфте 7 двумя гайками.

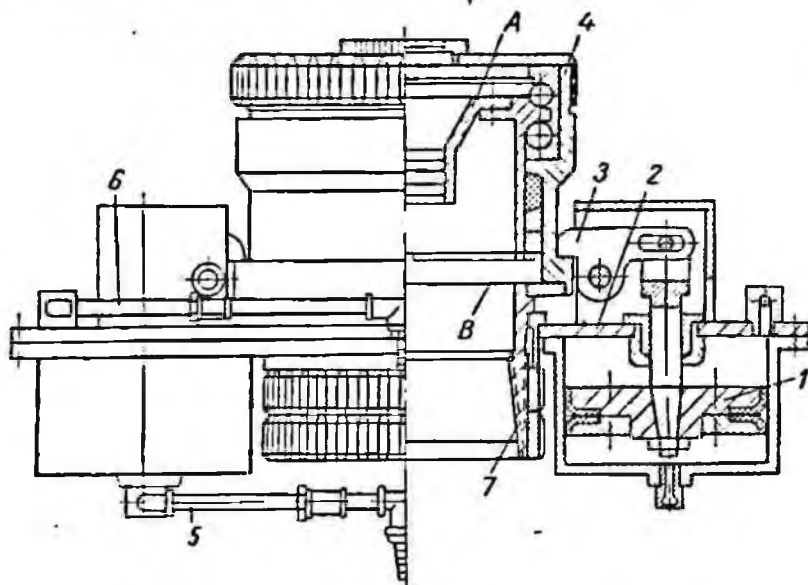


Рис. 24. Герметизирующее устройство АМ-5.

А — резиновая сменная манжета для штанг 50, 63 и 73 мм; В — зеркало разреза; 1 — силовой цилиндр; 2 — съемная плита; 3 — зажим; 4 — уплотняющая часть; 5 — нижний трубопровод; 6 — верхний трубопровод; 7 — муфта на устье скважины.

Эластичная манжета А отливается в пресс-форме из специальной резины. Она надевается на штангу с натягом и в процессе бурения плотно прилегает к поверхности ведущей штанги. Манжета может легко заменяться в зависимости от сечения рабочей штанги.

Подшипники уплотняющей части радиально-упорные; они не стандартные, а изготавливаются по чертежам. Вследствие малых усилий и легкого режима работы такие подшипники зарекомендовали себя на практике с хорошей стороны. Они защищены от пыли сальниковым уплотнением, плотность которого легко регулируется с помощью гайки и нажимного кольца.

Преимущество описанного устройства заключается в легкости и скорости отсоединения уплотняющей части от устья, в надежности уплотнения, в большом сроке службы и возможности дистанционного управления.

Большинство существующих герметизаторов имеет общие недостатки. Уплотняющая сальниковая часть действует в какой-то мере удовлетворительно, но в нижнюю часть соединения сальника с головкой тройника попадает мелкая пыль. Поэтому при отделении верхней части герметизатора от нижней очень часто требуются большие усилия.

Герметизатор АМ-5 не имеет такого недостатка: верхняя часть автоматически освобождается от нижней поворотом ручки воздушного крана.

2. ОБОРУДОВАНИЕ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Влагоотделители

Влагоотделители применяются при высокой влажности атмосферного воздуха. В воздухе, проходящем из компрессора по буровым трубам, конденсируется вода; капли ее, попадая на забой, вызывают налипание плама на стенки скважины, и при большом количестве воды образуются сальниковые пробки.

Поступая во влагоотделитель, пары воды и масла из компрессора вследствие расширения и охлаждения воздуха конденсируются и в жидком виде скапливаются на дне влагоотделителя.

Влагоотделители бывают двух типов. Первый устанавливается на поверхности и включается в циркуляционную систему после холодильника, второй — в систему бурового снаряда, причем влага отделяется от воздуха близко у забоя. Влагоотделитель второго типа имеет некоторые недостатки. Для бурения с подъемом керна он непригоден.

Конструкция наземного маслосепаратора представлена на рис. 25. Воздух поступает через трубу 1 в резервуар, где расширяется, вследствие чего из потока выпадают на дно частицы масла и влаги. Воздух, освободившись от конденсата, поднимается вверх и выходит через трубу 3, а конденсат накапливается в нижней части цилиндра и выпускается через кран 4.

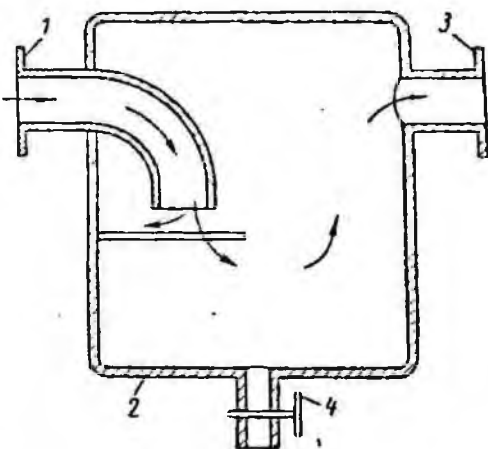


Рис. 25. Влагомаслоотделитель.

1 — труба; 2 — резервуар; 3 — выходящая труба; 4 — кран спускной.

Воздухосборник

Воздухосборник является своего рода воздушным аккумулятором. Он служит для выравнивания подачи воздуха и смягчения периподических пульсаций, вызываемых работой поршневых компрессоров, а также для дополнительного отделения воздуха от масла и воды.

Другая более важная функция воздухоборника — аккумуляция воздуха с поднятием его давления до максимума (при закрытом кране на стояке). Сжатый воздух под большим давлением при одномоментной подаче разрушает сальниковое образование и очищает забой от крупного шлама. Чем больше емкость воздухоборника, тем эффективнее одномоментная очистка забоя. Подача воздуха под большим давлением повторяется несколько раз — до полной очистки.

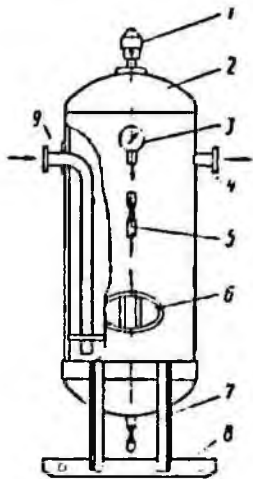


Рис. 26. Воздухоборник.

1 — предохранительный клапан; 2 — ресивер; 3 — манометр; 4 — выходной патрубок; 5 — продувной кран; 6 — ляз; 7 — спускной вентиль; 8 — сани; 9 — входной патрубок.

Воздухоборник (рис. 26) должен иметь предохранительный клапан, люк для очистки, спускной кран (для воды и масла), установленный на самом низком месте, и манометр с трехходовым краном, расположенным в удобном для наблюдений месте. Кроме того, в конструкцию воздухоборника входят нагнетательный трубопровод от компрессора и патрубок для поступления воздуха в сеть. Предохранительный клапан следует отрегулировать на предельное давление. Сечение клапана должно быть таково, чтобы пропустить все количество воздуха, подаваемого компрессором.

В качестве воздухоборника можно использовать только специально изготовленные для этой цели сосуды, имеющие заводскую техническую документацию и допущенные к эксплуатации котлонадзором.

Передвижные компрессорные станции целесообразно оборудовать индивидуальными воздухоборниками. Существующие при компрессорах воздухоборники (ресиверы) недостаточно емки, поэтому не всегда представляется возможным аккумулялировать воздух под нужным давлением. При наличии же отдельного воздухоборника емкостью до 2,5 м³/мин значительно снижается число случаев прихвата спаряда.

Воздухоборник состоит из двух камер: в первой воздух отделяется от конденсата, а из второй поступает после очистки в линию через выкидной патрубок. Транспортировка такого воздухоборника не представляет трудностей. Он всегда готов к работе, так как смонтирован на салазках.

Работа горизонтального воздухоборника протекает не хуже, чем вертикального.

Импульсатор для подачи промывочной жидкости в воздушную линию

При бурении скважин с водопроявлениями очень часто бывает необходимо подать на забой небольшое количество жидкости для превращения крупноагрегатной массы в глинистую пульпу. Подача жид-

кости в воздушную линию осуществляется импульсатором, который может также служить дозатором для непрерывной или периодической подачи раствора поверхностно-активных веществ (ПАВ) в воздушный поток.

Импульсатор (рис. 27) состоит из следующих основных частей: металлический бачок емкостью 250 см³, гидроусилитель, кран управления и система труб. Гидроусилитель состоит из ступенчатых цилиндра и поршня.

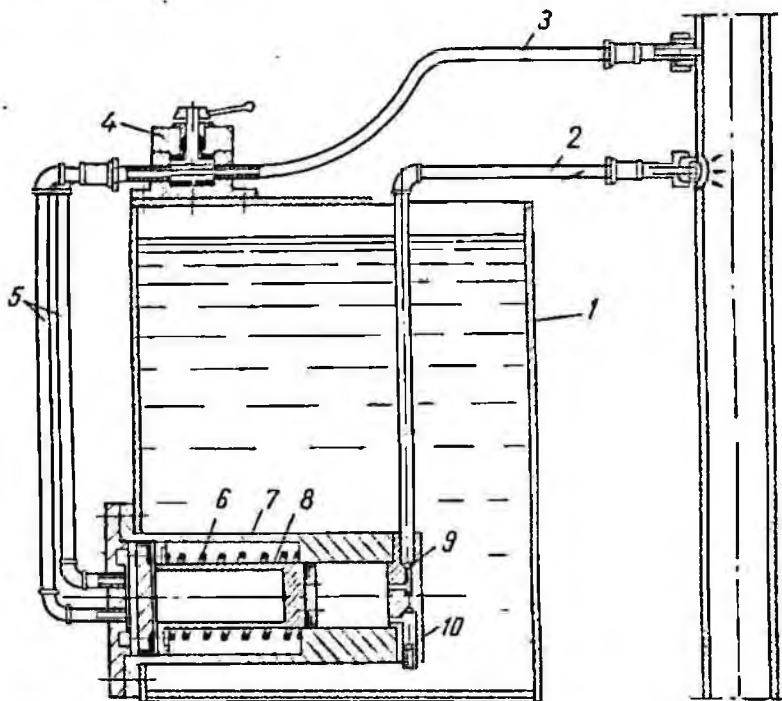


Рис. 27. Импульсатор для подачи промывочной жидкости в воздушную линию.

1 — бачок емкостью 250 см³; 2 — труба нагнетательная 1/2" газовая; 3 — труба всасывающая 1/2" газовая; 4 — рукоятка крана; 5 — трубопровод; 6 — пружина; 7 — цилиндр; 8 — поршень; 9 и 10 — клапаны.

При повороте рукоятки крана 4 в положение «на всасывание» воздух по трубе 3 поступает под поршень большого диаметра, сообщая ему движение до упора. Жидкость, находящаяся под поршнем малого диаметра, сжимается им и вытесняется через клапан 9 и трубу 2 в воздушную нагнетательную линию. При этом давление жидкости больше, чем в нагнетательной трубе, вследствие чего жидкость поступает в нее через насадку в распыленном виде (1 л за цикл).

При повороте рукоятки крана управления до положения «обратный ход» воздух из-под поршня большого диаметра через отверстие в кране выходит наружу, а пружина 6 возвращает поршень в исходное положение. При этом поршень малого диаметра при обратном ходе засасывает через клапан 10 из бачка 1 новую порцию жидкости. При следующем повороте крана цикл повторяется.

Импульсатор может быть соединен с напорной трубой шлангами и установлен в удобном для обслуживания месте.

Экспериментальные работы показали, что чем выше давление в воздушной линии, тем лучше распыляется жидкость. Так, при давлении 3—4 кг/см² происходит пылеобразное распыление. Импульсатор может работать при минимальном давлении 1 кг/см².

Смотровое окно

В процессе бурения очень важно на протяжении всего рейса следить за интенсивностью выноса шлама. При существующей схеме обвязки устья скважины невозможно следить за режимом воздушного

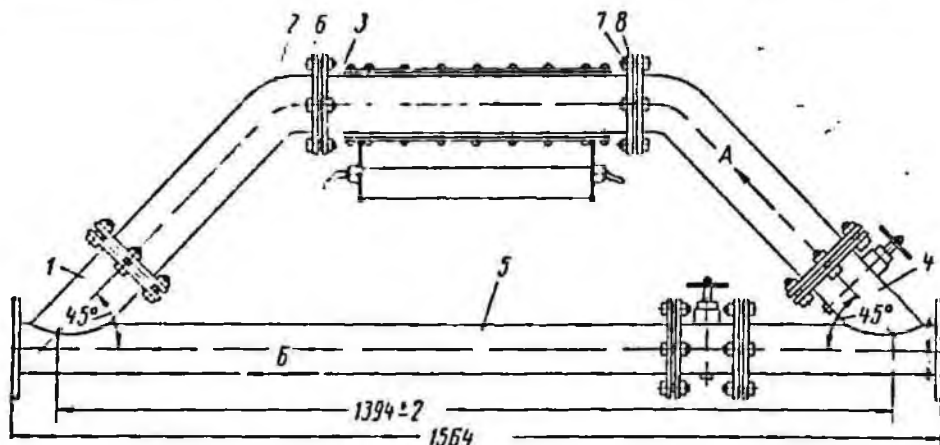


Рис. 28. Смотровое окно.

1 — патрубок; 2 — колесо; 3 — окно; 4 — дроссель наклонный; 5 — дроссель; 6 — болт; 7 — гайка; 8 — шайба.

потока, а следовательно, за состоянием забоя, и своевременно принять меры к устранению начинающихся осложнений.

Поэтому нами сконструировано приспособление, благодаря которому, не отходя от устья скважины, можно судить об интенсивности выхода шлама и о характере проходимых пород как днем, так и ночью.

Смотровое окно (рис. 28) состоит из продолговатой коробки квадратного сечения. Крышка и дно ее сделаны из плексигласа, а стенки — из металла. С обеих ее открытых сторон прикреплены фланцами два трубчатых колена А, отогнутых под углом 45°. Нижними концами эти отростки приварены к трубе Б, диаметр которой равен диаметру выкидной трубы. Труба Б включается в выкидную линию при помощи фланцев. Под коробкой имеется жестяной рефлектор с двумя электрическими лампами по 50 вт. Когда лампы включены, выносящийся из скважины шлам хорошо виден через верхнее стекло.

Направление и количество проходящего через окно шлама регулируется двумя дроссельными клапанами 4 и 5. При полном открытии клапана 4 и закрытии клапана 5 весь шлам направляется через трубу

В к смотровому окну; при открытии клапана 5 и закрытии клапана 4 шлам, минуя смотровое окно, проходит в выкидную линию А

Смотровое окно устанавливается между диффузором и выкидным трубопроводом, ближе к пульту управления.

Холодильная установка

В жаркое время воздух, поступающий из компрессора в скважину, сильно нагревается. В результате ухудшается параметр потока, увеличивается объемное расширение и снижается весовой расход воздуха.

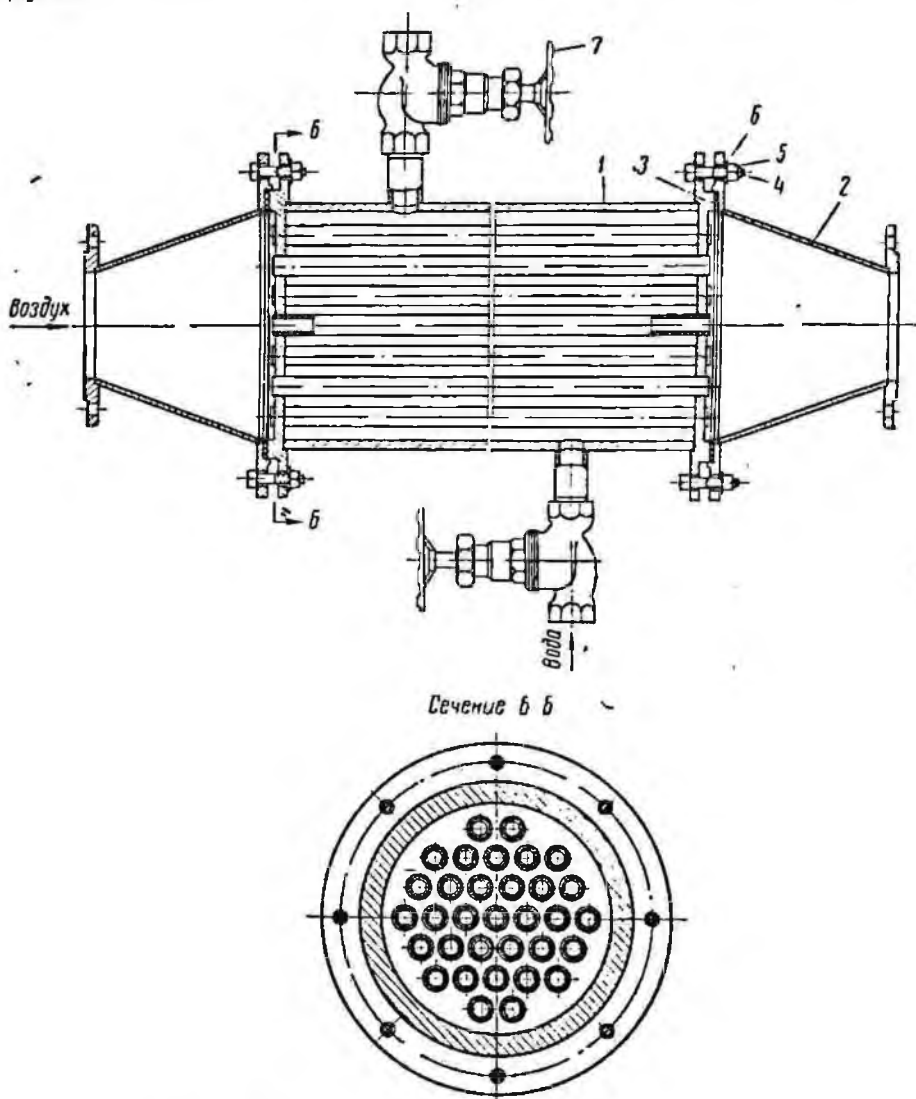


Рис. 29. Холодильник для охлаждения воздуха.

1 — корпус; 2 — диффузор; 3 — прокладка; 4 — болт; 5 — гайка; 6 — шайба;
7 — вентиль.

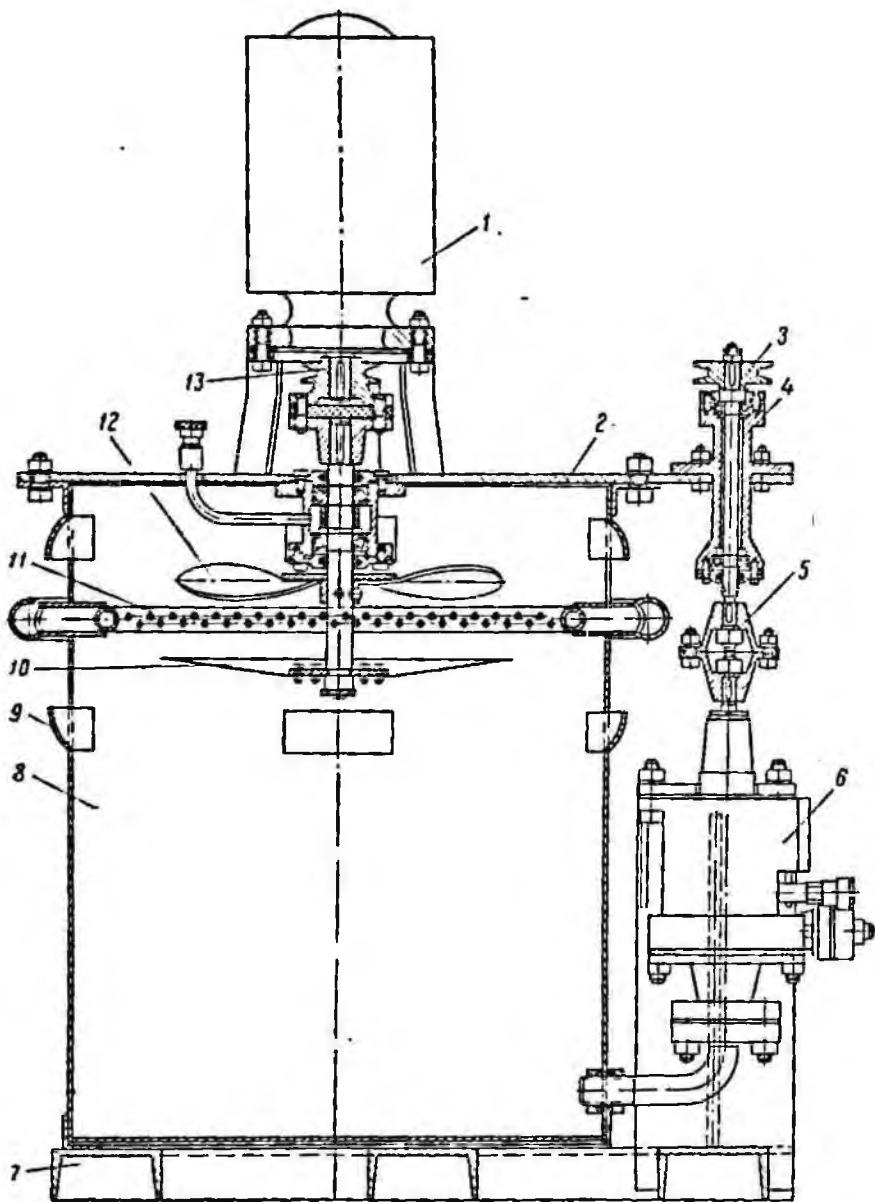


Рис. 30. Холодильник для охлаждения воды.

1 — электромотор; 2 — крышка градирни; 3 — шкив привода центробежного насоса; 4 — узел привода; 5 — муфта соединительная; 6 — насос центробежный; 7 — рама установки; 8 — градирня; 9 — окно градирни; 10 — диск для распыления; 11 — труба распыления; 12 — вентилятор; 13 — муфта комбинированная со шкивом.

Для снижения температуры нагнетаемого воздуха мы сконструировали переносную холодильную установку для жарких и безводных районов.

Установка состоит из двух холодильников — для охлаждения нагретой воды и воздуха. Оба они составляют единый блок.

Холодильник для воздуха (рис. 29) представляет собой трубчатый калорифер, состоящий из 33 трубок диаметром 12,7 мм и

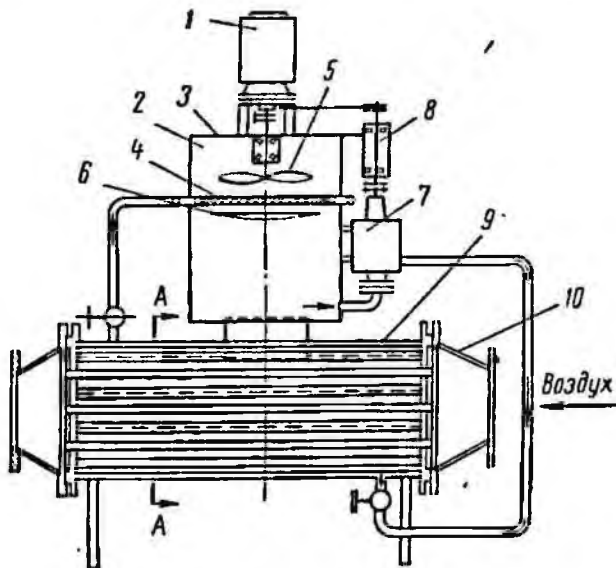


Рис. 31. Холодильная установка.

1 — электромотор; 2 — градирня; 3 — крышка градирни; 4 — распылительная труба; 5 — вентилятор; 6 — распылительный диск; 7 — центробежный насос; 8 — привод центробежного насоса; 9 — корпус холодильника; 10 — диффузор.

длиной по 1,5 м, приваренных к двум решеткам. Калорифер смонтирован в металлическом корпусе 1 цилиндрической формы, диаметром 300 мм. К фланцу корпуса крепится болтами фланец диффузора 2. В корпусе калорифера имеются два вентиля 7 для входа и выхода воды.

Холодильник устанавливается между воздушной нагнетательной линией и стояком циркуляционной системы. Нагретый воздух из компрессора, проходя по трубкам калорифера, достаточно охлаждается постоянно циркулирующей в корпусе водой. Нагретая вода из калорифера подается центробежным насосом в градирню второго холодильника — для охлаждения (рис. 30).

Холодильник для воды снабжен электромотором 1 мощностью 2,5 *квт* при числе оборотов 1500 в 1 *мин*, установленным на крышке 2 градирни 8. На удлиненном валу электромотора смонтированы вентилятор 12, диск распыления воды 10 и комбинированная

муфта 13, она же текстурный шкив. Центробежный насос 6 приводится в действие электромотором через систему передач: от шкива 13 на шкив 3 через приводной узел 4 и соединительную муфту 5.

Установка работает следующим образом. Охлажденная вода подается из градирни 8 насосом в calorifier для охлаждения воздуха, а после нагревания поступает в распылитель 11.

Капли воды, попадая на вращающийся диск 10, вторично распыляются на мельчайшие частицы. Одновременно для еще большего охлаждения сверху подается вентилятором мощный поток воздуха.

Установка, состоящая из двух холодильников, скомпонованных в один блок, представлена в виде схемы на рис. 31.

Описанная установка достаточно снижает температуру сжатого воздуха и исключает необходимость в расходовании большого количества воды. Если при чрезмерно высокой температуре окружающей среды охлаждение воздуха одной установкой окажется недостаточным, то применяются одновременно две и более.

Для удобства перевозки установка монтируется на салазках.

ГЛАВА IV

СХЕМЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ И ОБВЯЗКИ УСТЬЯ СКВАЖИНЫ

При бурении с продувкой воздухом к оборудованию вышки дополнительно дается: 1) компрессорное хозяйство, 2) герметизирующее устройство, 3) циркуляционная система воздухоснабжения, укомплектованная специальными контрольно-измерительными приборами, 4) пламошлеулавливающая установка или вытяжной вентилятор, 5) импульсатор для подачи воды или раствора поверхностно-активных веществ.

Перечисленное оборудование предъявляет свои требования к монтажу буровой вышки. Циркуляционная система с контрольно-измерительными приборами, стояк с нагнетательным шлангом, укомплектованный воздушными кранами, и остальная аппаратура — все это должно быть смонтировано в удобном месте, недалеко от пульта управления и так, чтобы не мешало в процессе бурения.

Правильно организованная вышка и технически грамотный монтаж всего оборудования позволяют избежать трудностей и осложнений, решают успех бурения и дают возможность довести скважину до проектной глубины с хорошими экономическими показателями.

Схема монтажа оборудования и обвязка устья зависят от целевого назначения скважины, ее глубины, способа бурения, геологического разреза и конструкции буровой установки. Ниже приводим несколько типовых схем.

Правильно организованная вышка должна удовлетворять следующим основным требованиям.

1. Минимальные потери давления в циркуляционной системе воздухопровода, что достигается путем выбора нужного сечения труб.
2. Удобство перевозки циркуляционной системы, быстрота ее сборки и разборки. Для этого она должна состоять из отдельных небольших узлов с удобными соединениями.
3. Полное укомплектование циркуляционной системы контрольно-измерительными приборами, импульсатором для подачи на забой аэрированной жидкости или поверхностно-активных веществ,

смотровым окном для наблюдения за выносом шлама и воздушными кранами соответствующих диаметров.

4. Установка контрольно-измерительных приборов и воздушной аппаратуры непосредственно у пульта управления, чтобы буровой мастер, не отходя от станка, мог манипулировать всеми процессами.

5. Направление выкидной трубы для отвода шлама в подветренную сторону от буровой, по возможности с уклоном вниз, и установка компрессора перпендикулярно к направлению господствующих ветров — для лучшего охлаждения.

6. Установка компрессора на расстоянии не менее 15 м от вышки — для предохранения бригады от шума.

7. Прямая ведущая штанга, соосная с герметизирующим устройством.

8. Для постоянной связи пульта управления с компрессорной станцией желательна звуковая и световая сигнализация.

9. Шламоотводящую трубу целесообразно оборудовать шламоулавливающей установкой ШПУ-1А или в крайнем случае вытяжным вентилятором, который включается при бурении сухих пород и выключается при наличии водопроявлений.

Схема монтажа оборудования при бурении передвижными самоходными установками роторного типа

Такая схема (рис. 32) рекомендуется для бурения скважин с водопроявлениями передвижными станками УРБ-3АМ, УРБ-2А, АВЕ-3 и других подобных типов.

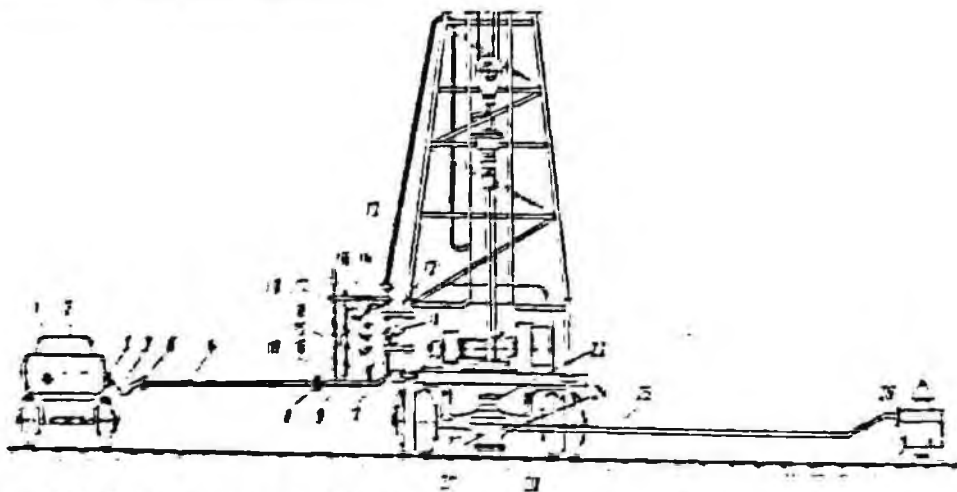


Рис. 32. Схема монтажа оборудования при бурении передвижными самоходными установками роторного типа.

1 — самоходная установка; 2 — компрессор; 3 — главная штанга; 4 — измерительная линия; 5 и 6 — фланцы; 7 — пульт; 8 — фланец; 9 — труба; 10 — труба со счетчиком; 11 — манометр; 12 — воздушная линия; 13 — измерительная линия; 14 — фланец; 15 — воздушная линия; 16 — пульт; 17 — манометр; 18 — пульт контрольный; 19 — фланец; 20 — воздушная линия; 21 — фланец; 22 — труба герметизирующая; 23 — герметизирующий; 24 — диффузор; 25 — воздушная линия; 26 — линия.

Компрессор 1 устанавливается на расстоянии 20 м от устья скважины. Воздух из ресивера 2 через гибкий шланг 3 длиной 1,5—2 м и внутренним диаметром 38 мм поступает в нагнетательную линию 4 длиной 20 м, состоящую из 108-мм труб. Шланг 3 одним концом соединяется с фланцем 5 ресивера, а другим — с фланцем 6 нагнетательной линии. Концы шлангов на переходе фланцев дополнительно крепятся двумя хомутами. Нагнетательная линия 4 соединяется со стояком 7 при помощи фланцев 8; при демонтаже манифольд отделяется от стояка в местах их соединения.

Стояк сделан из трубы диаметром 108 мм. На нем смонтированы 51-мм труба 9 с вентиляем для выпуска в атмосферу излишков воздуха, манометром 11 и 76-мм впускным вентиляем 12. Стояк соединяется с нагнетательным шлангом 13 фланцами 14; диаметр шланга 38 мм, длина 10 м.

К стояку приварен водяной коллектор 15 с верхним и нижним вентилями 16, воронкой 17 и кранками 18 для определения уровня воды в коллекторе. Подача воды из коллектора в манифольд происходит при открытии вентиля 16 и закрытии основного вентиля 12. При этом воздух, поступающий из нагнетательной линии через вентиль 16, выдувает воду из коллектора 15 в стояк 7; кранок воронки 19 при этом должен быть закрыт. Давление измеряется манометром 11. Порода из скважины поступает через диффузор 21 в выкидную линию 25, а оттуда в циклон 26.

Стояк крепится к ноге вышки накладными планками в двух точках, отстоящих одна от другой на 1—1,5 м. При перевозке агрегата стояк отделяется от манифольда и вместе со шлангом 13 крепится к ноге вышки.

Схема расположения оборудования при бурении в условиях многолетней мерзлоты

В условиях многолетней мерзлоты весьма важно улучшить охлаждение нагнетаемого в скважину воздуха. Для этого компрессор устанавливается, в зависимости от времени года, на расстоянии 20—35 м от буровой вышки.

Как изображено на рис. 33, сжатый воздух от компрессора 17 поступает в дополнительный ресивер 16, который представляет собой обсадную трубу большого диаметра (400—450 мм), длиной 10—15 м. Такой ресивер служит, с одной стороны, для аккумуляции воздуха, с другой — для осушения и охлаждения его.

Для эффективного охлаждения воздуха П. П. Елманов рекомендует смонтировать в ресивер-холодильник трубу диаметром 50 мм с навинченной на ее конец форсункой со сменными соплами, имеющими различный диаметр проходных отверстий (8—10—12—14—16 мм). При выходе воздуха из форсунки в распыленном виде он резко расширяется и охлаждается. Благодаря этому, путем подбора сопел, можно получить нужную температуру его. Из дополнительного ресивера воздух поступает в трубчатый холодильник 15, где вторично охлаждается и осушается. Холодильник делают из

обсадных труб диаметром 89—108—127 мм. Накопившуюся влагу периодически выпускают из холодильника. Затем воздух направляется во влагомаслоотделитель 14, затем в стояк 7, а оттуда через нагнетательный шланг 5 и вертлюг 3 — в буровые трубы. Стояк 7 оборудован спускным краном 13 для регулирования подачи воздуха в скважину, расходомером 12 и манометром 10.

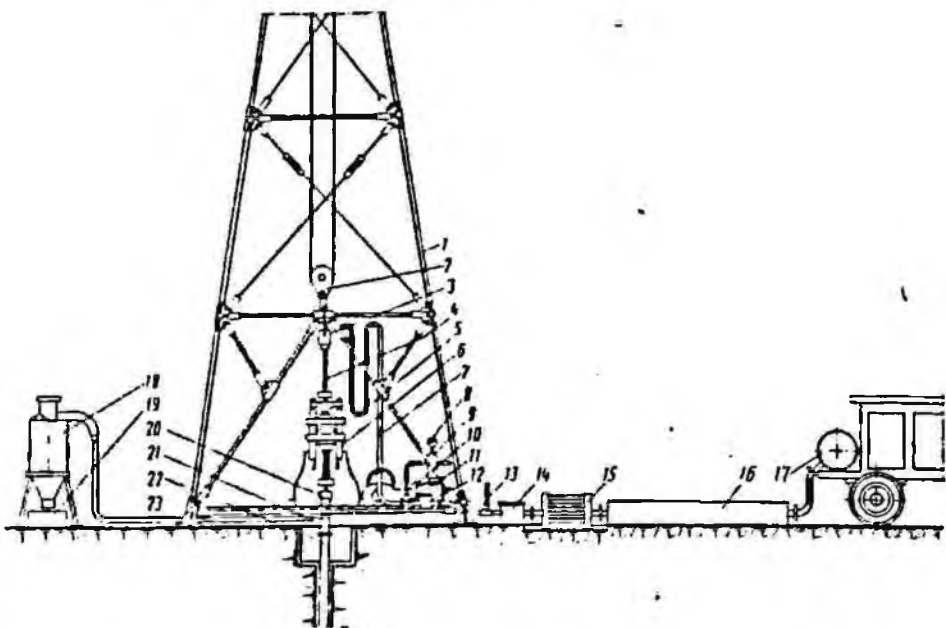


Рис. 33. Схема расположения оборудования и обвязки устья скважины при бурении в условиях многолетней мерзлоты.

1 — буровая вышка; 2 — подъемный блок; 3 — вертлюг; 4 — рабочая штанга; 5 — шланг; 6 — буровой станок; 7 — стояк; 8 и 10 — манометры; 9 — насос; 11 — тройник к насосу; 12 — расходомер; 13 — спускной кран; 14 — масло-влагоотделитель; 15 — трубчатый холодильник; 16 — ресивер-холодильник; 17 — компрессор; 18 — шламоуловитель; 19 — ящик для шлама; 20 — герметизатор; 21 — тройник; 22 — обсадная труба; 23 — шламоотводящая труба.

Для бурения с аэрированной жидкостью устанавливается насос 9. На нагнетательной линии имеется тройник, служащий для присоединения к ней насоса. На забоя воздух со шламом по шламоотводящей линии 23 поступает в циклон.

Схема расположения оборудования и обвязки устья скважины при бурении со шламоулавливающей установкой ШПУ-1 станками ЗИФ

Схема представлена на рис. 34.

Воздух от ресивера компрессора 1 по гибкому шлангу 2 поступает в напорную трубу 3, затем в воздухоотделитель 4 и далее — в нагнетательную воздушную линию 5, а оттуда в стояк и через нагнетательный шланг 10 и вертлюг 11 — в буровые трубы.

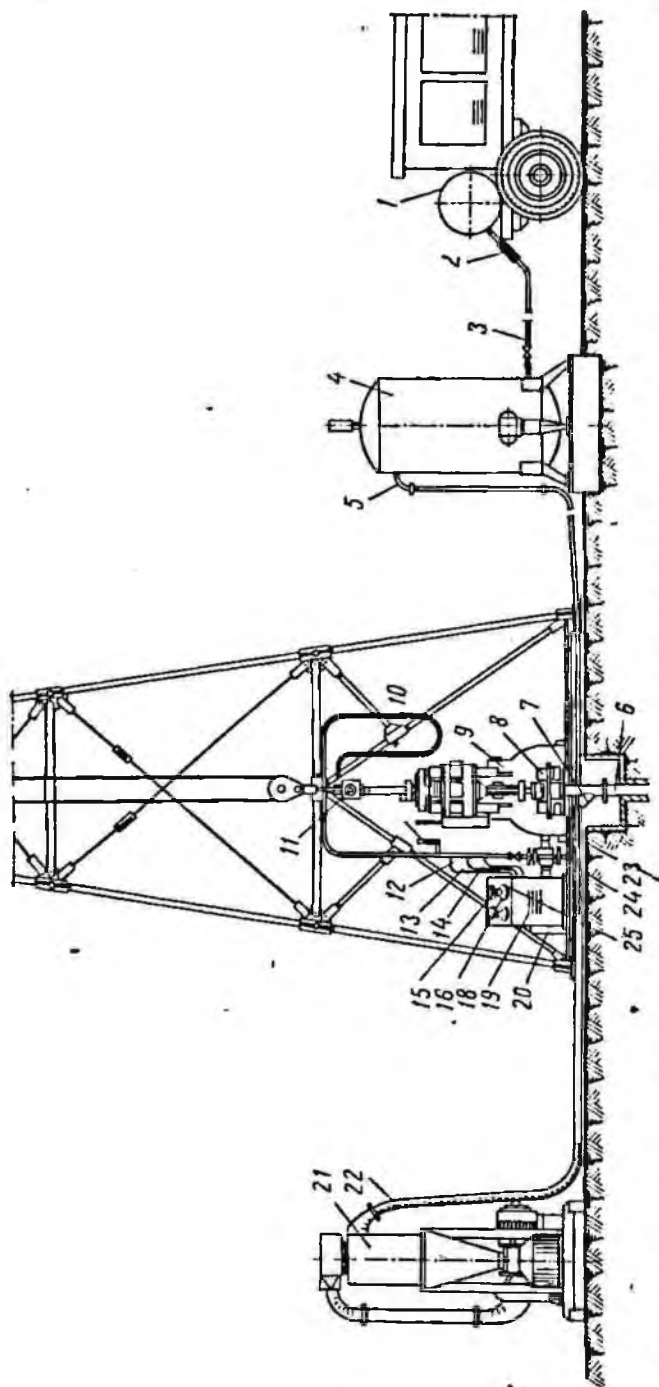


Рис. 34. Схема расположения оборудования и обвязки устья скважины со шламошлеудавляющей установкой ШПУ-1.

1 — компрессор; 2 — шланг; 3 — намоточная линия; 4 — воздушный бак; 5 — напорный воздухопровод; 6 — устье скважины; 7 — отвод; 8 — герметизатор; 9 — буровой станок; 10 — намоточный станок; 11 — вертикальный шланг; 12 — вертлюг; 13 — шланг к манометру; 14 — шланг от импульсатора для подачи воздуха; 15 — манометр; 16 — манометр; 17 — манометр; 18 — край управления герметизатором; 19 — шкаф управления герметизатором; 20 — трубка к манометру; 21 — установка ШПУ-1А; 22 — шланг; 23 — шланг от импульсатора к герметизатору; 24 — расходомер; 25 — выпускной нентиль.

Стойк оборудован расходомером 24 и импульсатором 19, который служит для подачи в скважину аэрированной жидкости или раствора ПАВ. Стояк имеет сбросовый воздушный кран 25 для регулирования подачи воздуха в скважину или для полного освобождения линии от воздуха.

Воздух из скважины вместе со шламом поступает через шламотводящую трубу в шламоулавливающую установку ШПУ-1, которая путем создания вакуума в шламотводящей линии способствует подъему шлама из скважины, и, кроме того, полностью исключает выход пыли в атмосферу. Шлам, отделившийся от воздуха, собирается в конусе циклона.

При переходе на бурение с водопроявлениями шламотводящая линия отключается от шламоулавливающей установки и шлам вместе с водой поступает в отстойник.

Универсальная схема расположения оборудования и обвязки устья скважины при бурении в любых геологических условиях станками ЗНФ

Схема, изображенная на рис. 35, предназначается для бурения глубоких скважин. При такой схеме можно бурить с подачей на забой небольшими порциями воды, поверхностно-активных и аэрированных растворов. Переход с одного вида бурения на другой осуществляется моментально, без дополнительных работ по переключению. Вся контрольно-измерительная аппаратура удобно расположена у пульта управления.

Воздух из ресивера компрессора 1 через гибкий шланг поступает в воздухоотделитель 2 и далее в маслоотделитель 3. Очистившись от конденсата, воздух идет в холодильную установку 4 и оттуда через стояк 17 в нагнетательный шланг 18, а затем через вертлюг 19 на забой. Шлам при бурении сухих пород подается из скважины по шламотводящей трубе 22 в шламоуловитель 20 типа ШПУ-1, а при бурении с водопроявлениями — в отстойник 21.

Для герметизации устья скважины устанавливается герметизатор АМ-5. Для регулирования воздуха, поступающего в скважину, или для освобождения всей линии на стояке имеется кран 27 для сброса воздуха в атмосферу. Воздушная линия для удобства и быстроты переключения оборудована вместо вентилей и задвижек кранами.

Порционная подача на забой воды или ПАВ осуществляется через импульсатор, установленный с левой стороны пульта управления. При повороте крана 13 импульсатора под давлением воздуха происходит подача распыленной жидкости в воздушную линию (стояк).

Для бурения с аэрированным раствором имеется насос 7, выкид которого смонтирован в воздушную линию. Подача воды в нее регулируется при помощи трехходового крана 26. Излишки воды

на насоса поступают по трубопроводу в приемный чаш. На выкидной воздушной линии имеется обратный клапан 6.

С левой стороны пульта управления рядом с импульсатором устанавливается двухъярусный шкаф с контрольно-измерительными

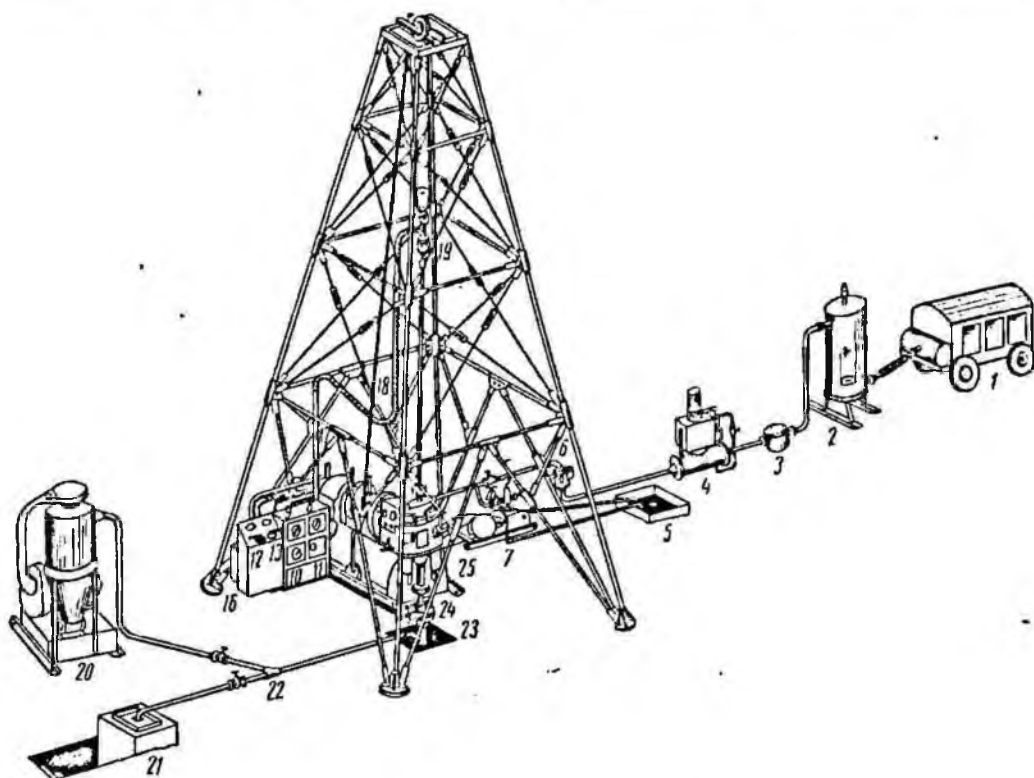


Рис. 35. Универсальная схема расположения оборудования и обвязки устья скважины при бурении глубоких скважин в любых геологических условиях.

1 — компрессор; 2 — воздухоотделитель; 3 — маслоотделитель; 4 — холодильная установка; 5 — емкость для промывочной жидкости; 6 — расходомер воздуха; 7 — буровой насос; 8 — термометр типа ТГ; 9 — манометр; 10 — самопишущий прибор ЭПИД; 11 — дифманометр; 12 — кран управления герметизатором; 13 — кран управления импульсатором; 14 — манометр для воздуха; 15 — манометр для воды; 16 — импульсатор; 17 — стояк; 18 — нагнетательный шланг; 19 — вертлюг; 20 — шламоуловитель; 21 — отстойник для отделения шлама от воды; 22 — шламотводящая линия; 23 — прием устья скважины; 24 — герметизатор; 25 — буровой станок; 26 — трехходовой кран.

приборами. В верхней половине шкафа установлены самопишущий термометр ТГ-9 и манометр МГ-8, в нижней половине — самопишущий расходомер ЭПИД-1 и дифманометр 11.

На крышке импульсатора имеются два манометра 14 и 15; один из них показывает давление в стояке, другой — в импульсаторе.

ГЛАВА V

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Контрольно-измерительные приборы дают возможность совершенствовать теорию и практику бурения с газовоздушной продувкой, повышать культуру производства и производительность труда, помогают буровому мастеру контролировать процесс бурения и режим воздуховснабжения. Благодаря этой аппаратуре работа проходит грамотно и осмысленно. Мастер каждую минуту знает состояние забоя, что очень важно при бурении с продувкой.

Кроме того, контрольно-измерительные приборы дают возможность установить оптимальные технологические режимы бурения в различных геолого-технических условиях. Ряд осложнений и затруднений, имеющих место на практике при бурении с продувкой воздухом, можно объяснить тем, что вышки плохо оснащены измерительной аппаратурой и бурение протекает вслепую.

Поэтому при бурении с продувкой воздухом или с азрированной жидкостью скважины необходимо укомплектовывать приборами для измерения давления, температуры, расхода воздуха и метеорологическими приборами для изучения давления, температуры и влажности атмосферного воздуха. В отдельных случаях при неглубоком бурении можно ограничиться манометром и расходомером. Но при научно-исследовательских и экспериментальных работах буровую необходимо укомплектовать всеми перечисленными приборами, в том числе и метеорологическими (термограф, психрометр, барометр-анероид).

Приводим характеристику и краткое описание контрольно-измерительных приборов. По внешним признакам они делятся на следующие группы: 1) показывающие, которые только показывают ту или иную величину, но не регистрируют ее; 2) самопишущие, или регистрирующие, которые автоматически фиксируют измеряемые ими величины; 3) с дистанционной передачей показаний; они передают на большое расстояние данные от места измерения другим приборам, связанным общей системой передачи.

Краткое описание и техническая характеристика контрольно-измерительных приборов

Измерение давления

Давление при очистке скважины воздухом представляет собой важный параметр. По давлению судят о состоянии забоя при образовании сальниковых пробок, о проходке трещиноватых и кавернозных пород, о вскрытии водоносных горизонтов.

На все процессы, происходящие в природе, воздействует атмосферное давление; различают два вида давления — абсолютное и избыточное.

Абсолютное давление равно сумме давления, показываемого манометром, плюс давление атмосферного воздуха, замеряемого барометром.

Избыточное давление показывает, насколько абсолютное давление больше или меньше давления атмосферного воздуха.

В технике, как правило, измеряют избыточное давление.

Разрежением называется давление ниже атмосферного.

Приборы, показывающие избыточное давление, называются манометрами, а показывающие разрежение — вакуумметрами.

В технике применяется техническая атмосфера, т. е. давление, производимое килограмм-силой на площадь 1 см^2 (кг/см^2).

Существующие приборы по роду измеряемой величины делятся на следующие группы:

барометры — для измерений атмосферного давления;

манометры — для измерения избыточного давления;

вакуумметры — для измерения разрежения (вакуума);

дифференциальные манометры — для измерения перепада давлений.

По принципу действия они бывают жидкостные, поршневые, пружинные, электрические и комбинированные. Наиболее распространены в технике и при бурении с продувкой воздухом пружинные манометры с одновитковой пружиной. Отсутствие рабочей жидкости делает их удобными в обращении.

Манометры с трубчатой пружиной

На рис. 36 показана конструкция манометра с трубчатой пружиной Бурдона. В металлическом корпусе 1 имеется упругая металлическая полая трубка 4, согнутая в форме эллипса. Один конец трубки впаив в держатель 2, на нижнем конце которого имеется шпатель 3; другой конец заглушен пробкой 5 и запаян. На верхней части держатель имеет площадку для крепления передаточного механизма.

Передаточный механизм состоит из поводка 6, один конец которого прикреплен к свободному концу трубки, другой — шарнирно к зубчатому сектору 7, закрепленному на оси 8 между двумя пласти-

нами, покоящимися на площадке держателя. Сектор 7 вращается вокруг своей оси и имеет шестеренчатое сцепление со стрелкой 10.

Ось трубки, на которой укреплен стрелка 10, имеет удлиненную часть, выступающую за циферблат 9. Для устранения зазоров в зубчатой передаче ось стрелки связана с тонкой спиральной пружиной, которая прижимает трубку к зубьям одной стороны сектора.

Под действием давления трубка начинает раскручиваться и тянет поводок, поворачивающий в свою очередь сектор вокруг его оси.

Сектор 7, поворачиваясь, вращает трубку со стрелкой, посаженную на его ось; стрелка указывает на шкале величину измеряемого давления.

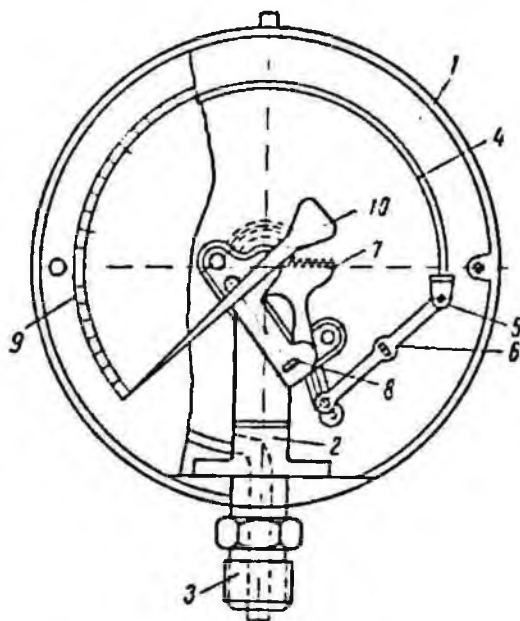


Рис. 36. Манометр с трубчатой пружиной.

Самопишущие манометры с витовой трубчатой пружиной

Витовая трубчатая пружина, или, как ее часто называют, гелпокондальная пружина, представляет собой спиральную полую трубку с витками, расположенными по винтовой линии.

Преимущество такой пружины заключается в том, что она имеет большой угол раскручивания ($50-60^\circ$) и большой вращательный момент, чем у одновитковой трубчатой пружины. Поэтому манометры описываемой конструкции обладают большой чувствительностью.

Самопишущие манометры служат стационарными приборами для измерения и записи давления газов.

Принцип действия самопишущего манометра МГ (МСТМ) изображен на рис. 37.

Пружина 1 представляет собой пустотелую сплюснутую трубку, закрученную по винтовой линии. Нижний конец трубки закреплен неподвижно; к нему по тонкой трубке 2 подводится газ, давление которого измеряется. Трубка 2 на конце имеет пипель 3. Свободный конец пружины 1 при помощи рычажка 4 жестко связан с осью 5.

При увеличении давления внутри пружины она стремится развернуться, ее свободный конец вращается и поворачивает ось 5 в направлении против часовой стрелки. На оси 5 закреплен поводок 6 с кареткой 7, от которой тяга 8 и рычаг 9 передают движение стрелке 10, закрепленной на общей с рычагом 9 оси 11. Передвижением каретки 7 вдоль тяги 6 достигается измерение показаний прибора.

На конце стрелки 10 имеется перо с чернилкой для регистрации показаний манометра на бумажном диске 12 диаметром 300 мм, прикрепленном к кнопке часового механизма. Радiallyные дуги делят диск на 24 части, показывающие время от 1 до 24 ч. Часовой механизм делает за сутки один оборот.

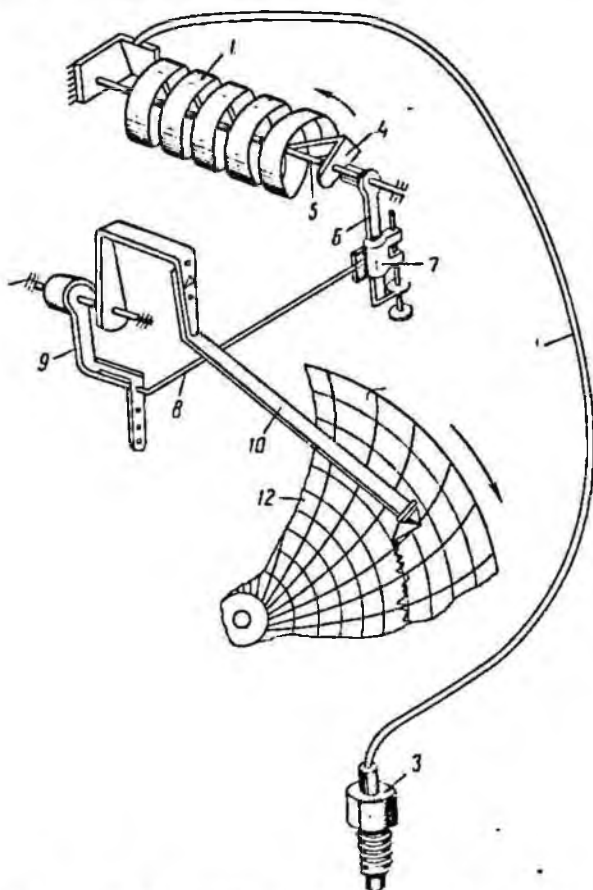


Рис. 37. Самопишущий манометр с винтовой трубчатой пружиной.

Таблица 20

Тип	Общая характеристика
МГ(МСТМ)-310	Малый корпус с приводом диаграммы от часового механизма
МГ(МСТМ)-410	Большой корпус с приводом диаграммы от часового механизма
МГ(МСТМ)-430	Большой корпус с приводом диаграммы от часового механизма
МГ(МСТМ)-510	Малый корпус с приводом диаграммы от синхронного электродвигателя СД-60
МГ(МСТМ)-610	Большой корпус с приводом диаграммы от электродвигателя СД-60
МГ(МСТМ)-630	Большой корпус с приводом диаграммы от электродвигателя СД-60 с записью двух кривых

Манометр МГ показывает давление 0—5—8—10—12—16—20—25 и до 160 кг/см².

Движение бумажного диска (диаграммы) осуществляется часовым механизмом или синхронным двигателем типа СД-60, питаемым от сети переменного тока 110—127 В.

Характеристика и типы приборов представлены в табл. 20.

Образцовый манометр

Образцовые манометры — это особо точные приборы (класс точности 0,20—0,35), предназначенные для проверки манометров при изготовлении и ремонте.

Для проверки показаний действующих манометров применяют контрольные манометры со специальными приспособлениями для подключения параллельно с проверяемым прибором.

Наружный диаметр корпуса — 200 мм. Шкала имеет градусные (угловые) деления. Угол поворота стрелки от нулевого до максимального деления шкалы — 300°. На шкале имеется надпись «Образцовый» и указывается предельное давление. При пользовании таким манометром надо знать цену деления шкалы в кг/см². Если на манометре указано 25 кг/см², это значит, что 300° шкалы равны 25 кг/см². Чтобы определить цену деления, надо разделить 25 на 300 (0,0833 кг/см²). Таким образом, одно деление данного манометра равно 0,0833 кг/см².

Эксплуатация и ремонт манометров

Манометр считается неисправным и подлежит сдаче в ремонт при следующих случаях:

- 1) просрочено клеймо;
- 2) сорвана пломба;
- 3) при спятии давления стрелка не устанавливается на нулевое положение;
- 4) при сравнении с контрольным манометром получается расхождение больше допустимого (допустимая погрешность определяется классом точности);
- 5) при легком постукивании стрелка смещается больше допустимого предела;
- 6) разбито стекло;
- 7) шкала манометра залита нефтью или маслом.

Манометры ремонтируются в специально оборудованной мастерской КИП, после чего обязательно должны пройти госпроверку и переклеймиться.

Манометры, находящиеся в эксплуатации, подлежат периодической проверке путем сравнения с контрольным манометром. Перед установкой дискового диаграммного бланка на нем следует написать дату, название объекта и предельное давление манометрической пружины.

Измерение температуры

Температура воздуха, поступающего из компрессора в скважину, является важным фактором. С изменением температуры воздуха изменяются его свойства: фазовое состояние, объем, вязкость, удельный вес и др. При повышении температуры атмосферного воздуха снижается весовой расход воздуха, поступающего из компрессора, и увеличивается объемное расширение; в результате уменьшается вынос шлама из скважины. И наоборот, при понижении температуры весовой расход воздуха и давление на компрессоре увеличиваются.

Температура сжатого воздуха приобретает особое значение в условиях многолетней мерзлоты, так как при ее повышении сильно ухудшается состояние стенок скважины. Поэтому на нагнетательной линии устанавливаются специальные термометры для определения температуры воздуха, нагнетаемого в скважину.

Приборы для измерения температуры сжатого воздуха делятся в основном на следующие группы:

1. Термометры расширения, которые работают на расширении твердых тел при нагревании.

2. Жидкостно-стеклянные термометры (ртутные и спиртовые), работающие по принципу теплового расширения жидкости в стеклянном резервуаре. Широко распространены ртутные термометры, так как ртуть имеет наибольший температурный коэффициент объемного расширения.

3. Манометрические термометры. Действие их основано на увеличении давления газов в замкнутом сосуде при повышении температуры.

При бурении с продувкой воздухом распространены жидкостно-стеклянные и манометрические термометры. Летом из жидкостно-стеклянных термометров целесообразно применять ртутные, а зимой — спиртовые.

Манометрические термометры

Манометрические термометры работают на принципе изменения давления газа, находящегося в замкнутом сосуде постоянного объема, при изменении температуры.

Такой термометр представлен на рис. 38. Он состоит из термопатрона 1, который представляет собой стальной или латунный цилиндрический толстостенный сосуд, практически не изменяющийся в объеме при давлении, возникающем вследствие нагревания рабочего вещества (находящегося в нем газа). Капилляр 2 сделан из латунной цельнотянутой трубки наружным диаметром около 2 мм и внутренним — от 0,1 до 0,5 мм. Для защиты от механических повреждений капилляр на всем протяжении заключен в гибкую трубку 5 наружным диаметром 8—10 мм. Длина капилляра между вторичным прибором и местом измерения температуры может достигать 60 м. Вторичным прибором является манометр с трубчатой одновитковой или многовитковой пружиной 3. Термопатрон 1 заключен в кожух 4.

При нагревании термометра давление находящегося в нем газа увеличивается и по капилляру 2 передается винтовой пружине 3, которая перемещает стрелку по шкале прибора в сторону увеличения показаний. При охлаждении давление в термометре уменьшается и стрелка движется в обратном направлении. Таким образом по изменению давления можно судить об изменении температуры, т. е. измерять ее непосредственно в градусах.

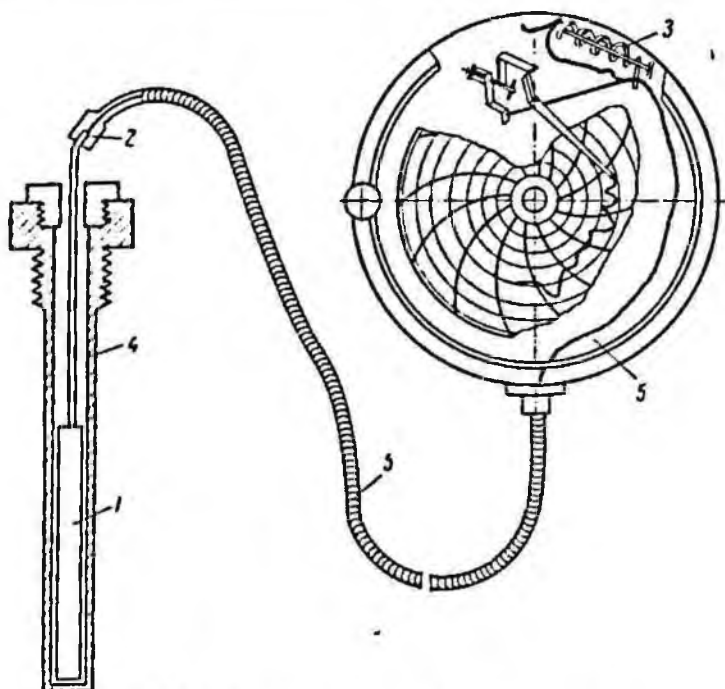


Рис. 38. Манометрические термометры.

Вся система заполняется азотом под давлением, благодаря чему влияние атмосферного давления на показания прибора сведено к минимуму.

Характеристика термометров приведена в табл. 21.

Таблица 21

Тип	Общая характеристика	Примечание
ТСГ-410	Большой корпус с приводом диаграммы от часового механизма	Старое обозначение ТГ-10 По старому обозначению ТГ-410, с пределом измерения 0—110, 0—150, 0—200 и 0—300° С. Длина капилляра до 60 мм
ТСГ-410	Большой корпус с приводом диаграммы от часового механизма	
ТСГ-310	Малый корпус с приводом диаграммы от часового механизма	По старому обозначению ТГ-310

Техническая характеристика термометров ТСГ

Температура окружающего воздуха, °С	-10 + 60
Относительная влажность, %	30—60
Верхний предел показаний, °С	120, 160, 200 и 300
Погрешность показаний при 20° С, %	±1,5
Шкала	равномерная
Диаграмма	дисковая
Привод	от часового механизма
Длина капилляра, мм	10, 25, 40 и 60
Высота термобаллона, мм:	
для капилляра до 40 мм	255
для капилляра свыше 40 мм	433
Габаритные размеры, мм:	
диаметр	367
высота	118

Измерение расхода воздуха, поступающего в скважину

В процессе бурения с продувкой количество поступающего в скважину воздуха является очень важным параметром.

Мастер в процессе работы должен знать, достаточно ли сжатого воздуха поступает в скважину для выноса разбуренной породы на поверхность, чтобы установить (в зависимости от характера проходимых пород) нужную скорость воздушного потока.

Для измерения расхода воздуха во время бурения применяются специальные приборы, называемые расходомерами.

Расходомеры

По принципу действия расходомеры бывают с дроссельными устройствами или с переменным перепадом давления.

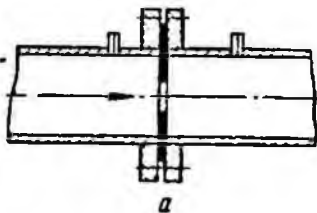
Расходомером с дроссельными устройствами называется приспособление, установленное в трубопроводе и создающее в нем сужение; вследствие этого при протекании воздуха создается перепад (или разность) давления. В качестве дроссельных расходомеров обычно применяются диафрагма, сопло и труба Вентури (рис. 39).

Расходомер переменного перепада давления. Измерение расхода воздуха по переменному перепаду давления наиболее распространено, так как дает возможность определить расход газов в трубопроводе при любых давлениях и температурах. При прохождении через дроссельное устройство скорость потока воздуха увеличивается за счет превращения потенциальной энергии в кинетическую, вследствие чего давление потока понижается. После прохождения дроссельного устройства скорость потока уменьшается до первоначальной величины (как до сужения).

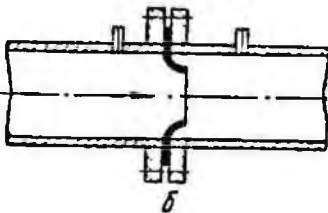
При этом часть кинетической энергии переходит в потенциальную и давление потока снова повышается. Схема действия потока приводится на рис. 40.

Между двумя фланцами трубопровода установлена диафрагма. В теле трубы до и после диафрагмы имеются два отверстия для измерения перепада давления. К этим отверстиям подключен ртутный дифференциальный манометр, который показывает разницу давления до и после диафрагмы.

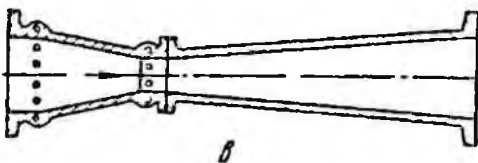
Величина перепада давления равна разности H и зависит от количества проходящего воздуха: чем оно больше, тем больше перепад. Измерив перепад давления, нетрудно определить расход потока. При проходе воздуха через диафрагму давление P_1 немного повышается, а затем в сечении



отверстия диафрагмы резко снижается до величины P_2 . По мере уменьшения скорости потока давление повышается до P_3 , которое больше P_2 и меньше P_1 вследствие вредных потерь.



Описанный прибор называется расходомером переменного перепада давления, потому что величина перепада с изменением расхода не остается постоянной.



Нормальная диафрагма. Нормальная диафрагма (рис. 41) изготавливается и устанавливается по особым стандартизированным правилам и условиям. Она представляет собой металлический диск, имеющий в центре отверстие с острой кромкой; цилиндрическая часть отверстия обращена в сторону входа потока, коническая — в сторону выхода; угол конусности равен 45° . У диа-

Рис. 39. Дроссельные расходомеры.
а — диафрагма, б — нормальное сопло; в — труба Вентури.

фрагмы диаметром меньше 150 мм кромка со стороны входа должна быть острой, без завалов и заусениц, а при диаметре более 150 мм допускается шлифовка ее тонкой наждачной бумагой. Несоблюдение этого правила приводит к искажению показаний.

Диск диафрагмы вытачивается из нержавеющей стали с точностью диаметра $\pm 0,01$ мм.

Диафрагма 1 крепится между двумя кольцевыми камерами 2 и 3, имеющими кольцевые выточки. Штуцеры 4 и 5 для отбора давления до и после диафрагмы сообщаются с кольцевыми выточками. Диаметр диафрагмы определяется расчетом и должен быть в пределах 0,2—0,8 диаметра трубопровода. Диафрагму для трубопровода диаметром до 100 мм делают толщиной 2 мм, а от 125 до 250 мм — 3 мм.

Правила установки нормальных диафрагм. Диафрагму можно устанавливать в горизонтальных, вертикальных и наклонных участках трубопровода — при помощи фланцевых соединений. Однако целесообразнее помещать ее на горизонтальном участке во избежание дополнительных работ по монтажу.

Диаметр трубопровода на протяжении прямого участка должен быть одинаковым, а внутренняя поверхность гладкой. Длина участка до диафрагмы зависит от отношения $\frac{d}{D}$ (где d — диаметр диафрагмы, D — диаметр трубопровода). При $\frac{d}{D}$ равном 0,5—0,7, длина прямого участка до диафрагмы должна быть не менее $20D$, а после диафрагмы — не менее $5D$.

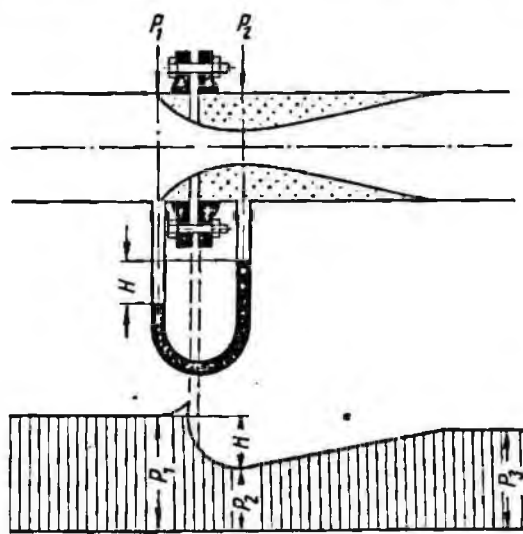


Рис. 40. Схема действия потока.

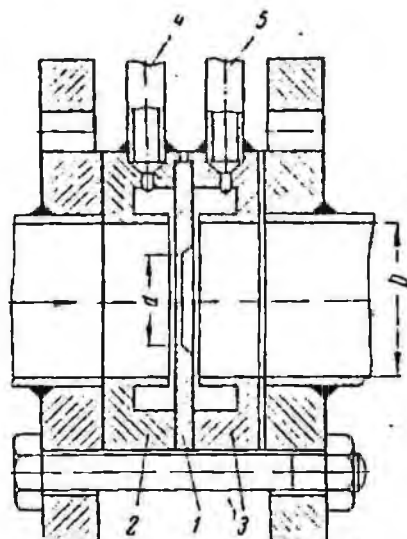


Рис. 41. Нормальная диафрагма.

Данные о расходомерах (дифманометрах) поплавковых приведены в табл. 22, а мембранных (бесшкальных) — в табл. 23.

Дифманометры ДМ работают вместе со вторичными приборами ЭПИД, которые выпускаются в различных модификациях. Наибольшее применение имеют ЭПИД-01. Кроме ЭПИД, в качестве вторичных приборов используются приборы типа ДС-1 и ДСР-1 — самопишущие.

Д и ф ф е р е н ц и а л ь н ы й м а н о м е т р т и п а Д П.

Дифференциальными манометрами, или сокращенно дифманометрами, измеряются перепад давления, создаваемый дроссельными устройствами. Дифманометр — неотъемлемая часть расходомера. Дифманометр в комплекте с диафрагмой служит для измерения расхода воздуха по методу переменного перепада давления. Дифманометры бывают показывающие и самопишущие. Шкала прибора может иметь деления в единицах перепада (*мм рт. ст.* и др.) или в единицах расхода ($m^3/ч$, $кг/ч$, $т/ч$ и др.).

Шифр прибора	Дифманометры поплавковые
ДП-280М ДПМ-280М ДП-278М ДП-410 ДП-610 ДП-612 ДП-430	Показывающий Показывающий, с электрическим контактным устройством Самопишущий, с приводом от часового механизма Самопишущий, с электрическим приводом Самопишущий, с интегратором и электрическим приводом Самопишущий, с приводом от часового механизма и дополнительной записью температуры
ДП-240 ДП-620	То же Самопишущий, с интегратором и дополнительной записью температуры
ДП-630	Самопишущий, с электрическим приводом и дополнительной записью температуры

Примечание. Наибольшее допустимое давление измеряемой среды — 160 кг/см².

Таблица 23

Шифр датчика	Наибольшее допустимое абсолютное давление измеряемой среды, кг/см ²	Предельный номинальный перепад давления
ДМ-6, модель 3506	250	160, 250, 400 мм вод. ст.; 40, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000 мм рт. ст. п 1,6; 2,5; 4; 6,3 кг/см ²
ДМ-7, модель 3532	64	160, 250, 400 мм вод. ст.; 40, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000 мм рт. ст. п 1,6; 2,5; 6,3 кг/см ²

Стацпоарные дифманометры делятся па четыре основные группы: 1) поплавковые, 2) кольцевые весы, 3) колокольные и 4) мембранные. Наиболее распространены при бурении с продувкой воздухом поплавковые и мембранные. Они бывают механические или с электрической передачей показаний. Стацпоарные дифманометры в комплекте с дроссельными приборами принято называть расходомерами.

Механические поплавковые дифманометры. Такие приборы наиболее распространены. Они могут действовать при высоких давлениях — до 150 кг/см². Максимальное перемещение поплавка в дифманометрах ДП — 30,5 мм.

На рис. 42 показана конструкция дифманометра ДП с ртутным заполнением. Трубки от диафрагмы присоединяются к вентильям 1. Вентиль 2 является уравнительным; им пользуются лишь при включении прибора и проверке нуля, когда требуется равное давление в обоих коленах. Во время работы вентиль 2 закрыт.

Дифманометр состоит из двух металлических сосудов 3 и 4, соединенных между собой трубкой 5. В нижней части трубки имеется игольчатый вентиль 6 для спуска ртути. В сосуде 3 помещен по-

плавок 7, плавающий на поверхности ртути. Поплавок 7 соединен с осью рычага 8 (расположенной перпендикулярно плоскости чертежа), другой конец которой выступает в корпус прибора через сальниковое уплотнение и связан со стрелкой, показывающей измеряемую величину. Ртуть заливается через пробку 9.

Большее давление (до дросселя) подается в сосуд 3, называемый плюсовым, а меньшее (после дросселя) — в сосуд 4, называемый минусовым. При увеличении расхода воздуха или газа давление в плюсовом сосуде повышается, а уровень ртути понижается. Вследствие этого поплавок 7 опускается и тянет за собой рычаг 8,

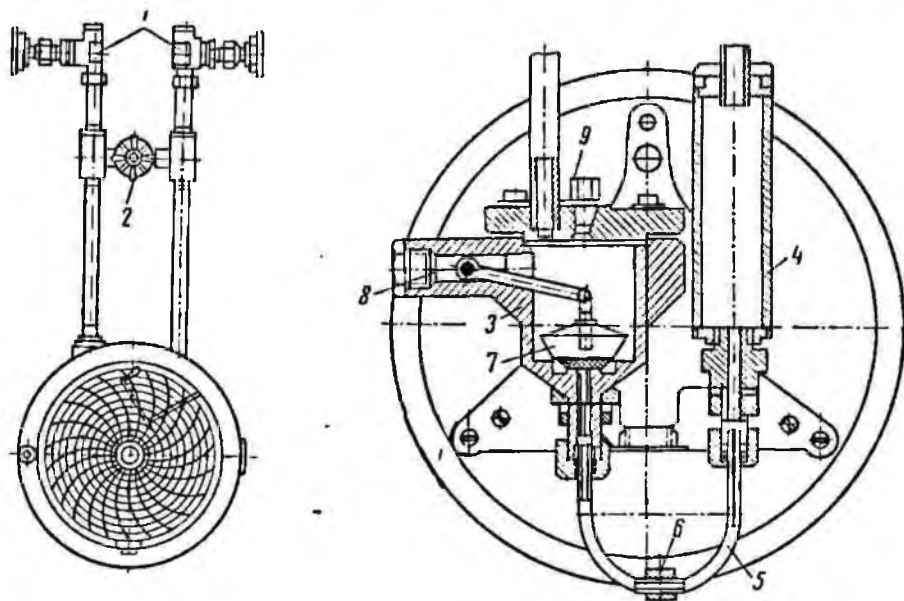


Рис. 42. Дифманометр ДП.

укрепленный на оси. При увеличении перепада ртуть из плюсового сосуда 7 передавливается в минусовый 4, а при уменьшении протекает обратно из минусового в плюсовой. Поплавок при изменении перепада то опускается, то поднимается, вместе с ним изменяет свое положение стрелка прибора. Когда перепада нет, поплавок находится в крайнем верхнем положении, а стрелка стоит на нулевом делении шкалы.

Дифманометр ДП изготовляют на разные пределы измерения по перепаду. Плюсовой сосуд делают всегда одинаковым, изменения пределов измерения достигаются за счет изменения минусового сосуда. Если диаметр последнего сделать равным диаметру плюсового и расположить их на одном уровне, то уровень ртути в плюсовом сосуде понизится и настолько же повысится в минусовом.

Ход поплавка в дифманометрах ДП делают всегда одинаковым, равным 30,5 мм. В большинстве расходомеров величина перепада доходит до 1000 мм рт. ст.

Чтобы измерить большой перепад дифманометром с одним и тем же плюсовым сосудом, уменьшают диаметр минусового сосуда и увеличивают его длину. При небольшом диаметре минусового сосуда объем ртути, протекающей из плюсового сосуда, займет большую высоту. В табл. 24 приведены номера сменных минусовых сосудов и пределы измерения перепада дифманометром типа ДП.

Таблица 24

Номер сменного (минусового) сосуда	1	2	3	4	5	6	7	8
Перепад давления (мм рт. ст.)	40	63	100	160	250	400	630	1000

Сменяя минусовые сосуды, можно изменять пределы измерения прибором, работающим с одной и той же диафрагмой.

Выбор пределов измерения по перепаду, т. е. сменного сосуда, производится в зависимости от давления в трубопроводе, где установлена диафрагма данного прибора (табл. 25).

Таблица 25

Давление в трубопроводе до диафрагмы, кг/см ²	Номер сменного минусового сосуда
0,15—0,7	1
0,7—1,15	2
1,15—3,2	3
3,2—5,0	4
5,0—7,0	5
Выше 7,0	7 и 8

Техническая характеристика дифманометров типа ДП

Температура окружающего воздуха, °С	5—50
Относительная влажность, %	до 80
Статическое давление, кг/см ²	до 160
Предельный ход поплавка, мм рт. ст.	40—1000
Полный оборот диаграммы, ч	24
Погрешность хода диаграммы, мин/сутки	±5
Габаритные размеры, мм:	
диаметр корпуса	367
ширина корпуса	118
ширина с сосудами	300

Выпускаются и дифманометры типа ДМ, также же, как ДП, но с дистанционной передачей показаний на вторичный прибор. Они работают совместно со вторичными приборами типа ЭПИД, выпускаемыми в нескольких модификациях.

Дифманометр ДМ-6 с дифференциально-трансформаторным индуктивным датчиком, изо-

браженный на рис. 43, служит для восприятия дисковой диафрагмой перепада давления. Это бесшкальный прибор с электрической дистанционной передачей. Он состоит из двух крышек 7 и 8; между ними имеется полость, которую заполняют мембраной жидкостью (например, дистиллированной водой). В жидкости помещается мембранный блок, который служит чувствительным элементом. Устройство его различно в зависимости от модификации, но принцип действия одинаков для всех.

В дифманометре ДМ-6 мембранный блок состоит из двух коробок 2 и 3, ввернутых с обеих сторон в разделительную диафрагму 1. Профили 4, 5 и 6 мембран соответствуют друг другу. К верхней мембранной коробке припаяна втулка, имеющая резьбу, в которую ввертывается винт 9 плунжера 10. Винт соединяется с плунжером посредством штока. Плунжер перемещается внутри разделительной трубки 11, на которую надета индукционная катушка 12.

Плюсовое давление, т. е. давление до сужения, передается от камеры минус на верхнюю мембрану через соединительные шланги и импульсные трубки 13, снабженные запорными вентилями 14 и 15 и соединенные между собой уравнительным винтом 16.

Вследствие разности давлений в плюсовой и минусовой камерах дифманометра нижняя мембранная коробка сжимается; при этом жидкость, протекая из нее в верхнюю коробку, перемещает последнюю вверх, а вместе с тем и жестко связанный с ней плунжер индукционной катушки. Индукционная катушка дифманометра совместно с рабочей индукционной катушкой расходомера включена в общую индукционную дифференциально-трансформаторную схему.

Расходомер типа ЭПИД. Прибор выпускается в разных модификациях. Описываем принцип действия одного из них — ЭПИД-01 (рис. 44). Это прибор показывающий и записывающий. Он питается от сети переменного тока напряжением 127 или 220 В с частотой 50 гц. Потребляемая мощность не превышает 75 вт. Все основные узлы размещаются внутри стального корпуса с открыва-

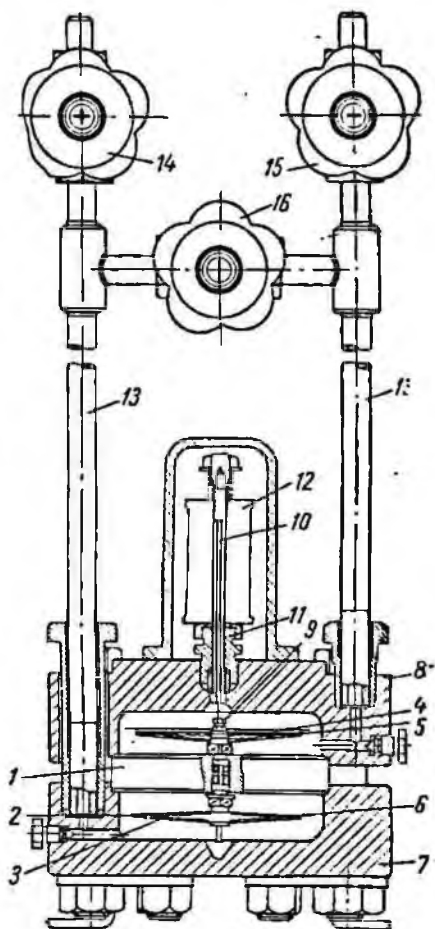


Рис. 43. Дифманометр ДМ-6.

ющейся крышкой, которая имеет застекленное окно; по окружности последнего расположена шкала с делениями.

Механизм размещен на подвижном кронштейне с внутренней стороны крышки. Здесь установлены узел рабочей индукции катушки и привод от синхронного двигателя СД-60. На выходной оси механизма (на лицевой стороне кронштейна) крепится специальной скобой дисковая диаграмма диаметром 300 мм, которая делает полный оборот за 24 ч.

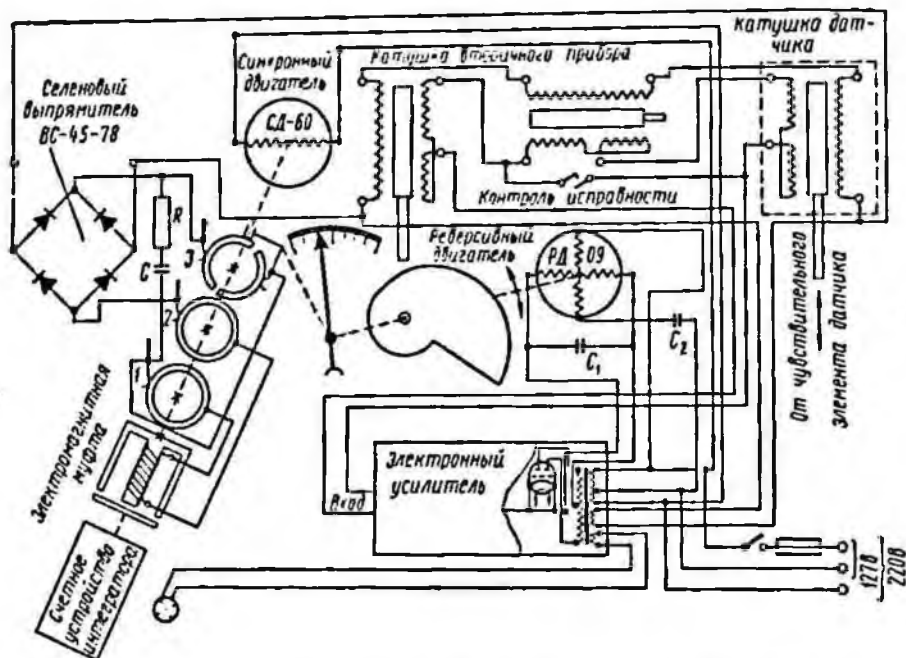


Рис. 44. Принципиальная схема прибора ЭПИД.

В верхней части откидного кронштейна помещается реверсивный двигатель РД-09, который служит для передачи движения плунжеру рабочей индукционной катушки, записывающему перу и стрелке прибора. В нижней части кронштейна крепятся катушка регулировки, служащая для установки стрелки и пера на нуль, и колодка 1 для присоединения проводов. В глубине корпуса расположены электронный усилитель, конденсатор и колодки 3 и 4.

На лицевой стороне откидного кронштейна имеются кнопка с надписью «контроль», шпindel катушки для установки стрелки на нуль, выключатель и сигнальная лампа; в верхней части находятся стрелка с пишущим пером и рычагом для ее отвода, а также контрольный индекс.

На крышке прибора под шкалой имеется надпись: « $\times 10 \text{ м}^3/\text{ч}$ ». Это значит, что показания прибора надо умножить на 10 и разделить на 60. Например, если стрелка показывает 12, расход сжатого воздуха равняется $\frac{12 \times 10}{60} = 2 \text{ м}^3/\text{мин}$.

Как мы упоминали, рабочая индукционная катушка прибора ЭПНД и индукционная катушка дифманометра включаются в индукционную дифференциально-трансформаторную схему (рис. 45). Последовательно с этими двумя катушками включаются катушки регулятора нуля и электронный усилитель.

Каждая катушка имеет первичную и вторичную обмотку. Первичная обмотка размещена равномерно по всей длине катушки, а вторичная — в виде двух секций, расположенных каждая по половине катушки, с одинаковым количеством витков. Концы каждой секции соединяются так, что ЭДС, индуцируемая в одной секции,

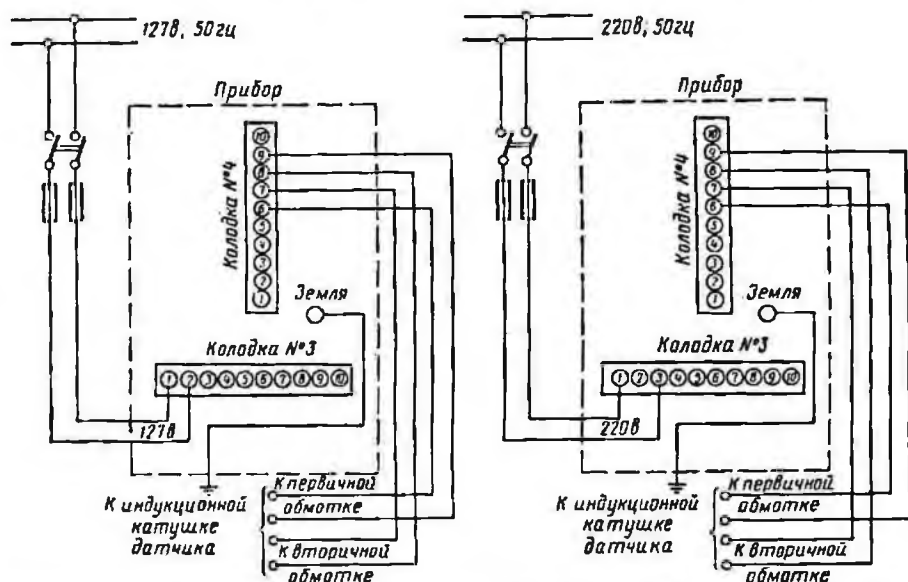


Рис. 45. Схема внешних электрических соединений прибора ЭПНД.

имеет направление, обратное ЭДС, индуцируемой в другой секции. Внутри каждой катушки находится плунжер (сердечник).

При среднем положении плунжера в катушке ЭДС, индуцируемые в каждой секции вторичной обмотки, равны и направлены навстречу друг другу; следовательно, напряжения во вторичной обмотке нет. При смещении плунжера от среднего положения ЭДС, индуцируемые в каждой секции вторичной обмотки, становятся неравными, и между началами секций появляется напряжение. То же самое происходит и в рабочей индукционной катушке при смещении ее плунжера.

При одинаковом положении плунжеров в катушках дифманометра и расходомера фазы и величины результирующих напряжений на вторичных обмотках одинаковы и взаимно компенсируются; при этом стрелка и перо остаются на месте.

Если же положения плунжеров в катушках обоих приборов неодинаковы, т. е. если плунжер катушки дифманометра под действием мембраны займет другое положение относительно плунжера

катушки вторичного прибора, — результирующие напряжения катушек становятся разными. Вследствие этого появляется ток, который поступает на вход электронного усилителя и усиливается до величины, необходимой для приведения в действие двигателя РД-09.

Вращение вала двигателя передается через профильные кулачки и систему рычагов плунжеру рабочей индукционной катушки и рычажку пера. Стрелка прибора приводится в действие тем же двигателем посредством тросика и ролика, укрепленных на одной оси с профильными кулачками.

Работа двигателя, а следовательно, движение стрелки и пера расходомера, продолжается до тех пор, пока плунжер индукционной катушки не займет положение, соответствующее положению катушки дифманометра. Когда плунжер последней под действием мембраны занимает новое положение, возникающий при этом ток идет в электронный усилитель, усиливается и приводит в действие двигатель РД-09; стрелка и перо занимают новое положение — и так далее, пока система не окажется в равновесии (согласованное положение плунжеров индукционных катушек, дифманометра и расходомера).

Расходомер ЭПНД удобен и дает весьма точные показания. Однако в полевых условиях его надо применять с большой осторожностью ввиду чрезвычайной хрупкости, крайней чувствительности к сотрясениям и другим отрицательным воздействиям.

Расходомеры, выпускаемые ленинградским заводом «Пневматик», применялись бы шире, если бы выпускались с большим расходом воздуха. При несколько меньшей точности такой прибор будет гораздо более пригоден к работе в полевых условиях.

Монтаж и эксплуатация

Контрольно-измерительные приборы при работе стационарных станков рекомендуем монтировать для удобства обслуживания у стены в правом углу буровой вышки. Для защиты от пыли и повреждения они помещаются в двухъярусном шкафу А с застекленными дверцами (рис. 46).

В нижней части шкафа устанавливается расходомер 1 типа ЭПНД, рядом с ним — дифманометр 2 и контрольный манометр 3; в верхнем ярусе — манометр 4 типа МГ и термометр 5 типа ТГ. Шкаф устанавливается на столике 6 высотой 50 см, имеющем выдвижную доску 7, которая служит наблюдателю для записей. Общая высота шкафа со столиком 170 см, ширина 100 см. Во избежание сотрясений столик крепится к полу.

Слева от шкафа проходит нагнетательная труба 8, на которой устанавливаются дисковые диафрагмы 9; от диафрагм по двум гибким шлангам 10 внутренним диаметром 10 мм проходит воздух к дифманометру 2. Диафрагма включается двумя вентилями 11. Воздух от воздушной линии подается к контрольному манометру 3 и самопишущему манометру 5 по гибким шлангам 12 и 13.

Для измерения температуры воздуха, поступающего в скважину, к воздушной линии приваривается под углом 45° , обращенным против движения воздуха, патрубок 14 для погружения термобаллона в измеряемую среду. Термобаллон крепится специальным зажимом 15, а зажим — гайкой (так называемой футоркой) с газовой резьбой 1,5", навинчиваемой на патрубок.

Капилляр 16, соединяющий термобаллон с термометром и имеющий большую длину, закручивается в спираль с минимальным радиусом закругления и крепится скобами к доске.

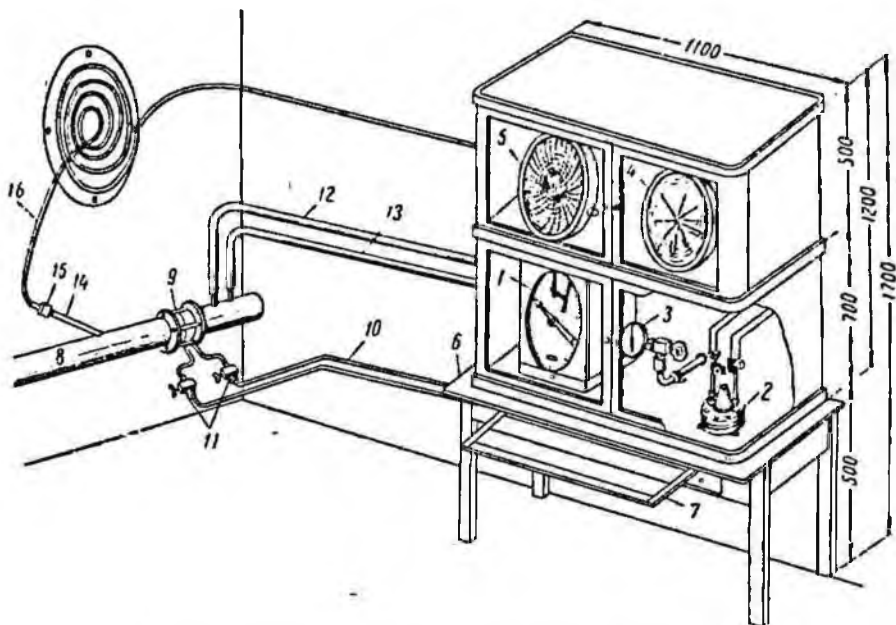


Рис. 46. Схема монтажа контрольно-измерительных приборов.

А — шнаф двухъярусный.

1 — прибор ЭПИД; 2 — дифманометр ДМ-6; 3 — манометр контрольный; 4 — манометр МГ; 5 — термометр ТГ; 6 и 7 — рабочие столы; 8 — воздушная линия; 9 — дисковая диафрагма; 10 — гибкий шланг к дифманометру; 11 — вентили; 12 — гибкий шланг к манометру; 13 — гибкий шланг к контрольному манометру; 14 — термобаллон; 15 — зажим; 16 — капилляр.

При монтаже контрольно-измерительных приборов необходимо соблюдать следующие условия:

1. Место установки и высота расположения, не затрудняющие наблюдение за показаниями приборов и их обслуживание.
2. Строго вертикальное положение.
3. Достаточное освещение.
4. Температура окружающего воздуха не менее $+10$ и не более $+60^\circ\text{C}$.
5. Применение амортизирующих устройств, во избежание встрясок и вибрации.
6. Изоляция от пыли и сырости.

Расходомер ЭПИД устанавливается в нижнем ярусе шкафа. При этом необходимы следующие условия:

1. Вблизи шкафа не должно быть агрегатов или кабелей, создающих электромагнитное поле, которое влияет на работу прибора.
2. Сечение проводов для питания — не менее 1 мм².
3. Измерительную цепь нельзя прокладывать в общем канале силовой линии.

4. После монтажа прибора и электрических цепей в редуктор реверсивного двигателя РД-09 заливать через верхнее отверстие 10 см³ масла МВП.

5. Перед включением необходимо проверять соответствие напряжения в сети и в приборе, а также правильность установки и монтажа. Для этого через 2 ч после включения прибора в сеть устанавливают его на нуль: торцовым ключом регулирует соответствующую катушку до тех пор, пока перо не станет против соответствующих отмоток шкалы и диаграммы. Если перо не дошло или перешло нулевое положение, то стрелку устанавливают на ее втулке вручную, а перо — путем вращения винта. Если стрелка не совпадает с индексом, ее следует поставить на нуль, вращая гайку рабочей индукционной катушки.

Затем проверяют по контрольной кнопке нулевую установку прибора, для чего при закрытых запорных вентилях дифманометра открывают уравнительный вентиль, и стрелка должна стать в нулевое положение. Если этого не достигается, следует снять колпачок индукционной катушки дифманометра и вращением регулировочной гайки, находящейся под катушкой, окончательно установить стрелку на нуль.

Дифманометр помещается в нижнем ярусе шкафа и крепится к дну последнего тремя шурупами. Расстояние от места, где измеряется давление, не должно превышать 50 м. При соединении дифманометра с дисковой диафрагмой надо внимательно следить, чтобы запорные вентиля диафрагмы и дифманометра, обозначенные знаком «плюс», соответствовали вентилям, обозначенным знаком «минус».

При монтаже манометра МГ необходимо соблюдать следующие условия:

1. Расстояние от места измерения до прибора должно быть минимальным.
2. Манометр крепится к задней стенке шкафа, также как и термометр.
3. Шланги соединяются с нагнетательной линией и с приборами штуцерами.
4. При резких колебаниях нагрузки в линию вводится демпфирующее устройство.
5. Резиновые шланги крепятся к стенке скобами.

Основное условие правильности показаний самопишущего термометра — полное погружение термобаллона в измеряемую среду. Для этого он снабжен жестким трубчатым хвостовиком, позволяющим погружать его на различную глубину: минимальная — 280 мм, максимальная — 555 мм.

Термобаллон вводится в специальный патрубок, который наклонно приварен к нагревательной лампе. Угол наклона должен быть направлен в сторону, противоположную движению воздуха. Термобаллон крепится специальным зажимом, надеваемым на хвостовик. Зажим имеет футорку с газовой резьбой 1,5", которая навинчивается на патрубок.

При монтаже надо внимательно следить, чтобы капилляр термобаллона не подвергался ударам, резким перегибам, могущим сузить или закупорить его канал. По всей своей длине капилляр не должен соприкасаться с каким-либо нагревательным или охлаждающим устройством, во избежание дополнительных погрешностей в показаниях прибора.

Перед включением самопишущего термометра следует проверить правильность его показаний. Для этого термобаллон погружают в среду с точно измеренной температурой и поворотом корректора подводят показания прибора на соответствующую отметку диаграммы.

Порядок пуска самопишущего устройства:

1. Установить диаграмму на диаграммодержатель так, чтобы перо находилось на ее радиальной линии, точно соответствующей времени начала работы.

2. Промыть перо и наполнить его из шпетки специальным чернилам.

3. Пустить в ход часовой механизм.

4. Закрывать крышку прибора.

При эксплуатации необходимо соблюдать следующие правила:

1. Сменять диаграмму каждые сутки, одновременно наполнять перо чернилам и по мере надобности прочищать его канал иглой.

2. Во время работы прибора крышка корпуса должна быть плотно закрыта, во избежание загрязнения и отхода пера от шкалы.

3. Заводить часовой механизм один раз в 6 суток.

4. В процессе работы термометра не допускать перегрузок: измеряемая температура должна быть не выше верхнего предела, указанного на шкале и в паспорте прибора.

5. Периодически проверять показания контрольным термометром.

Монтаж дисковых диафрагм производится следующим образом:

1. Они устанавливаются как в горизонтальном, так и в вертикальном и наклонных трубопроводах.

2. Для правильной работы диафрагм необходимо выбрать прямой участок трубопровода, чтобы избежать искажений при прохождении потока через закругления.

3. Диаметр трубопровода на всем принятом участке должен быть одинаковым.

4. Перед диафрагмой не должно быть выступающих прокладок или грубых швов, часто получающихся во время приварки фланцев.

5. Внутренний диаметр камер прибора должен быть не менее диаметра трубопровода.

6. Центр устанавливаемой диафрагмы должен строго совпадать с геометрическим центром трубопровода, иначе возможны ошибки.

7. Необходимо следить за правильной установкой диафрагмы по отношению к направлению потока: цилиндрическую расточку дроссельного отверстия устанавливать навстречу потоку воздуха, а коническую — по направлению потока.

8. Соединительные шланги прокладываются плавными изгибами и располагаются в местах, доступных для обслуживания и контроля, с уклоном не менее 1:10.

9. Длина соединительных линий от диафрагмы до первичного прибора (дифманометра) — не более 50 м.

10. По окончании монтажа места соединений концов шлангов проверяются мыльным раствором (при неплотном соединении образуются пузыри).



При транспортировке контрольно-измерительные приборы необходимо предохранять от тряски и вибрации. Каждый из них вместе с принадлежностями следует упаковывать в дощатый ящик и обкладывать мягкими матерьялами, подвижные части надежно закреплять. Для удобства переноски каждый ящик должен быть снабжен ручками. При погрузке и разгрузке необходимо соблюдать осторожность, не допускать резких толчков. При перевозке ящики тщательно укреплять и не класть друг на друга.

Приборы следует хранить в сухом вентилируемом помещении, на стеллажах.

ГЛАВА VI

ТЕХНОЛОГИЯ И РЕЖИМ БУРЕНИЯ С ПРОДУВКОЙ ВОЗДУХОМ

При выборе оптимального режима бурения с продувкой решающим фактором является количество подаваемого на забой воздуха или газа. При очистке жидкостью требуется выбрать осевое давление на забой и число оборотов снаряда, при котором достигается высокая скорость проходки, но при бурении с продувкой воздухом эти факторы теряют свое основное значение. Здесь главную роль играет эффективная очистка забоя, что зависит прежде всего от мощности компрессора.

Таким образом, скорость бурения должна согласовываться с количеством поступающего воздуха: она при этом столь велика, что нет необходимости работать при повышенном режиме. Оптимальный режим при определенной производительности компрессора тот, при котором достигается эффективная очистка забоя.

При повышенном режиме бурения можно на короткое время достигнуть высоких скоростей, но если нет достаточного количества воздуха, в скважине будет накапливаться шлам, что приведет к задержке работы.

Как показал опыт, при бурении с продувкой воздухом давление на резец твердосплавной коронки должно быть на 30—50% меньше, чем при бурении с жидкостью, а следовательно, и осевые давления намного ниже.

1. РЕЖИМ БУРЕНИЯ ТВЕРДОСПЛАВНЫМИ КОРОНКАМИ

Режим бурения зубчатыми и ребристыми коронками

Для бурения рыхлых и мягких пород I—IV категорий зубчатыми и ребристыми коронками рекомендуется, по данным практики, следующий режим (табл. 26).

Параметры	Тип коронки			
	Зубчатая	КР-1	КР-2	КР-3
Нагрузка на резец, кг	10—15	30—40	35—50	30—40
Окружная скорость коронки, м/сек	0,6—0,8	0,8—1,2	0,8—1,2	0,8—1,2

Таблица 27

Тип коронки	Скорость вращения, об/мин	Максимальная нагрузка на коронку, кг
КР-4-93	250	700
КР-4-112	250	800
КР-4-132	150	900
КР-4-151	120	1000
КР-5-93	250	700
КР-5-112	250	800
КР-5-132	150	900
КР-5-151	120	1000

Для бурения пород средней твердости (IV—VI категорий) коронками КР-4 и КР-5 рекомендуется режим, приведенный в табл. 27.

Коронки КР-1 и КР-2 широко применяются при бурении с продувкой воздухом пород до IV категории.

Новые коронки КР-4 и КР-5 показали в работе лучшие результаты. Благодаря большому выходу ребер за наружный и внутренний диаметр коронки (соответственно 10 и 5 мм) намного снижаются местные сопротивления и улучшается очистка забоя. По данным хронометражных наблюдений, проходка на одну коронку КР-5 в 1,5—2 раза больше по сравнению с коронками КР-4 и в 2—3 раза — по сравнению с коронками КР-2. Коронки КР-5 обладают высокой износоустойчивостью и, кроме того, при бурении ими намного улучшается выход керна.

Нормативно-исследовательской партией проведены хронометражные наблюдения по коронкам КР-5 и КР-4 на плато Устюрт, где в основном преобладают трещиноватые породы различной твердости. Лучшие результаты по сравнению с другими ребристыми коронками в отношении износоустойчивости, механической скорости проходки, эффективной очистки забоя и снижения потерь давлений на компрессоре показали коронки КР-5.

Режим бурения мелкорезцовыми коронками

Режим бурения пород средней твердости и твердых (VI—VIII и частично IX категорий) представлен в табл. 28.

Режим бурения самозатачивающимися коронками приведен в табл. 29.

Таблица 28

Параметры	Диаметры по резацм, мм	Тип коронки		
		СМ-1	СМ-2	СТ-1
Нагрузка на один основной резец, кг		30—50	30—40	80—120
Нагрузка на коронку, кг	132	360—600	540—720	900—1440
	112	270—450	540—720	640—960
	92	270—450	540—720	640—960
	76	270—450	360—480	480—720
Окружная скорость, м/сек		0,6—2,0	0,6—2,0	0,8—2,0

Таблица 29

Параметры	Диаметры коронки по резацм, мм	Тип коронки		
		БТ-4	БТ-45А	БК-8М
Окружная скорость коронки, м/сек		0,8—2,0	0,8—2,0	0,8—2,0
Нагрузка на один торцовый резец (штабик), кг		30—50	30—50	100—120
Нагрузка на коронку, кг	130	480—800	480—800	1200—1440
	112	360—600	360—600	1200—1440
	92	360—600	360—600	800—960
	76	240—400	240—400	800—960

Опытные данные по режиму бурения коронками новых конструкций

За последние годы широко применяются твердосплавные коронки новых конструкций для бурения пород IV—IX категорий. Эти коронки (КР-4, КР-5, СТ-1, СМ-2, БТ-4) отличаются от прежних более совершенной конструкцией, лучшим объемным и поверхностным разрушением пород. Опыт бурения такими коронками с промывкой глинистым раствором показывает, что по сравнению с коронками старых конструкций (МР-2, МР6-1 б, ОКВ-1, БТ-46, ЦКБ и БК) механическая скорость увеличивается в 2—3 раза.

В Кызылкумах проведены хронометражные наблюдения за работой коронок новых конструкций с продувкой воздухом. Бурение осуществлялось станком ЗИФ-1200А с использованием компрессора КС-9 производительностью 9 м³/мин. Всего пробурено 120 м в породах III—VII категорий, диаметром 112 мм.

Режим бурения коронками КР-4, КР-5, СТ-1 и БТ-4 приведен в табл. 30.

Из таблицы видно, что осевое давление составляет 60—70% рекомендуемого при бурении с промывкой.

Давление на компрессоре в процессе бурения не превышало 4 кг/см^2 , для коронок КР оно было минимальное, так как воздух при выходе из-под торца испытывает меньшее сопротивление за счет ребер расширителя.

Таблица 30

Марка коронок	Число оборотов снаряда в 1 мин	Осевая нагрузка, кг	Давление воздуха, кг/см^2
КР-4	128—238	350—500	2,5—2,6
КР-5	128—238	400—700	2,6—2,9
СТ-1	128—238	500—600	2,7—3,8
БТ-4	183—238	400—600	2,5—2,6

Механическая скорость бурения теми же коронками по сравнению с таковой при очистке забоя жидкостью возрастает в 2—2,5 раза.

Скорость бурения коронками новой конструкции в породах VII—VIII категорий (трещиноватые окварцованные известняки) с продувкой воздухом представлена в табл. 31.

Таблица 31

Марка коронок	Пробурено, м	Средняя проходка на одну коронку, м	Средняя механическая скорость бурения, м/ч
СТ-1М	50	5—6	2,2—2,5
СМ-2	25	2,0	1,5—1,8
СМ-1	25	2—2,5	1,8—2,0
БТ-4	15	1,5—2,0	2,0—2,2

Опыт показал, что в условиях большой трещиноватости пород наилучшие результаты дают коронки СТ-1М. Их следует применять в породах VII—VIII категорий. Коронки же БТ-4 быстро изнашиваются в трещиноватых породах.

Оптимальный режим для каждого вида пород устанавливается путем подбора рационального соотношения параметров бурения и воздуходождения.

Бурение на больших оборотах и с высоким давлением на забой целесообразно лишь в тех случаях, когда производительность компрессора дает возможность полностью очищать забой.

Контроль режима бурения осуществляется путем постоянного наблюдения за интенсивностью выноса породы на поверхность, что дает возможность судить о состоянии забоя и, следовательно, о правильно выбранном режиме. Контрольно-измерительные приборы не всегда могут сигнализировать о начинающихся осложнениях. Главным показателем нормального процесса служит непрерывный вынос породы на поверхность. Всякое нарушение свидетельствует о неблагополучии.

2. БУРЕНИЕ СПЛОШНЫМ ЗАБОЕМ

Бескernовое бурение — это один из основных резервов для повышения производительности труда на разведочных работах. Данный высокоэффективный и экономичный способ находит все более широкое применение. Он имеет огромное преимущество по сравнению с kernовым, так как дает возможность намного увеличить время чистого бурения и проходку на рейс.

Использование воздуха для очистки забоя при бурении шарошечными долотами открывает новые возможности: увеличение механической скорости и резкое снижение расхода долот. Кроме того, быстрый вынос шлама позволяет определить характер проходных пород в процессе бурения, произвести качественную и количественную оценку полезного ископаемого.

При бурении разведочных скважин сплошным забоем применяются все виды режущего инструмента, но лучшими оказались шарошечные долота.

Как показал опыт, эти долота нельзя применять для бурения по вязким и влажным глинам и рыхлым пескам, ибо в таких условиях шлам забивает промысловые отверстия, запрессовывается между зубьями шарошек и препятствует прохождению воздуха. Для бурения указанных пород рекомендуются лопастные долота, армированные крупными пластинчатыми твердосплавными резцами. В рыхлых песках лучшие результаты показали армированные зубчатые коронки.

При бурении сплошным забоем количество образующегося шлама и размеры его частиц в несколько раз больше, чем при kernовом.

Если скорости воздушного потока недостаточны, происходит отсортировка шлама по размерам; более крупные частицы остаются в скважине, а мелкие выносятся наверх. Следовательно, для полного удаления необходимы большие скорости воздушного потока и требуется гораздо больше воздуха, чем при kernовом бурении.

Для эффективной очистки забоя при недостаточной производительности компрессора рекомендуется колонковый шламоотборник со шламовой трубой (см. рис. 17).

Режим бурения шарошечными долотами

Многие авторы при выборе оптимального режима рекомендуют увеличить осевую нагрузку на долото по сравнению с той, которая выбирается в аналогичных условиях при очистке скважины раствором. Другие считают, что нагрузка на забой должна быть такой же, как при бурении с жидкостью.

Однако опыт бурения с продувкой воздухом показывает, что максимальная скорость проходки достигается при значительно меньшей нагрузке, чем при бурении с жидкостью.

Бурение при малых осевых давлениях имеет больше преимущества: увеличивается срок службы долот, улучшается очистка забоя, уменьшается величина искривления скважины.

Опыт показал также, что скорость вращения снаряда должна быть меньше, чем при бурении с жидкостью. Увеличение скорости вращения долота сопровождается до некоторого момента увеличением механической скорости проходки, но не пропорционально, а с отставанием; при некотором критическом значении числа оборотов механическая скорость перестает увеличиваться и даже начинает снижаться.

Изучение условий разрушения горных пород показало, что при увеличении числа оборотов шарошечного долота скорость соударения реза с породой увеличивается, но время пребывания реза в контакте с ней сокращается, т. е. инструмент не успевает внедриться в породу, вследствие чего только частично разрушает ее.

При бурении сплошным забоем с продувкой воздухом нет надобности работать на больших осевых давлениях и скоростях вращения снаряда, ибо при повышенных режимах требуется увеличение расхода воздуха и давления на компрессоре. Кроме того, ухудшается баланс рабочего времени, сокращается срок службы долот и снижается механическая скорость проходки. Число оборотов снаряда и давление на забой необходимо строго согласовывать с количеством воздуха, подаваемого компрессорной станцией.

При недостаточной мощности компрессора плохо очищается забой, происходит многократное перемалывание шлама, и лишь после этого воздушный поток в состоянии транспортировать тонкодисперсную породу — «муку» на поверхность. Большое количество шламовой «муки» в выкидной линии свидетельствует о ненормальной работе долота вследствие недостаточного напора воздуха.

Показатели режима бурения считаются лучшими тогда, когда из скважины в большом количестве выдуваются куски породы разных размеров и в меньшем — шламовая «мука».

Режим бурения штыревыми трехшарошечными долотами

Для разработки технологического режима бурения штыревыми трехшарошечными долотами с продувкой воздухом кафедра «Техника разведки» ТашПИ в содружестве с одной экспедицией провела эксперименты в Кызылкумах. Всего пройдено 6 скважин общим метражем 1394 м, из них в породах VII—VIII категорий 702 м, IX—X категорий — 625 м и в породах XI категории 67 м. При этом использовались стакы ЗИФ-650, компрессор КС-9 штанги 63,5 мм, утяжеленные трубы диаметром 73 мм и длиной 50 м, долота 2В-93К и 2В-112К.

В отдельных случаях осевая нагрузка на долото 2В-93К в породах XI категории доходила до 3500 кг при числе оборотов 71 в 1 мин. При этом разрушения долот не наблюдалось. В двух случаях при том же давлении, но при 156 оборотах в минуту шарошки долота 2В-93К разрушались. Поэтому число оборотов в породах X—XI категорий в дальнейшем не повышали 71 в 1 мин.

Для долот 2В-112К осевая нагрузка в породах VIII—XI категорий устанавливалась в пределах 2500—3500 кг. В породах VII—VIII и парусных породах IX категорий при увеличении осевого давления повышалась механическая скорость проходки, но оставалось большое количество шлама на забое; в результате увеличивалось давление на компрессоре и ухудшалась очистка скважины.

Средние механические скорости проходки при диаметре бурения 112 мм приведены в табл. 32.

Таблица 32

Марка и диаметр долот			
2В-93К		2В-112К	
Категория пород	Механическая скорость, м/ч	Категория пород	Механическая скорость, м/ч
VII	4,38	VII	6,70
VIII	3,17	VIII	—
IX	2,00	IX	2,10
X	1,37	X	1,41
XI	0,68	XI	0,46

Из табл. 32 видно, что оптимальные скорости бурения по одним и тем же породам достигаются при использовании долот диаметром 112 мм.

Таким образом, в породах VII—X категорий наиболее целесообразно применять штыревые долота; в породах же XI категории механическая скорость при бурении такими долотами резко снижается.

Результаты сравнения механической скорости проходки штыревыми долотами с нормами ЕНВ 1962 г. приводятся в табл. 33.

Таблица 33

Показатели	Категории пород				
	VII	VIII	IX	X	XI
Средневзвешенная механическая скорость по двум диаметрам бурения, м/ч	5,33	3,17	1,98	1,30	0,65
Механическая скорость проходки по ЕНВ 1962 г.	1,15	0,72	0,42	0,25	0,18
Увеличение механической скорости против нормы (во сколько раз)	4,6	4,4	4,7	5,3	3,5

Для установления расхода шарошечных долот в зависимости от категории пород бурение производилось до полного износа твердосплавного вооружения.

Средняя проходка на долото при бурении в породах VII—VIII категорий 6,20 м и в породах XI категории 1,26 м.

Выводы

1. Гескериевое бурение штыревыми трехшарошечными долотами с продувкой забоя воздухом высокоэффективно и экономично.

2. Средняя механическая скорость бурения штыревыми долотами по сравнению с дробовым (с промывочным раствором) увеличивается в 4,6 раза, а по сравнению с нормами СНВ 1962 г., в зависимости от категории пород, в 3,5—5,3 раза.

3. Средняя проходка на долото в породах VII—VIII категорий составляет 12,02 м, в породах IX—X категорий — 6,2 м и в породах XI категории 1,26 м.

4. Диаметр долота 112 мм и диаметр штанги 63,5 мм оказались лучшими вариантами. Потери давления при этом значительно снижаются.

3. ДРОВОЕ БУРЕНИЕ

Дробовое бурение с продувкой воздухом впервые было применено в СССР при проходке пород VIII—XII категорий. Технология его изучена еще недостаточно, поэтому при встрече пород высоких категорий переходят на бурение с промывкой.

Бурение твердосплавными коронками в сочетании с дробовым дает возможность пройти скважину с продувкой воздухом от пуля до проектной глубины независимо от категорий пород. Поэтому изучение и совершенствование бурения дробью крайне необходимо.

Особенности технологии дробового бурения с продувкой воздухом. Решающий фактор при дробовом бурении с продувкой воздухом — оптимальная подача воздуха на забой, иначе говоря, скорость восходящей струи воздушного потока в кольцевом зазоре между стенкой скважины и колпиковой трубой. Правильный подбор расхода воздуха обеспечивает очистку забоя от выбуренной породы и металлического шлама и в то же время способствует удержанию работоспособных частиц дробин под торцом коронки.

Если в шламовой трубе обнаруживаются работоспособные частицы дробин, это свидетельствует о чрезмерной подаче воздуха. Оптимальную подачу устанавливают в каждом отдельном случае опытным путем; при этом неоценимую помощь оказывают контрольно-измерительные приборы, дающие возможность в любое время судить о количестве поступающего в скважину воздуха и о состоянии забоя.

П. М. Степанов на основании расчетных данных рекомендует при проходке сухих скважин таблицу расхода воздуха в зависимости от диаметра бурения и размера дробин (табл. 34).

Зависимость механической скорости бурения от расхода воздуха. Проведены экспериментальные работы по определению влияния расхода воздуха на механическую скорость бурения чугунной дробью размерами 2,3 и 4 мм и стальной сечкой размером 3 мм — коронками 110 мм в породах IX и X категорий. Рейсовая засыпка чугуна-

Наружный диаметр коронки, мм	Расход воздуха при бурении дробью, м ³ /мин							
	чугунной				стальной сечкой			
	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 2, 5	№ 3	№ 3, 5	№ 4
150	<u>1,55</u>	<u>2,10</u>	<u>2,65</u>	<u>3,20</u>	<u>1,90</u>	<u>2,20</u>	<u>2,50</u>	<u>2,80</u>
	<u>0,95</u>	<u>1,20</u>	<u>1,55</u>	<u>1,70</u>	<u>1,15</u>	<u>1,25</u>	<u>1,40</u>	<u>1,60</u>
130	<u>1,25</u>	<u>1,75</u>	<u>2,25</u>	<u>2,75</u>	<u>1,45</u>	<u>1,85</u>	<u>2,05</u>	<u>2,40</u>
	<u>0,75</u>	<u>1,00</u>	<u>1,20</u>	<u>1,40</u>	<u>0,90</u>	<u>1,00</u>	<u>1,15</u>	<u>1,25</u>
110	<u>1,00</u>	<u>1,40</u>	<u>1,85</u>	<u>2,25</u>	<u>1,25</u>	<u>1,45</u>	<u>1,70</u>	<u>1,90</u>
	<u>0,55</u>	<u>0,75</u>	<u>0,95</u>	<u>1,15</u>	<u>0,65</u>	<u>0,80</u>	<u>0,90</u>	<u>0,95</u>
91	<u>0,85</u>	<u>1,20</u>	<u>1,55</u>	<u>1,90</u>	<u>1,05</u>	<u>1,25</u>	<u>1,40</u>	<u>1,60</u>
	<u>0,50</u>	<u>0,65</u>	<u>0,80</u>	<u>0,95</u>	<u>0,55</u>	<u>0,65</u>	<u>0,75</u>	<u>0,85</u>

Примечание. В числителе указан расход воздуха в начале рейса, в знаменателе — в конце.

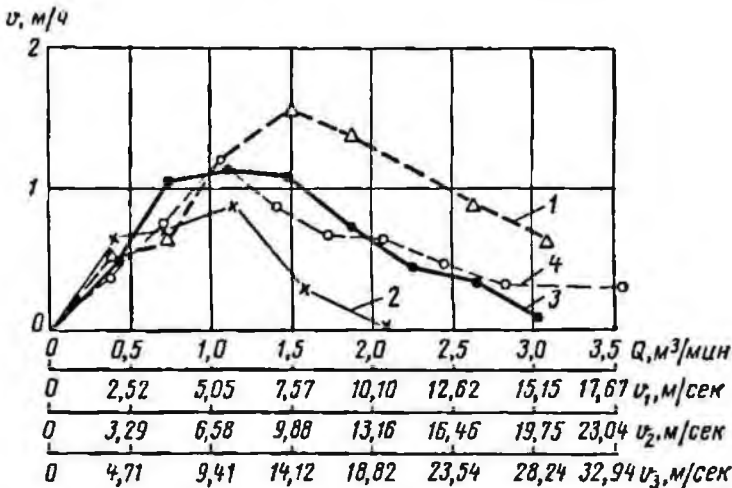


Рис. 47. Зависимость механической скорости проходки от расхода воздуха при различных видах и размерах дробей.

v_1 — при стальной дробь-сечке (кривая 4) и чугунной дробь № 4 (кривая 1); v_2 — при чугунной дробь № 3 (кривая 3); v_3 — при чугунной дробь № 2 (кривая 2).

ной дробь — 11 кг, стальной — 3 кг; давление на забой для чугунной дробь — 750 кг, для стальной — 1000 кг. Скорость вращения во всех случаях 153 об/мин.

Зависимости механической скорости бурения от расхода воздуха при разных видах и размерах дробь (по данным литературы) приведены в табл. 35 и на рис. 47.

Лучшие результаты по механической скорости достигнуты при бурении чугунной дробью № 4, расходе воздуха 1,5 м³/мин и скорости восходящего потока 7,57 м/сек.

Дробь	№ дробл	№ кривой	Расход воздуха, м ³ /мин	Скорость восходящего потока, м/сек	Механическая скорость бурения, м/ч
Стальная сечка	4	4	1,2	5,25	1,2
Чугунная	4	1	1,5	7,57	1,6
Чугунная	3	3	1,2	6,78	1,2
Чугунная	2	2	1,2	9,61	0,8

Примечание. № кривой — см. рис. 47.

При чугунной дроби № 2 проходка полностью прекращается, если расход воздуха равен 2 м³/мин; при бурении же стальной дробью 3 мм и чугунной 4 мм проходка с пониженной скоростью продолжается при 3,5 м³/мин.

И т а н о з а б о я д р о б ь ю. При дробовом бурении с продувкой применяют те же способы питания забоя, что и при бурении с промывкой: рейсовое, периодическое и с засышкой крупными порциями. Основным видом питания следует считать рейсовое, а в трещиноватых породах целесообразно периодическое.

Дробь применяется чугунная, стальная литая и стальная сечка. Последняя изготавливается из стальной проволоки марок 60, 70, УВ, У8, ОВС и канатной МПТУ диаметром 3 мм. Стальная дробь-сечка имеет большое преимущество перед чугунной: увеличивается механическая скорость бурения (в результате повышения осевой нагрузки) и значительно сокращается расход дроби на 1 м проходки.

Р а з м е р д р о б и существенно влияет на производительность бурения. Как показал опыт, чугунную дробь целесообразно применять крупных размеров, так как за счет увеличенного зазора в кольцевом пространстве улучшаются условия очистки забоя от шлама. Дробь-сечку при бурении с продувкой воздухом следует применять размером не менее 3 мм, а чугунную — от 4 до 4,5 мм.

Для бурения трещиноватых пород рекомендуем смесь стальной сечки и чугунной дроби в соотношении 1 : 1 и 1 : 2.

Колонковый снаряд для дробового бурения состоит из коронки длиной 500 мм, колонковой трубы 1,5—2 м, тройного переходника и шламовой трубы длиной не менее 3,5—4 м. Рекомендуемая длина шламовой трубы, независимо от геологического разреза, гарантирует хорошую очистку забоя. Для быстроты очистки целесообразно использовать разъемные шламовые трубы. Дробовые коронки изготавливаются из стали марки 40Х, вырез делают наклонным (под углом 65—70° к горизонту) при ширине, равной 1/5 средней окружности торца коронки, и высоте 120 мм. Толщина тела стандартных коронок 10—12 мм.

Улучшение существующих и разработка новых конструкций дробовых коронок могли бы намного повысить производительность бурения с продувкой воздухом.

Опытные данные

В 1957—1958 гг. в Хибиногорской ГРП СЗГУ впервые проведено опытное бурение дробью с очисткой забоя воздухом. Положительные результаты определили пути дальнейшего исследования и создали уверенность в возможности использования такого метода.

Бурение осуществлялось стальной сечкой в породах IX—XI категорий станками ЗИФ-300 и ЗИФ-650, штапгами диаметром 50 мм и коронками 110 мм. Воздух подавался от компрессора ДК-9.

В процессе работы установлено, что при излишней подаче воздуха дробь выносится из-под торца коронки в шламовую трубу, и через каждые 10 м углубки по сухим породам давление на компрессоре повышается на 0,1—0,15 кг/см². При появлении воды в скважине оно резко возрастает. Все виды осложнений при встрече с водопроявлениями, какие бывают при бурении твердосплавными коронками, имели место и при бурении дробью.

Баланс рабочего времени при дробовом бурении с продувкой и промывкой приведен в табл. 36.

Таблица 36

Показатели	Вид бурения	
	с промывкой	с продувкой
Время чистого бурения, %	56,0	62,1
Вспомогательные операции, %	28,5	28,6
Прочие работы, %	15,5	9,3
Механическая скорость проходки, м/ч	0,45	0,60
Расход дроби, кг/м	5,3	4,7
Износ коронок, см/м	3,4	3,0
Проходка на станко-смену, м	2,02	2,78
Стоимость, руб.	39,7	27,8

Механическая скорость при бурении дробью с продувкой воздухом, как и с промывкой, зависит от осевого давления на забой, число оборотов коронки, количества подаваемого воздуха и качества дроби. Осевую нагрузку на коронку определяют, исходя из удельного давления на 1 см² рабочей площади коронки, за вычетом выреза.

При бурении стальной сечкой удельное давление следует поддерживать в пределах 35—40 кг/см², чугунной — от 25 до 30 кг/см². Выявлен характер зависимости механической скорости от числа оборотов снаряда, удельного давления на коронку и расхода воздуха. До некоторого предела рост механической скорости прямо пропорционален увеличению осевого давления на забой, а при постоянном давлении почти прямо пропорционален корню квадратному из числа оборотов снаряда.

Бурение с водопроявлениями. В начальный момент вскрытия водопесных пород с незначительным притоком режим бурения нарушается. Подъем породы полностью прекращается вследствие образования на забое крупноагрегатного шлама, что ведет к сальникообразованию. При дальнейшем быстром увеличении притока воды восстанавливается нормальный режим бурения. Если же приток увеличивается очень медленно, необходимо долить в скважину воды с таким расчетом, чтобы над снарядом образовался столб воды высотой до 10 м. Такой столб способствует образованию на забое шламовой эмульсии, которая потом легко поступает в шламовую трубу. С увеличением столба воды давление растет. При гидростатическом давлении до 5—6 кг/см² и подаче строго определенного количества воздуха нормальный процесс бурения не нарушается и дробь не выносятся из-под торца коронки.

Если водяной столб в скважине слишком высок, его перед началом бурения снижают до нужной величины. Дробь засыпают через штанги, приподняв снаряд над забоем. Перед заклинкой керн подают максимально возможное количество воздуха — для лучшей очистки скважины от шлама.

Таблица 37

М скважины	Характеристика пород	Категория пород	Проходка за 1 ч чистого бурения, м	Выход керна, %
4	Известняк серый трещиноватый с гнездами кальцита	VIII	1,85	35
3	Известняк серый с охристыми прожилками и гнездами белого кальцита, плотный, массивный	IX	0,85	80
3	Известняк серый монолитный с гнездами белого кальцита и дендритами марганца	IX	1,18	91
3	Известняк розовато-серый с прожилками, плотный, монолитный	IX	1,35	80
3	Известняк серовато-розовый с включением кальцита, сильно трещиноватый	IX	1,45	70
3	Известняк серый плотный монолитный	IX	0,80	95
8	Известняк серый с мелкими прожилками кальцита, трещиноватые	IX	1,30	40
8	Плотный известняк серый с прожилками дендрита марганца	IX	1,10	50
8	Известняк серый с прожилками кальцита и дендрита марганца, плотный	IX	1,15	45,2
8	Известняк серый, плотный, трещиноватый	IX	0,95	42,2
	Средняя проходка в породах IX категории		1,0	43,5
8	Сильно окварцованные известняки серые, плотные	XI	0,55	45

В Ирпсуйской ГРП КазССР кафедрой «Техника разведки» ТашПИ пробурено дробью с продувкой воздухом три экспериментальные скважины (скв. 8, 4 и 3) станками ЗИФ-300 при помощи компрессора КД-9. Буровой снаряд состоял из колопковой трубы длиной 1,5 м и шламовой — 3,5 м. Бурение на отдельных интервалах сопровождалось небольшими водопритоками. По мере увеличения столба воды периодически производили очистку скважины от накопившегося шлама, чтобы избежать налипания.

Данные о геологическом разрезе и проходке в 1 ч чистого бурения приведены в табл. 37.

Для сравнения скорости проходки с разными промывочными агентами приводим среднюю проходку в час чистого бурения по категориям пород (табл. 38).

Таблица 38

Категория пород по ЕНВ	Воздух		Промывочный раствор	
	проходка за 1 ч чистого бурения, м	выход керна, %	проходка за 1 ч чистого бурения, м	выход керна, %
VIII	1,85	35	1,22	51
IX	1,06	73	0,86	70
XI	0,55	80	0,40	75

Данные по режиму бурения для чугунной и стальной дробисечки, полученные на экспериментальных скважинах при диаметре бурения 110 мм, буряльных труб 50 мм, расходе воздуха до 2 м³/мин и рейсовом питании забоя, приведены в табл. 39.

Таблица 39

Категория пород по ЕНВ	Дробь	Засыпка дроби за рейс, кг	Расход дроби на 1 м, кг	Режим бурения		
				осевое давление, кг/см ²	число оборотов снаряда в 1 мин	давление на компрессор, кг/см ²
IX	Чугунная	6—8	5—6	650	102—182	2,2—2,8
XI	Стальная сечка	2—2,5	1,2—1,5	750—800	102—182	2,2—2,8

Технология бурения. Решающую роль при дробовом бурении с продувкой воздухом играет оптимальная подача его на забой, или скорость восходящей струи воздушного потока. Если она правильно подобрана, достигается эффективная очистка забоя от выбуренной породы и металлического шлама; но эту скорость не следует превышать, иначе будут выноситься наружу работоспособные частицы дроби.

Подача воздуха регулируется благодаря контрольно-измерительным приборам.

Опытное бурение в Кызылкумах. Кафедрой «Техника разведки» ТашПИ в содружестве с одной из экспедиций

было организовано опытное бурение скважины дробью с продувкой воздухом под углом 83° . Геологический разрез представлен твердыми окварцованными породами, которые переслаиваются сильно трещиноватыми породами и слабо окварцованными сланцами. Встретились два интервала проявления трещинных вод с незначительным дебитом (менее $0,5$ л/мин). Столб воды достигал высоты $3-5$ м.

До глубины 44 м бурили диаметром 110 мм, а далее до 161 м — диаметром 91 мм. Ствол скважины от $37,5$ до 161 м пройден без крепления.

Оптимальный режим бурения представлен в табл. 40.

Таблица 40

Диаметр бурения, мм	Категория пород по ЕНВ	Режим бурения			Соотношение дробы стальной и чугунной
		осевое давление, кг/см ²	число оборотов снаряда в 1 мин	расход воздуха, м ³ /мин	
91	VII—VIII	600—650	153	1,2—1,7	1 : 3
	IX	650—800	153	1,2—1,7	1 : 2
	X	700—750	153	1,2—1,7	1 : 1
	XI	750—800	153	1,2—1,7	1 : 1
110	VII—VIII	650—700	153—277	1,3—1,9	1 : 3
	IX	750—800	153	1,3—1,9	1 : 2
	X	750—800	153	1,3—1,9	1 : 1
	XI	800—850	153	1,3—1,9	1 : 1

Для получения сравнительных показателей механической скорости и расхода дробы при бурении с продувкой и с промывочным раствором проведено 70 хронометражных наблюдений. Сводные данные приводятся в табл. 41.

Таблица 41

Категория пород по ЕНВ	Средняя механическая скорость, м			Средняя рейсовая проходка, м		
	с продувкой	с промывочной	увеличение, %	с продувкой	с промывочной	увеличение, %
V—VIII	1,98	1,15	71	2,45	1,63	50
IX	0,87	0,55	58	1,32	1,12	18
X	0,54	0,32	69	0,93	0,89	5
XI	0,21	0,21	—	0,45	0,36	3

Для сравнения скорости проходки с нормативными данными приводим табл. 42.

Как видно из табл. 41 и 42, механическая скорость бурения с продувкой больше, чем с раствором, в $1,7-1,5$ раза и больше нормативной в $1,8-1,1$ раза.

Сравнительные данные по расходу дробы на 1 м бурения приведены в табл. 43.

Таблица 42

Категория пород по ЕНВ	Механическая скорость чистого бурения, ч		Увеличение, %
	фактическая	нормальная	
VII—VIII	1,98	1,33	48
IX	0,87	0,86	1
X	0,54	0,30	80
XI	0,21	0,19	10

Таблица 43

Категория пород по ЕНВ	Расход дроблн на 1 м				% к расходу дроблн на 1 м при бурении с промывкой	
	с продувкой		с промывкой		стальная сечка	чугунная
	стальная сечка	чугунная	стальная сечка	чугунная		
VII—VIII	0,60	1,66	0,89	2,53	67	66
IX	1,52	1,05	2,37	4,29	64	48
X	2,01	2,24	3,61	3,00	56	74
XI	5,08	4,76	12,50	7,10	41	67

Как видно из табл. 43, во всех случаях расход чугунной дроблн и стальной сечки на 1 м при бурении с продувкой составляет 40—70% расхода дроблн при бурении с промывкой.

Влияние размера дроблн на скорость проходки. В процессе опытных работ исследовано влияние размера и материала дроблн на скорость проходки. Результаты приведены в табл. 44.

Таблица 44

Интервал бурения, м	Порода	Категория пород ЕНВ	Проходка на станко-смену			
			чугунная дробль № 2, 5	чугунная дробль № 3 и 4	смесь стальной дроблн с чугунной	
					1:1	1:2
50—60	Сильно окварцованные кремнистые сланцы	XI	—	0,70—0,80	1,20	1,00
60—70	Кварциты	XI	—	0,65	0,90	0,80
70—80	Кремнистые сланцы .	X	—	1,40—1,20	2,00	1,40
100—110	Окварцованный сланец	IX	1,90—1,60	2,40—2,00	—	—
120—130	То же	IX	1,30—1,00	2,60—2,00	—	—
140—150	Кремнистые сланцы .	IX	0,70—0,50	1,80—1,20	—	—

Как показал опыт, при бурении мелкой дробью № 2 уменьшается зазор между стенкой скважины и колонковой трубой. При тех же расходах воздуха, но при бурении дробью № 3 скорость восходящей струи воздушного потока увеличивалась; в результате происходил вынос мелкой дроби и ее работоспособных частиц с забоя и скорость проходки значительно снижалась. При уменьшении расхода воздуха ухудшалось охлаждение коронки и торец ее завальцовывался.

Питание забоя дробью было в основном рейсовое, а при бурении трещиноватых пород — периодическое: в начале рейса засыпали 6—8 кг дроби, а затем по 1,5—2 кг через 20—30 мин чистого бурения. В трещиноватых породах при периодическом питании скорость проходки оказалась выше, чем при рейсовом.

Данные о засышке дроби на рейс приведены в табл. 45.

Таблица 45

Диаметр бурения, мм	Дробь	Засыпка на рейс, кг
110	Смесь стальной сечки и чугуной 1:1 и 1:2	12—16
91	То же	7—9
91	Чугунная	8—12

Основные выводы

1. Дробовое бурение с очисткой забоя воздухом возможно как в сухих породах, так и с водопроявлениями.
2. При достаточной подаче воздуха бурение с небольшим столбом воды в скважине не представляет особых затруднений.
3. Незначительный приток воды не вызывает сальпикообразования и опасности прихвата снаряда. Необходимо только постоянно поддерживать столб воды на 7—10 м выше бурового снаряда.
4. При правильно выбранной длине шламовой трубы, постоянном наблюдении за количеством шлама на забое, которое должно быть минимальным, опасность прихвата снаряда исключается. Осложнения, вызванные образованием сальпиков, при указанных условиях значительно реже, чем при других видах бурения с продувкой воздухом.
5. Решающую роль при дробовом бурении с продувкой воздухом играет оптимальная подача воздуха, которую можно установить при помощи расходомера и манометра, а при отсутствии их — опытным путем, по выносу работоспособной дроби.
6. Большие водопритоки в скважине при высоком статическом уровне неблагоприятны для дробового бурения с воздухом.
7. Расход воздуха и давление на компрессоре при бурении дробью значительно меньше, чем при других видах режущего инструмента и при тех же диаметрах и глубинах.

8. В породах VII—XI категорий механическая скорость при дробовом бурении с продувкой воздухом в 1,7—1,5 раза выше, чем с промывкой раствором.

9. Расход стальной сечки и чугунной дроби на 1 м при бурении с продувкой составляют 40—70% расхода при бурении с промывкой.

Проведенные экспериментальные работы дают все основания рекомендовать дробовое бурение с продувкой воздухом в породах высоких категорий.

4. БУРЕНИЕ АЛМАЗНЫМИ КОРОНКАМИ

К концу 1970 г. намечается технический прогресс в бурении за счет широкого использования алмазных коронок. Это дает возможность увеличить по сравнению с дробовым бурением механическую скорость в 3 раза и длину рейса в 2 раза.

Метраж алмазного бурения к 1970 г. должен составить 30% общего объема, ибо выпуск таких коронок из года в год резко повышается.

Достигнутые скорости бурения мелкоалмазными коронками можно многократно увеличить при переходе на очистку забоя воздухом. Изучение технологии бурения алмазными коронками с газоздушнoй продувкой в СССР и за рубежом сильно отстает от других видов.

Растущий объем работ обязывает широко изучать технологию бурения мелкоалмазными коронками с продувкой воздухом как один из самых перспективных методов в породах высоких категорий.

Первая скважина наружным диаметром 95 мм пробурена алмазными коронками с продувкой воздухом в 1956 г. в США на урановом месторождении Колорадо. Скорость против бурения с водой возросла в 2,5—3 раза, а проходка на одну коронку в породах средней крепости составила 240—250 м.

Затруднения возникали вследствие малого кольцевого зазора между колонковой и обсадными трубами. Подъем шлама происходил с большим сопротивлением, что ухудшало охлаждение коронки и снижало механическую скорость. При увеличении кольцевого зазора путем использования нестандартной коронки диаметром 79,4 мм и колонковой трубы 73 мм, с кольцевым зазором 3,2 мм на сторону улучшилась очистка забоя и повысилась механическая скорость.

Сравнение результатов показало, что механическая скорость бурения при очистке забоя воздухом в 3 раза выше, чем с промывкой глинистым раствором в аналогичных условиях.

Одним из недостатков, как отмечают зарубежные авторы, является эрозия корпуса коронки вследствие большой скорости воздуха, песущего абразивные частицы шлама. Для предохранения коронки от преждевременного износа необходимо уменьшить вихревое движение, расширив площадь каналов для свободного прохода воздуха.

Из зарубежной практики описывается работа коронки В-946, применявшейся на бурении двух скважин с продувкой газом. На

Таблица 46

№ скважины	Тип коронки	№ коронки	Пробурено, м	Выход зерна		Средняя механическая скорость бурения, м/ч	Расход алмазов в каратах		Режим бурения			Примечание
				м	%		по норме	фактически	нагрузка, кг	число оборотов шнека в 1 мин	давление воздуха, кг/см ²	
287	МВ1 ВП	26 670	2,3	1,2	58,0	0,60	1,381	7,3	600—700	300	3—4	Коронка осталась в скважине
287	МВ1 ВП	26 670	5,1	1,15	22,5	0,80	3,264	7,3	700	300	2—3	С применением ПАВ
287—271	МВ1 ВП	26 678	22,9	18,1	79,0	1,5	14,579	7,3	500—600	300	3—4	То же
282	МВ1 ПП	51 138	6,8	5,8	82,0	0,61	3,095	7,3	650	300	2,5—3,5	*
267	МВ1 ВП	26 671	5,6	5,2	93,0	0,78	3,654	7,3	500—600	300	2,5—3,5	С применением ПАВ
275	МВ1 ВП	26 723	16,6	14,0	84,0	1,3	10,165	7,3	600	300	2—2,5	То же
287	МВ1 ВП	26 696	8,9	7,6	85,0	0,42	6,497	7,3	600	300	2—3	*
287	МВ1 ВП	26 721	10,5	8,3	80,0	0,47	6,9	7,3	500—600	300	2,5—3,5	*

глубине 1467 м коронкой пробурено в первой скважине 55,5 м, во второй — 59,8 м. Таким образом, в общей сложности коронка прошла 115,3 м со средней скоростью 3,9 м/ч. Осевая нагрузка составила 1300 — 1800 кг, при числе оборотов 85—100 в 1 мин. Давление воздуха колебалось от 21 до 26 кг/см², расход воздуха — 45 м³/мин.

В Советском Союзе с 1957 г. в небольших масштабах производилось экспериментальное бурение алмазными коронками с продувкой воздухом в Алмалыкской и Эге-Хайской ГРП, Степной и Комсомольской экспедициях, в Якутском геологическом управлении.

В Алмалыкской экспедиции испытано 5 коронок, но ни одна из них не доведена до полного износа. Все они раньше времени выходили из строя вследствие недостаточного охлаждения.

Опыт показал, что существующие конструкции алмазных коронок не отвечают условиям бурения с продувкой воздухом, так как быстро выходят из строя. Но несмотря на это, достигнута высокая механическая скорость сравнительно с бурением в аналогичных условиях с промывочной жидкостью.

В табл. 46 приводятся опытные данные партии новой техники треста «Ташкентгеология» по бурению мелкоалмазными коронками с продувкой воздухом в Устарасайской ГРП в породах IX—XI категорий, диаметром 59 мм. Бурение производилось станком БСК-2-100, штангами диаметром 33,5 мм. Разрез представлен кварцкарбонатными трещиноватыми породами X—XI категорий. Для борьбы с водопроявлениями применялись растворы ПАВ: ОП-10 и этилауролю ВС/8.

В табл. 47 представлены сравнительные данные по бурению с продувкой и промывкой.

Таблица 47

Метод бурения	Пробурено, м	Механическая скорость бурения, м/ч		Проходка на одну коронку, м	Расход алмазов (караты) на 1 м
		фактически	по нормам СНБ		
С промывкой	441	0,46	0,25	14	0,614
С продувкой:					
а) без применения ПАВ	30,30	0,63	0,37	6,06	1,205
б) с применением ПАВ	48,40	1,24	0,35	16	0,456

Из табл. 47 видно, что при бурении с продувкой воздухом без применения ПАВ механическая скорость увеличилась против бурения с промывкой в 1,3 раза, а с применением ПАВ — в 2,7 раза.

Лучшие результаты достигнутые по всем показателям при продувке воздухом с применением ПАВ.

Спаряд для алмазного бурения состоит из коронки с кернорвателем, расширителя, колонковой трубы и двой-

ного переходника. Наилучшими диаметрами коронок надо считать такие, когда имеется большой кольцевой зазор между корошкой и стенками скважины — для беспрепятственного подъема шлама. Зарубежные авторы Гаррикс и Джексон полагают, что для лучшего распределения потока по торцу и боковой поверхности алмазов надо, чтобы коронка имела большое число промывочных каналов с малым поперечным сечением. При больших промывочных каналах не достигается равномерное охлаждение всего корпуса.

Режим бурения. Малый опыт бурения алмазными коронками с продувкой воздухом не позволяет привести режимные параметры (осевое давление и число оборотов). Поэтому до получения соответствующих данных можно руководствоваться теми же режимами, как при бурении алмазными коронками с промывочной жидкостью. Принятые параметры должны обеспечивать максимальную механическую скорость, наименьший расход коронок и хороший выход керна. Для практического руководства можно использовать данные, приведенные в табл. 47.

Осевую нагрузку при бурении мелкоалмазными коронками устанавливают в зависимости от твердости пород и количества алмазов в рабочей части коронки. По мере затупления резцов осевое давление надо постепенно увеличивать, к концу работы — почти в два раза.

Рекомендуемый режим бурения одностойными коронками приведен в табл. 48.

Таблица 48

Показатели	Породы	Категория пород	Диаметр коронки, мм			
			38	48	59	76
Осевая нагрузка, кг	—	VII—VIII	100—250	150—300	250—500	300—600
		IX—X	200—400	250—500	350—700	450—900
Скорость вращения, об/мин .	Монолитные Трещиноватые и разрушенные	VII—VIII	800—350	650—250	500—200	400—150
		IX—X	650—250	600—200	400—150	300—125
		VII—VIII	500—250	400—200	300—150	200—100
		IX—X	400—200	300—150	200—100	150—75

Размеры элементов бурового снаряда (мм) при алмазном бурении указаны в табл. 49.

Число оборотов коронки — это один из основных параметров алмазного бурения. При подземном бурении неглубоких скважин оно может достигать более 3000 в 1 мин, но при бурении разведочных скважин не превышает 600—700 в 1 мин. При увеличении числа оборотов буровые трубы испытывают все виды напряжения, которые создают продольные и поперечные колебания — вибрацию. Вибрация нарушает процесс работы, буровая колонна испытывает большие перегрузки и другие ненормальности.

Таблица 49

Диаметр коронки, мм	Диаметр, мм		Бурильные трубы	
	колонковой трубы	обсадных труб	диаметр, мм	тип соединения
36/22	34/27	44/36,5	33,5	Испшельное » » Замковое
46/31,5	44,0/36,5	57/49,5	42,0	
59/44	57/49,5	73/65,0	50,0	
76/60	73/65,5	89/81	50,0	
93/77	89/81	108/99,5	63,5	Испшельное Замковое

При выборе числа оборотов спаряда в первую очередь надо исходить из надежности колонны. Она должна подвергаться незначительному поперечному изгибу, а ее диаметр — иметь малое соотношение с диаметром скважины.

Рекомендуемые режимы бурения для многослойных и импрегнированных коронок по монокристаллическим, трещиноватым и разрушенным породам приведены в табл. 50.

Таблица 50

Показатели	Категория пород по буримости	Диаметр коронки, мм			
		36	46	59	76
Скорость вращения, об/мин	IX—X	1000—500	800—400	500—300	500—250
	XI—XII	800—400	650—325	500—250	400—200
	IX—X	600—325	500—250	400—200	300—150
	XI—XII	450—250	350—200	250—150	200—100
Осевая нагрузка, кг	IX—X	250—500	300—600	500—1000	600—1200
	XI—XII	350—600	500—800	700—1200	840—1400

Скорость восходящей струи. По данным Б. С. Филадова, скорость восходящей струи воздуха в кольцевом пространстве между стенками скважины и бурильными трубами должна быть 6—8 м/сек. Площадь кольцевого сечения для коронок от 93 до 50 мм составляет 20—30 см². Следовательно, расход воздуха, необходимый для указанной скорости струи, должен равняться 2—3 м³/мин.

Опыт бурения коронок 59 и 76 мм показывает, что при расходе воздуха 3—4 м³/мин очистка забоя от шлама и охлаждение коронок происходят вполне нормально.

Вибрация. Скорость алмазного бурения растет пропорционально скорости вращения коронки. Однако при больших скоростях увеличивается число поломок бурильных труб, повышается износ коронок, уменьшается выход керна, ускоряется износ бурового станка. Все это происходит в результате вибрации, которая чаще возникает при больших оборотах и вызывается многими причинами. До сих пор это явление изучено недостаточно и нет эффективных мер борьбы с ним.

Причины вибрации: 1) повышенное число оборотов буровых труб; 2) пульсация сжатого воздуха в штанге вследствие несвободного выхода воздушного потока; 3) использование погнутой штанги и колонковых труб; 4) несоответствие диаметра буровых и колонковых труб диаметру скважины; 5) недостаточная смазка буровых труб; 6) искривление скважины.

Для борьбы с вибрацией рекомендуются следующие мероприятия:

1) антивибрационная смазка буровых труб; 2) использование прямых буровых и колонковых труб; 3) применение коронок только нормального диаметра; 4) прочное крепление станка на фундаменте; 5) наварка на переходник колонковой трубы центрирующих ребер; 6) максимальный диаметр буровых штанг для принятого диаметра скважины.

Основные положения при бурении алмазными коронками

Подготовка вышки. Вышка должна быть чистой опрятной, с деревянным полом из плотно пригнанных досок и шпунт. Необходимо хорошее освещение, особенно у места выброса шлама из выкидной трубы, чтобы мастер мог контролировать интенсивность выноса породы. Устье скважины на время перерыва в работе плотно закрывается металлической крышкой. Необходимо иметь верстак, тиски с медными или свинцовыми плашками, металлический ящик с ячейками для алмазного инструмента и отдельный шкаф — для слесарного. Буровой снаряд, колонковые трубы и штанги должны быть прямолинейными. В процессе бурения надо систематически проверять их состояние, не допуская искривлений.

Станки рекомендуются шпиндельного типа любой конструкции, работающие на больших скоростях, с дифференциальной или гидравлической подачей, обязательно исправные и оснащенные контрольно-измерительными приборами. Все эти приборы и воздушные линии должны находиться у пульта управления. Во избежание вибрации труб, станок целесообразно установить на бетонном фундаменте. Предварительно следует тщательно проверить станок и устранить замеченные недостатки.

Забуривание производится твердосплавной коронкой, наружный диаметр которой должен соответствовать диаметру мелкоалмазной коронки, предназначенной для дальнейшей проходки. При этом на устье скважины устанавливается временный преентор. Когда глубина окажется больше длины колонковой трубы, устье скважины обсаживают кондуктором с фланцем для крепления тройника постоянного преентора с диффузором. Кондуктор необходимо строго отцентрировать и зацементировать.

Чтобы сохранить заданное напряжение скважины, забуривание производится на малом осевом давлении и числе оборотов. Если с поверхности начнутся очень крепкие породы, скважину забуривают многослойной алмазной коронкой.

Сборка и спуск снаряда. Коронку перед спуском тщательно осматривают, замеряют штангенциркулем наружный и внутренний диаметры и результаты записывают в буровой журнал. Для навививания и свичивания коронок применяются ключи «полумесяц» или короночные клещи.

Все соединения колонкового снаряда должны быть плотными, во избежание утечки воздуха, с пеньковой подмоткой. После подготовки снаряда на колонковую трубу навививают алмазную коронку. Забой перед спуском снаряда необходимо тщательно очистить от керна, металлических предметов и осколков твердых сплавов. Оставшийся в скважине керн извлекают твердосплавной коронкой; при небольшом количестве его разрушают крестовым долотом и выдувают воздухом.

Спуск и подъем снаряда производится плавно, с большой осторожностью, без резких толчков. Колонковую трубу с коронкой и расширителем направляют руками, чтобы коронка не ударилась о твердые предметы. Не доведя снаряд на 1—1,5 м до забоя, включают компрессор и очищают забой сжатым воздухом. Затем через шпindel, с разгрузкой веса, снаряд осторожно ставят на забой.

Бурение начинается на самых малых оборотах и давлениях. После того как коронка всей своей торцовой поверхностью начнет разрушать породу, устанавливается соответствующий режим для данных условий. В процессе работы не следует отрывать коронку от забоя.

При значительном уменьшении количества воздуха, поступающего на забой, что обычно сопровождается повышением давления в магистрали и уменьшением выхода пыли из выкидной линии, бурение необходимо остановить во избежание «прижога» коронки, и поднять снаряд. При бурении по малоабразивным породам мелкоалмазные коронки могут «зашлифовываться», и скорость проходки уменьшается. Для восстановления работоспособности коронки целесообразно затачивать ее с помощью пескоструйного аппарата, используя сжатый воздух от компрессора.

Подъем керна. Перед заклиниванием керна скважину продувают для полной очистки от шлама, с максимальной подачей воздуха в течение 10—15 мин. Заклинивание осуществляется с помощью кернорвателя или битого фарфора, черного стекла или кварца с частицами размером 1,5—2,5 мм. Засыпку в буровые трубы производят небольшими порциями, сначала крупного, а затем мелкого материала в количестве 150—200 см³. Отрыв керна производится путем кратковременного вращения (2—3 оборота). При развинчивании снаряда недопустимы резкие удары по штанге, во избежание выпадения керна.

Подняв снаряд, осматривают коронку, замеряют диаметр и высоту матричного кольца, осматривают расширитель. Результаты замеров записывают в буровой журнал. Изучение работы коронок дает возможность установить правильный режим бурения.

Износ алмазов в однослойных коронках и расширителе не должен превышать по диаметру 0,25—0,40 мм. Многослойную коронку снимают с работы при износе на 0,35—0,40 мм. При бурении импрегнированными коронками допускается их полная обработка, если подрезные алмазы в хорошем состоянии.

5. БУРЕНИЕ С АЭРИРОВАННОЙ ЖИДКОСТЬЮ

Бурение с аэрированной жидкостью широко применяется в тех случаях, когда продувка воздухом в определенных геологических условиях не дает должного эффекта: при водопроявлениях и в зонах с катастрофическим поглощением промывочной жидкости.

Практика бурения с аэрированной жидкостью показала, что при этом увеличиваются механическая скорость и проходка на долото.

В СССР впервые в 1962—1964 гг. в Баку, на промыслах имени 26 бакинских комиссаров, где разрезы характеризуются зонами катастрофических поглощений, были пробурены три скважины глубиной 600—1000 м с промывкой аэрированным глинистым раствором. В дальнейшем этот вид бурения успешно применялся в подобных условиях Ставропольской конторой бурения и объединением Краснодарнефть. Трест Туймазабурнефть совместно с ВНИИБТ проводит эксперименты по использованию аэрированной жидкости при работе электробурами и турбобурами. Турбинное бурение с промывкой аэрированной жидкостью применялось Волгограднефтегазразведкой совместно с ВНИИНГ на Шляховской площади.

Сущность очистки забоя аэрированной жидкостью заключается в одновременном подпитании в скважину воздуха и жидкости — с помощью компрессора и буровых насосов. В качестве жидкой фазы, кроме глинистого раствора, можно применять воду и другие жидкости, к которым по мере надобности добавляются поверхностно-активные вещества.

Аэрация промывочной жидкости дает возможность в широких пределах регулировать ее удельный вес — от 0,1 до 1,0 г/см³ и таким образом снизить давление гидростатического столба в скважине.

Аэрированные растворы должны найти широкое применение, однако не могут заменить во всех случаях воздух и глинистые растворы. Технические показатели бурения с аэрированными жидкостями намного выше, чем с промывочной жидкостью, но несколько ниже, чем с газообразными агентами.

Аэрированные растворы имеют следующие преимущества по сравнению с промывочными жидкостями.

1. Повышается механическая скорость проходки вследствие меньшего давления столба жидкости на забой.

2. Повышается проходка на долото (возрастает его стойкость) вследствие хорошей очистки забоя от шлама.

3. Представляется возможность проходки зон тектонических нарушений и трещиноватых пород с интенсивным поглощением промывочных растворов.

4. Вскрываются продуктивные пласты с малым напором, вследствие чего улучшается коэффициент их отдачи.

Аэрированные жидкости устраняют некоторые трудности бурения с продувкой воздухом или газом.

1. Создается возможность проходки пород с водопроявлениями без осложнений и аварий (прихват снаряда, образование сальников над ним и др.).

2. Устраняется опасность пожаров и взрывов при бурении на нефть и газ.

3. Рабочее место и буровое оборудование не загрязняются шламовой пылью.

4. Уменьшается опасность разрушения стенок скважины при проходке слабоустойчивых пород.

Многие зарубежные авторы полагают, что в ряде случаев бурение с аэрированной жидкостью было единственно возможным в зонах катастрофических поглощений. Р. Билль считает, что при интенсивном поглощении жидкости (примерно 33 л/мин) промысловый раствор целесообразно аэрировать.

Фирма «Голф ойл» при бурении на море в Южной Флориде, где разрез представлен пористыми кавернозными известняками и доломитами, которые катастрофически поглощают обычную промысловую жидкость, применила аэрированную морскую воду. Это дало возможность успешно пробурить три скважины глубиной до 5000 м, тогда как в данном районе на эту глубину не пробурено ни одной скважины с глинистым раствором.

Для иллюстрации показателей бурения с аэрированной жидкостью в США приводим табл. 51.

Таблица 51

Интервал бурения, м		Диаметр долота, мм	Расход воздуха, м ³ /мин	Расход воды, м ³ /мин	Давление в стояке, кг/см ²	Количество воды, поступающей на скважину, %
от	до					
93	138	660	51	5,3	56	Частичный возврат
138	269	660	51	5,3	56	100
269	1200	444	51—45	3,4—1,5	45,5—52,5	150—200
1200	3030	311	51—63,7	3,4—1,7	42—63	150
3030	4617	216	51—50,8	1,36—1,13	63—77	125

Из табл. 51 видно, что принятый режим циркуляции позволял поступлению воды в скважину. С увеличением глубины скважины и уменьшением площади поперечного сечения затрубного пространства, при постоянных расходах воздуха, расход жидкой фазы снижался. Это дало возможность поддерживать средний удельный вес смеси в затрубном пространстве при невысоком давлении агента в стояке.

Определение степени аэрации. При бурении с промывкой аэрированной жидкостью в данных конкретных геолого-технических условиях требуется определить оптимальное соотношение пагнетаемого в скважину воздуха и жидкости, при котором обеспечивается эффективный вынос шлама с сохранением больших механических скоростей проходки. Это соотношение называется степенью аэрации. Оно определяется по формуле

$$\alpha = \frac{Q_a}{Q_{ж}},$$

где Q_a — расход воздуха в единицу времени, приведенный к нормальным условиям, $м^3$;

$Q_{ж}$ — расход промывочной жидкости в единицу времени, $м^3$.

Получение оптимальной смеси достигается путем регулирования степени аэрации. При этом надо стремиться к наибольшей аэрации, чтобы достигнуть минимального гидростатического давления на забой. Таким путем улучшаются технико-экономические показатели бурения. Поскольку жидкость в смеси является основной несущей средой, следует поддерживать минимальный расход ее, обеспечивающий транспортировку шлама на поверхность.

При вскрытии водоносных пород, для поддержания максимальной аэрации, следует особо тщательно регулировать подачу промывочной жидкости. Появление в скважине воды устанавливается контрольными замерами подъема столба жидкости при перерывах в бурении, путем качественной характеристики пагнетаемой воды и воды, поступающей из скважины.

Для устранения доступа воды в скважину увеличивают давление на водоносные породы, уменьшая степень аэрации промывочной жидкости (увеличением жидкой фазы, или уменьшением подачи воздуха, или утяжелением жидкой фазы).

При расчете оптимальной аэрации с учетом геолого-технических условий можно пользоваться номограммой, составленной Ф. Позманом и В. Бергманом (рис. 48). По ней определяют количество воздуха, которое надо ввести в $м^3$ глинистого раствора для получения требуемого веса — в зависимости от глубины скважины, удельного веса промывочного раствора и средней температуры столба раствора. А. О. Межлумов и Н. С. Макурин построили номограммы для трех значений средней температуры раствора (37,8; 64,4 и 93,3° С) при глубине скважины 3048 м (рис. 48).

Приводим пример пользования номограммой при температуре 64,4° С. Данные для расчета: на глубине бурения 1524 м необходимы удельный вес аэрированного раствора 0,72 $Г/см^3$ и удельный вес исходного глинистого раствора 1,2 $Г/см^3$.

На оси абсцисс от точки, соответствующей глубине 1524 м, проводят вертикальную линию до пересечения с кривой удельного веса аэрированного раствора ($\gamma = 0,72 \text{ Г/см}^3$). От точки пересечения проводят горизонтальную линию до пересечения с кривой

$\gamma_p - \gamma_s = 1,20 - 0,72 = 0,48$. От точки пересечения этих линий восстанавливают перпендикуляр до верхней горизонтальной шкалы, на которой получают степень аэрации:

$$\alpha = \frac{Q_v}{Q_{ж}} = 13,56 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Таким образом, чтобы получить степень аэрации $13,56 \text{ м}^3/\text{м}^3$, надо ввести $13,56 \text{ м}^3$ воздуха на 1 м^3 глинистого раствора.

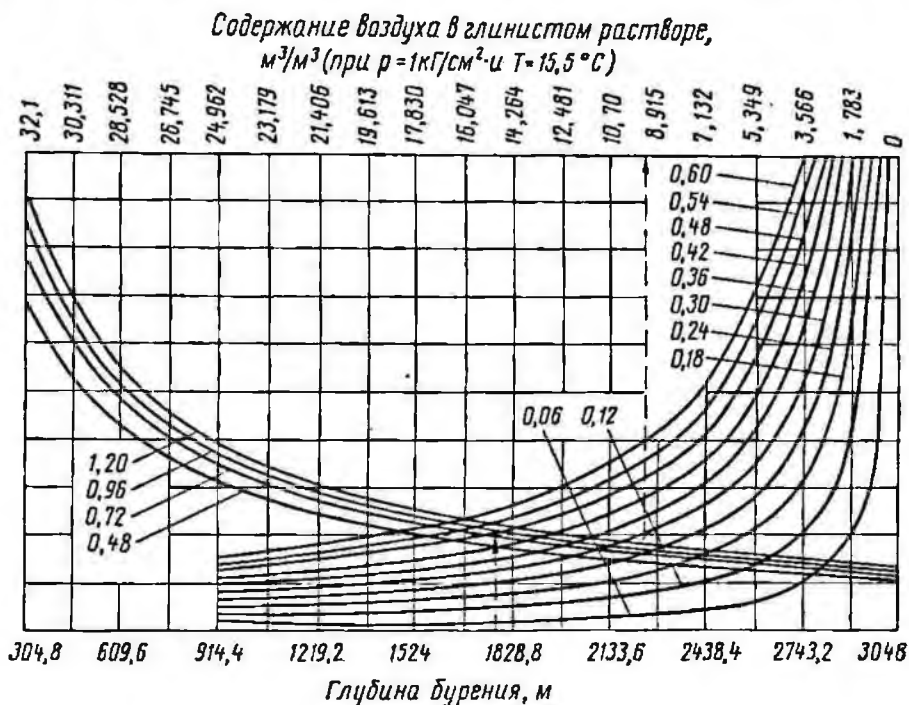


Рис. 48. Номограмма для ориентировочного расчета степени аэрации.

Степень аэрации показывает только оптимальное соотношение подачи воздуха и жидкости. Что же касается подачи минимального количества жидкой фазы, при котором достигается достаточный вынос шлама, этот вопрос в настоящее время еще не разработан.

Наивыгоднейшее соотношение при подаче жидкости и воздуха для получения аэрированной смеси в производственных условиях определяется опытным путем. Для этого вначале жидкость подают в минимальном количестве, достаточном для удовлетворительной очистки забоя. Во время установления эффективного режима аэрации необходимо тщательное наблюдение за выносом аэрированной смеси из выкидной трубы.

Из практики США приводим некоторые конкретные данные о расходе жидкости и воздуха, когда достигался нормальный вынос шлама (табл. 52.).

Глубина скважины, м	Диаметр, мм		Расход жидкости,	Расход воздуха, м ³ /сек
	скважины	бурильных труб		
2750	200	114	9,5	14,0
1830	222	127	7,5	39,5

Технология бурения с аэрированной жидкостью. Бурение глубоких скважин на нефть и газ с промывкой аэрированной жидкостью осуществляется теми же установками, что и при очистке забоя промывочным раствором, укомплектованными компрессорами высокого давления, смесителем, герметизирующим устройством и деаэратором.

При бурении с аэрированной жидкостью давление на компрессоре и расход жидкости намного меньше, чем при бурении с раствором. В начале пускового момента, когда требуется продавить столб жидкости в бурильной колонне до подъема его в кольцевое пространство, давление на компрессоре намного повышается против обычного. Компрессор должен развить такое давление, чтобы оно было не менее гидростатического давления столба промывочной жидкости.

Давление, потребное для преодоления столба промывочной жидкости, определяют по формуле

$$p \geq \frac{H-h}{10} \gamma,$$

где p — максимальное давление компрессора на выкиде, кг/см^2 ; H — глубина скважины, (м); h — статический уровень жидкости от устья скважины, м; γ — удельный вес промывочной жидкости.

При бурении с аэрированной жидкостью надо помнить, помимо компрессора низкого давления, и компрессор дожимной — высокого давления.

В системе обвязки следует предусматривать возможность регулирования в широких пределах производительность компрессоров и бурового насоса, чтобы подбирать наиболее выгодное соотношение между расходом воздуха и жидкости.

Подготовка к бурению с аэрированной жидкостью. Снаряд спускают в скважину. Закрепляют герметизирующее устройство, после чего включают насос, который регулируют на минимальную подачу жидкости, необходимую для выноса шлама. Начиная бурение. Затем приводят в действие компрессор и постепенно открывают задвижку на напорном воздухопроводе. Давление на компрессоре и насосе начинает постепенно повышаться и к моменту выхода аэрированного раствора из-под торца режущего инструмента доходит до максимума. После выброса раствора давление в выкидной воздушной линии постепенно снижается до минимума и стабилизируется после установления

режима аэрации. Не рекомендуется вначале подавать воздух, а потом жидкость: при этом повышается давление в смесителе и возникают некоторые трудности при включении насоса. После стабилизации давления в смесителе жидкость и воздух подают в количестве, необходимом для нормального бурения.

При вскрытии в процессе проходки водоносных горизонтов необходимо опытным путем подбирать режим аэрации, чтобы давление аэрированного столба в кольцевом пространстве уравновешивало пластовое давление водоносных горизонтов.

Режим аэрации. Если в скважине вскрыт приток воды и уровень в отстойниках повышается, надо увеличить подачу воздуха в нагнетательную линию и уменьшить подачу промывочной жидкости в буряльные трубы.

В процессе бурения следует установить оптимальную подачу воздуха и по возможности уменьшить расход жидкости с таким расчетом, чтобы не нарушался режим аэрации. Нормальный режим достигается тогда, когда количество нагнетаемого воздуха полностью соответствует количеству подаваемой жидкости. При этом происходит равномерный выброс аэрированной смеси из скважины. Несоответствие же немедленно ведет к нарушению стабильности аэрированной смеси: прекращается равномерный выброс ее, а если и продолжается, то лишь периодически, небольшими порциями.

Аэрированная жидкость при выходе из скважины направляется в деаэратор, где происходит отделение воздуха от жидкости: воздух выходит в атмосферу, а жидкость поступает на выбросител, где очищается от выбуренной породы и затем стекает в приемный чаш насоса.

Режим бурения (осевая нагрузка и скорость вращения снаряда) с аэрированной жидкостью устанавливается так же, как при очистке забоя промывочной жидкостью.

Применение ПАВ. При бурении с аэрированной жидкостью в отдельных случаях целесообразно вводить поверхностно-активные вещества. При воздействии их на структуру аэрированной жидкости улучшается выносная способность потока, снижается давление в нагнетательной линии и создается равномерное течение воздушного потока на забое, благодаря чему уменьшаются колебания давления в нагнетательной линии. А главное, ПАВ предотвращает образование воздушных подушек в циркуляционной системе. Кроме того, улучшается работа всей системы, что дает возможность получить лучшие показатели механической скорости бурения и проходки на долото.

6. БУРЕНИЕ ДВОЙНОЙ КОНЦЕНТРИЧЕСКОЙ КОЛОНЫ БУРЯЛЬНЫХ ТРУБ

За последнее время в США применяют новый буряльный снаряд, состоящий из двух концентрических труб.

В таком снаряде воздух из компрессора через кольцевое пространство между внутренней и наружной колоннами труб поступает

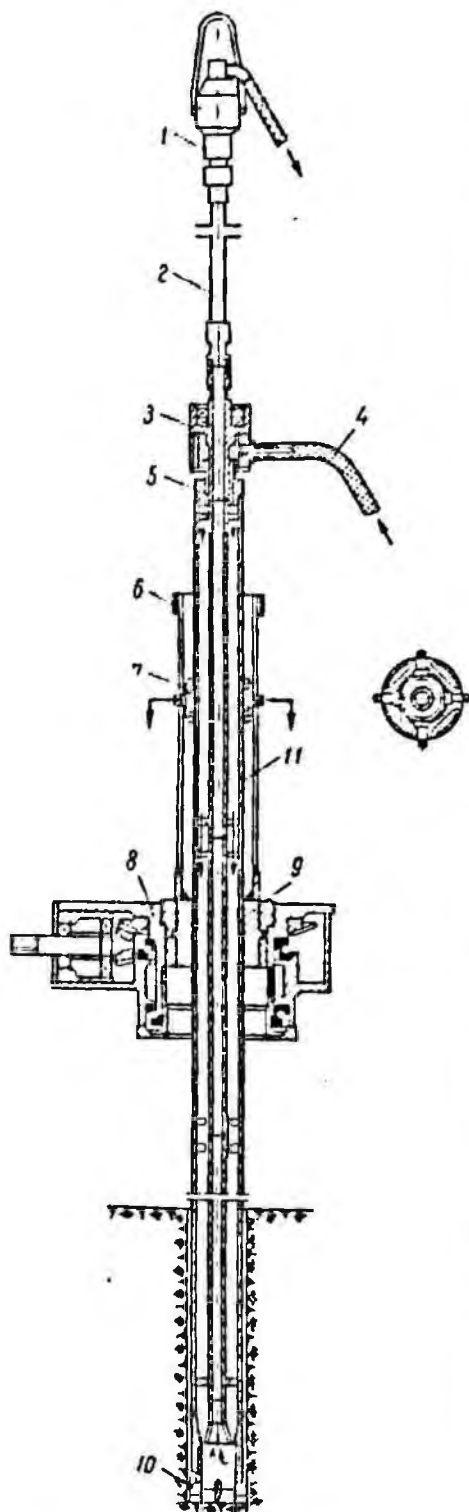


Рис. 49. Снаряд для бурения двойной концентрической колонной бурильных труб.

на забой вместе с разбуренной породой поднимается по внутренней колонне на поверхность. Таким образом осуществляется обратная продувка.

Воздух, поступающий на забой и поднимаясь на поверхность вместе со шламом, не соприкасается со стенками скважины, что дает возможность сохранить поднятую породу в чистом виде.

Снаряд состоит из следующих узлов: 1) двойных концентрических труб; 2) двух стояков, двух шлангов и вертлюга с двумя изолированными проходами; 3) квадратной штанги с двумя проходами и 4) герметизирующего устройства. Вся остальная циркуляционная система та же, что и при прямой продувке.

Кафедра «Техника разведки» ТашПИ, придавая большую роль новому виду бурения, сконструировала снаряд с двойной концентрической колонной бурильных труб для экспериментальных работ в разных условиях геологического разреза, предназначенный для бурения станком УРБ-ЗАМ (рис. 49).

Его основные узлы: вертлюг 1 обычной конструкции; бурильная труба диаметром 50 мм²; приспособление для подачи сжатого воздуха из компрессора в кольцевое пространство; гибкий шланг 4 для подачи воздуха в распределитель 3; бурильная труба 11 диаметром 108 мм и коронка 10.

Работа колонны бурильных труб 11 осуществляется вращателем 6, который своим нижним основанием приваривается к внутреннему вкладышу ротора. Вращатель 6 представляет собой трубу длиной 1150 мм с четырьмя вертикальными пазами, в которых свободно перемещается скользящий зажим 7. Последний жестко крепится к наружной тру-

бе 11 четырьмя винтами и вместе с ней может перемещаться вверх и вниз, передавая ей вращение. Труба 6 вместе с вкладышем 9 по мере необходимости свободно вынимается из ротора 8.

Двойные бурильные трубы собираются из отдельных звеньев длиной по 3 м. Наружные трубы диаметром 108 мм соединяются между собой на резьбе, а внутренние (50 мм) — встык, без резьбы.

Технология изготовления каждого звена: к отрезку внутренней 50-мм трубы на расстоянии 12 см от каждого конца приваривается 8 сухариков; в таком виде отрезок вставляется в 108-мм наружную трубу и сваривается с ней электрозаклепками.

Полученная таким образом двойная труба устанавливается в патрон трубопарезного станка, где с одной установки делаются резьбы и снимаются конусы на внутренней трубе так, чтобы при свинчивании отдельных звеньев они смыкались без зазора. На нижнее звено трубы навертывается переходник с коронкой 10 и обратный конус для приема шлама во внутреннюю трубу. Приспособление 3 для подачи воздуха в межтрубное пространство монтируется на наружной трубе 11 с помощью сепаратора воздуха 5 с восемью отверстиями. В процессе бурения приспособление не вращается.

Воздух из компрессора поступает по шлангу 4 через отверстие сепаратора 5 в межтрубное пространство и на забой. Выходя из-под торца коронки, воздух захватывает шлам и по внутренней трубе через вертикаль 1 поступает на поверхность.

Опыт бурения с двойными концентрическими бурильными трубами производился на экспериментальном полигоне кафедры «Техника разведки» ТашПИ в 1966 г. При этом использованы станок УРБ-ЗАМ, компрессор ЗИФ-55 (4,5 м³/мин), наружные бурильные трубы 108 мм и внутренние — 50 мм. Устье скважины было оборудовано сальниковым уплотнением, соединенным фланцами с кондуктором. Использовались твердосплавные ребристые коронки диаметром 112 мм. Глубина скважины не превышала 30 м.

На первом этапе пройдены сухие глинистые породы, сухие пески и влажные глины. Скорость чистого бурения по сухим пескам составляла 15—20 м/ч, по плотным глинам III—V категорий — от 10 до 12 м. Бурение проходило нормально, без признаков прихвата снаряда и осложнений. Расход воздуха составлял не более 2—2,5 м³/мин при давлении 1,5—2,5 кг/см².

При бурении по влажным породам выброс шлама протекал с той же интенсивностью, что и в сухих породах. Но при больших скоростях проходки внутренние трубы забивались глиной. Одна из причин та, что внутренние трубы не были гладкоствольные: на их концах в местах посадки внутренний диаметр переходил с 39 на 28 мм, и в местах сужения создавались сальниковые пробки.

Последний этап исследования, после некоторого изменения снаряда будет посвящен водоносным породам.

Основные преимущества бурения двойной колонной таковы:

1. Снижаются потребное количество воздуха, а следовательно, и необходимая мощность компрессора.

2. Большая скорость восходящего потока воздуха обеспечивает хороший подъем шлама на поверхность при значительно меньшем расходе воздуха и давлении на компрессоре.

3. Возможность бурить в зонах тектонических нарушений, в трещиловатых и кавернозных породах, где обычно происходит катастрофическая потеря воздуха.

4. Шлам при подъеме с забоя на поверхность не соприкасается со стенкой скважины и не засоряется посторонней породой. При этом скважине шлам служит представительным материалом для опробования рудного тела и продуктивных пластов.

5. Достигается хорошее опробование проходимых пород путем непрерывного отбора образцов.

6. Исключается прихват снаряда в породах с водопроявлениями.

7. Предоставляется возможность бурить по водоносным породам без осложнений и аварий.

Небольшой опыт бурения с двойными концентрическими трубами убедительно подтверждает бесспорную перспективность данного метода.

Трудности бурения с продувкой воздухом можно с успехом преодолеть при широком изучении и разработке технологии описываемого метода.

Герметизирующее устройство при бурении с двойными концентрическими трубами

Описываемое устройство (рис. 50) состоит из колпака 2 с резиновым манжетным уплотнением 6 и прижимной рамы 1. Колпак сварен из листового железа. Верх его имеет отверстие диаметром 132 мм. Стояк 5 изготовлен из трубы с резьбой, на которую навинчивается специальная гайка 4, уплотняющая резиновую манжету. Последняя собрана из полуколец так, чтобы разрезы каждого слоя перекрывали друг друга. Манжета сделана с таким расчетом, чтобы буровой мастер при спуске и подъеме снаряда мог быстро собрать и разобрать ее, экономя вспомогательное время. Рама 1, сваренная из отработанных буровых штанг 50 мм, свободно опирается на колпак. На концах ее имеются площадки для установки ног буровой вышки. Колпак углубляется в грунт деревянной трамбовкой.

7. ОПЫТ БУРЕНИЯ С ПРОДУВКОЙ ЕСТЕСТВЕННЫМ ГАЗОМ

В Южно-Казахстанской нефтеразведочной экспедиции на Учаральской площади был вскрыт газ — азот с дебитом 60 м³ в минуту при давлении 33 кг/см² и до 200 м³/мин при выпуске в атмосферу.

По инициативе работников экспедиции было организовано бурение скв. 10 с продувкой этим газом. С указанной целью от газовой скв. 54 был проложен в скв. 10 газопровод длиной 2,5 км из буровых труб диаметром 127 и 76 мм.

Бурение осуществлялось передвижной установкой 5Д облегченного типа. Применялись бурильные трубы диаметром 149 мм.

Геологический разрез на участке бурения представлен в табл. 53. Большая часть его сложена породами средней крепости (V—VI категорий) и только интервал от 800 до 1000 м — твердыми породами (VII, VIII и частично IX категорий).

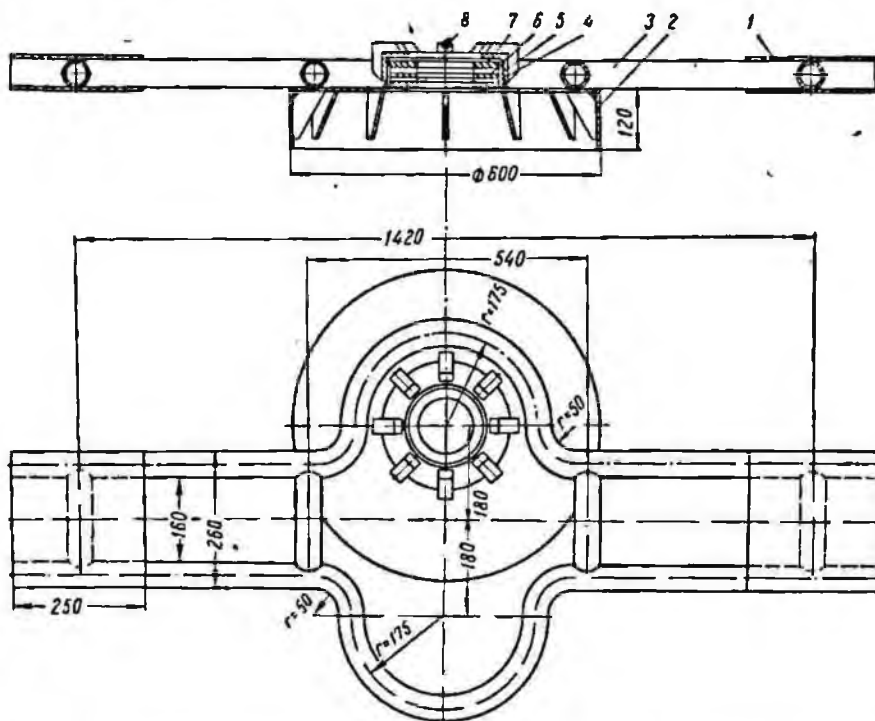


Рис. 50. Герметизирующее устройство для бурения двойными концентрическими трубами.

1 — лист железный; 2 — колпак; 3 — рама из штанг 50 мм; 4 — накидная гайка; 5 — стойки; 6 — резиновая прокладка — полукольцо; 7 — шайба; 8 — сухарь.

Таблица 53

Породы	Интервал бурения, м	Мощность пород, м
Пески и слабые песчаники с гравием . . .	0—50	50
Плотные глины и аргиллыты	50—370	320
Песчаники и алевролиты с прослоями солей	370—890	520

До глубины 145 м скважина бурилась с промывкой глинистым раствором, затем была обсажена 229-мм кондуктором и устье оборудовано герметизирующей головкой с 203-мм шламоотводом.

На глубине 300 м появилась вода с дебитом 1,2 л/сек, что не вызвало особых помех. Шлам выносился нормально, скорость бурения удерживалась в пределах 25—45 м/ч.

Постепенно с углубкой скважины приток воды возрос до 5 л/сек. Продавливание скважины с обильными водопроявлениями значительно упростилось, когда в подводящем трубопроводе установили инжектор, в котором напор, создаваемый буровым насосом, использовался для снижения давления на входе газа в манифольд.

Скв. 11 забурена после окончания скв. 10 в том же районе. До глубины 265 м она пройдена с промывкой глинистым раствором; затем, после спуска кондуктора на глубину 70 м, перешли на очистку газом, при этом использовалась буровая установка БУ-75Бр.

Успешное бурение скв. 10 и 11 при значительных водопроявлениях объясняется большими расходами газа. Скорость потока была достаточна для подъема шлама. Большую роль сыграл и правильный выбор режима бурения. В интервалах, сложенных алевролитами, песчаниками и аргиллитами, были приняты следующие параметры.

Число оборотов ротора	50—60 в 1 мин
Нагрузка на долото	8—12 Т
Расход газа	100—200 м ³ /мин

Сравнительные данные о механической скорости и проходке на долото приведены в табл. 54.

Таблица 54

№ скважины	Категория пород по ЕНВ	Циркулирующий агент	Интервал бурения, м	Всего пробурено, м	Расход долот, шт.	Проходка на долото, м	Механическая скорость, м/ч
10	V—VI VII—VIII В среднем по всем категориям пород	Газ	150—934	784	5	156,8	25—43
			934—1092	158	3	32,6	12—20
			150—1092	942	8	118,7	23—36
11	V—VI VII—VIII В среднем по всем категориям пород	Глинистый раствор	150—800	650	19,6	33,1	3,1
			800—1000	200	15,2	13,1	1,3
			150—1000	850	34,8	24,4	2,67

Бурение скв. 11 до глубины 866 м протекало без осложнений, затем при вскрытии продуктивного горизонта произошел газовый выброс, который был заглушен.

Сравнительные показатели бурения с продувкой газом и промывкой глинистым раствором в одинаковых условиях приведены в табл. 55, из которой видно, что при продувке газом достигнуто повышение механической скорости, снижение расхода долот и значительное снижение стоимости 1 м проходки.

Таблица 55

Показатели	№ скважины			
	10	11	13	21
	продувка природным газом		промывка глинистым раствором	
Интервал бурения, м:				
от	150	265	150	177
до	1092	966	1000	1040
Проходка, м	972	601	850	863
Средняя проходка на долото, м	118,0	100,0	24,3	21,0
Стоимость 1 м проходки, руб.	79,42	78,50	141,77	115,65
Средняя механическая скорость, м/ч	8,7	10,7	2,0	4,10
Рейсовая скорость, м	5,9	8,22	1,92	2,52
Расход долот, шт.	8,0	6,0	35,0	41,2

Примечание. Скв. 10, 11 и 13 бурились роторным способом, а скв. 21 — турбинным.

Несмотря на недостаток опыта и отсутствие герметизирующих устройств, технико-экономические результаты двух скважин на Учаральской структуре, даже при значительных водопроявлениях, надо признать вполне удовлетворительными.

Опыт Учаральской ГРП убедительно показывает возможность бурения скважин с обильным водопритоком при достаточном расходе газа. Достигнутые результаты опровергают мнение о нецелесообразности очистки забоя воздухом при больших и малых водопроявлениях.

8. БУРЕНИЕ В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ

Бурение в многолетнемерзлых породах с очисткой забоя сжатым воздухом в СССР начали изучать в 1956—1957 гг. Первая скважина была пробурена в Эге-Хайской геологоразведочной партии Амакинской экспедиции Якутского ГРУ.

Суровые климатические условия, когда зима продолжается до 8 месяцев, при морозах $-40 \div -55^{\circ}\text{C}$ и средняя годовая температура от -3 до -12° , определяют особенность и специфику бурения в мерзлых породах, мощность которых местами достигает 400 м и более.

Алмазные месторождения Якутии, расположенные в районе многолетней мерзлоты, вызвали необходимость изыскания новых промывочных агентов для замены жидкости, применение которой в этих условиях сложно и неэкономично. Трудность связана главным образом с тем, что в процессе работы жидкость замерзает и выводит из строя всю систему бурильной колонны; в результате возникают тяжелые осложнения и аварии. С другой стороны,

доставка воды при полном бездорожье и суровом климате связана с непроизводительными затратами времени и средств.

Температурные условия горных пород. Изменение температуры горных пород в течение года наблюдается на глубинах до 12—15 м. Глубже температурный градиент возрастает в пределах около 0,4—0,6° С на 100 м.

Зоны охлаждения земной коры ниже 0° условно делят на две подзоны: 1) верхнюю, представленную многолетнемерзлыми породами, где вода в трещинах и порах полностью превращена в лед, и 2) нижнюю, где температура воды ниже 0°, но вода частично находится в жидком состоянии вследствие минерализации; это подзона морозных пород.

На глубине до 500 м были вскрыты трещинные подмерзлотные воды с напором 150—240 м, при дебите 15 л/мин (при понижении на 40 м).

Физико-механические свойства мерзлых пород в основном определяют технологию бурения, которая сильно отличается от таковой в аналогичных породах с положительной температурой.

Экспериментальные работы Центральной лаборатории Института мерзлотоведения показали, что количество незамерзшей воды, содержащейся в мерзлой породе, увеличивается с повышением температуры. Таким образом, в порах мерзлых пород при любом повышении отрицательной температуры часть воды из твердой фазы переходит в жидкую. Кроме того, прочность мерзлой породы в большой степени зависит от количества в ней воды при данной температуре. С уменьшением размеров минеральных частиц содержание воды в жидкой фазе повышается: например, крупнозернистые породы (пески, галечники, гравелиты), содержащие свободную воду, обладают большей прочностью, чем породы дисперсные (глины, суглинки, супеси), где имеется большое количество связанной воды.

Температура влияет не только на величину разрушающего напряжения, но и на характер деформаций при сжатии мерзлых пород. При резких температурах мерзлая порода деформируется и разрушается как хрупкое тело (при малых давлениях), а при относительно высоких температурах разрушается как пластичное тело.

Для лучшего разрушения мерзлых пород в процессе бурения необходимо повышать их температуру, а для устойчивости стенок скважины целесообразно понижать ее до области практически промерзшего состояния.

Технология бурения. Опыт показывает, что технология бурения в мерзлых породах значительно отличается от обычной при положительной температуре.

Основное условие для успешного бурения в многолетнемерзлых породах — сохранение температурного режима их за все время проходки.

В целях разработки технологии и улучшения технико-экономических показателей бурения надо было изыскать такие промывочные агенты, которые не замерзают при отрицательной температуре, не разрушают сцементированные льдом керн и стенки скважины, обеспечивают эффективность очистки забоя от шлама и охлаждение породоразрушающих инструментов.

Исследования показали, что самым лучшим промывочным агентом, который отвечал бы всем предъявляемым условиям, может быть только охлажденный газ или воздух. Применение сжатого воздуха дает возможность устранить недостатки, присущие бурению с промывочной жидкостью, а также повысить технико-экономические и качественные показатели бурения.

Одно из важнейших условий бурения в многолетнемерзлых породах, как мы упоминали, — сохранение теплового режима их. Поэтому температура циркулирующего агента должна быть равной или ниже температуры проходных пород. Это достигается только при газообразных агентах, которые можно охладить до любой температуры.

Один из недостатков бурения с продувкой воздухом — это нарушение температурного режима в скважине. Сжатый воздух, выходя из компрессора в летнее время с температурой до $+80^{\circ}\text{C}$, при температуре атмосферного воздуха $+30^{\circ}\text{C}$ поступает в скважину с температурой $+30 \div 45^{\circ}\text{C}$. Когда воздух с положительной температурой проходит по штангам, из него конденсируется вода, которая смачивает керн, шлам и стенки скважины. В результате начинается налипание породы на стенки, образование сальника над снарядом и другие осложнения.

Для охлаждения и осушения воздуха в теплое время используются скважинные влагоотделители разных конструкций. На рис. 51 представлена конструкция влагоотделителя Елманова, отличающаяся своей простотой.

Воздух из бурильных труб поступает в камеру 1, где происходит резкое расширение его и образуются капельки влаги. Воздух вместе с влагой направляется через каналы переходника 2 и кольцевой зазор в камеру 3, где происходит вторичное расширение и освобождение от влаги. Затем воздух по кольцевому зазору направляется в трубу 4 и оттуда, освободившись от влаги, идет на забой. После каждого рейса конденсат из камеры 3 спускают через отверстие 5. Описанный влагоотделитель используется в тех случаях, когда бурение осуществляется рвательным кольцом или затиркой всухую.

Заслуживает большого внимания универсальный агрегат УВ-10 для осушения и охлаждения воздуха (рис. 52). Он состоит из воз-

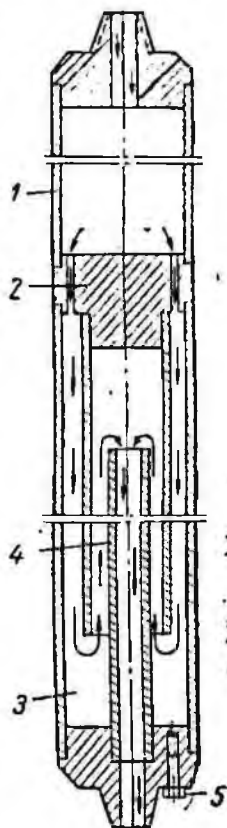


Рис. 51. Влагоотделитель.

душного циклона 1, электроподогревателя 2 и адсорбера 3, смонтированных на общей раме 4 с холодильником. Трубчатый водяной холодильник устанавливается перед компрессором для охлаждения воздуха после второй степени сжатия.

Воздушный циклон (рис. 53) представляет собой вертикальный цилиндрический сосуд со сферическим дном. В верхнюю крышку сосуда вставлена труба со спиральным виштом. Воздух поступает в спираль сверху через направляющий патрубок и по центральной трубке возвращается из циклона вверх.

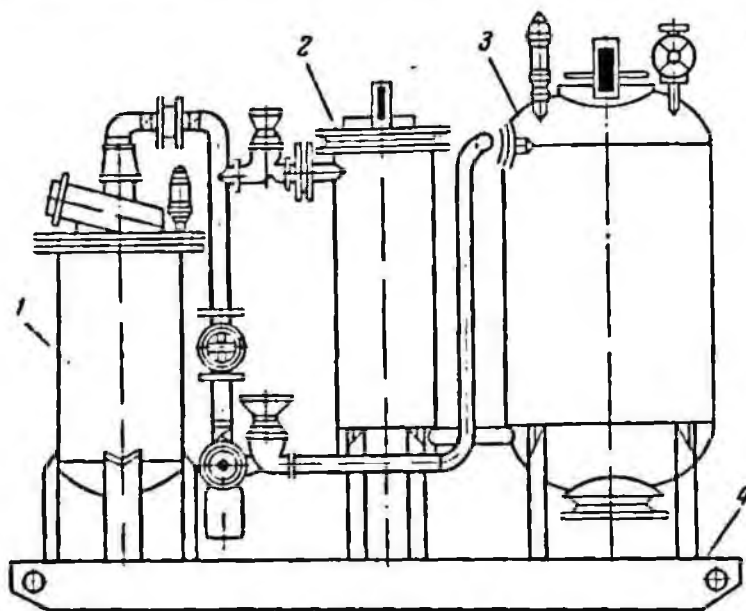


Рис. 52. Агрегат УВ-10.

Электроподогреватель (рис. 54) — это вертикальный цилиндрический сосуд, к крышке которого внутри приварена трубка с диском. К диску прикреплен фланец с отверстиями, в которых закреплены 30 электроподогревательных элементов мощностью 0,5 *квт* каждый. Концы этих элементов прикрепляются к нижнему фланцу; к нему приварены горизонтальные патрубки с фланцами для пуска и выпуска воздуха.

Адсорбер представляет собой цилиндрический сосуд с люком, через который загружается адсорбирующий материал. В верхней части сосуда имеются два отверстия для установки предохранительного клапана и термометра и отверстие с вентилем для выпуска подогретого воздуха в атмосферу в процессе регенерации.

Работа агрегата УВ-10 происходит по следующей схеме. Воздух из второй степени компрессора поступает в холодильник, где охлаждается до температуры $+3-10^{\circ}$. В холодильнике происходит частичное выделение из воздуха масла и влаги. Затем воздух поступает в спираль воздушного циклона. Здесь за счет перепада давлений

происходит дальнейшее отделение конденсата, который потом периодически выпускается через нижний клапан. Из циклона воздух поступает через отключенный от сети электронагреватель в адсорбер, куда загружено 100 кг адсорбента — силикагеля или алюмосиликата.

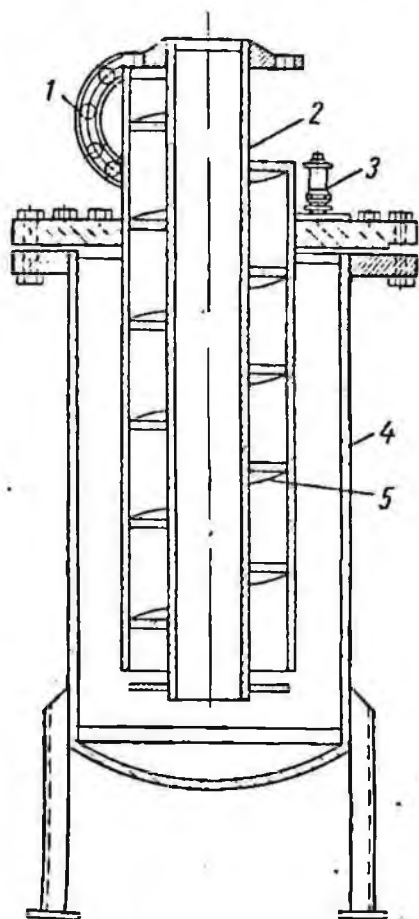


Рис. 53. Воздушный циклон.

1 — направляющий патрубок; 2 — центральная выводная трубка; 3 — предохранительный клапан; 4 — корпус; 5 — спиральный вент.

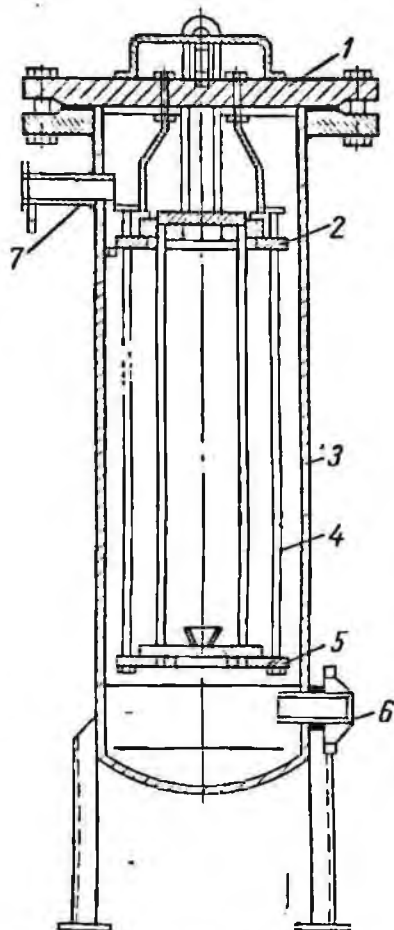


Рис. 54. Электроподогреватель.

1 — крышка; 2 — фланец верхний; 3 — корпус; 4 — электронагревательный элемент; 5 — фланец нижний; 6 и 7 — патрубки.

После полного насыщения адсорбента адсорбер переключается на регенерацию, которая производится воздухом, нагретым в электронагревателе до температуры $+200+250^{\circ}$. Горячий воздух проходит через насыщенный адсорбент и испаряет влагу, а затем выпускается в атмосферу через отверстие на крышке адсорбера.

Снаряд для бурения с продувкой воздухом в многолетнемерзлых породах не отличается от применяемого в породах с положительной температурой. Технологический режим бурения остается таким же.

Техническая характеристика агрегата УВ-10

Пропускная способность, м ³ /мин	10
Максимальное давление осушаемого воздуха, кг/см ²	10
Температура сжатого воздуха на входе в агрегат	от +5 до -10
Адсорбирующий агент	силикагель или алюмосиликат
Поглотительная способность адсорбента (% собственного веса)	15-30
Мощность электронагревателя для регенерации адсорбента, квт	15
Температура подогрева воздуха для регенерации, °С	250-300
Время регенерации, ч	4
Габаритные размеры агрегата, мм:	
длина	2500
ширина	930
высота	1950
Вес агрегата, кг	850

Учитывая сложность поддержания в скважине температурного режима, нарушение которого приводит к осложнениям, в условиях многолетней мерзлоты, независимо от геологического разреза, необходимо применять шламовую трубу. Вопрос же о длине и количестве секционных шламовых труб в снаряде решается в зависимости от многих факторов: скорость воздушного потока, размеры и количество получаемого шлама, характер проходных пород и другие. При бурении в благоприятных условиях разреза и с достаточным количеством подаваемого воздуха снаряд должен иметь одну шламовую трубу длиной 3—4 м.

Конструкция снаряда с секционными шламовыми трубами представлена на рис. 55.

Твердосплавные коронки и предъявляемые к ним требования — те же, что и для бурения с продувкой воздухом в породах с положительной температурой.

Буровой снаряд для проходки льдистых и вязких глинистых пород с продувкой воздухом. Опыт Якутской ГРП показал хорошие результаты при использовании бурового снаряда — расширителя-центратора, который целесообразно использовать при бурении ребристыми коронками или коронками с большим выпуском резцов (рис. 56). Такой снаряд обладает следующими преимуществами: 1) уменьшается искривление скважины благодаря лучшему центрированию снаряда; 2) достигается равномерное расширение ствола скважины; 3) сохраняется диаметр ее с начала до конца рейса.

Некоторые особенности режима бурения в многолетнемерзлых породах. Бурение в сильно льдистых породах IV—VI категорий (разрушенном кимберлите, песках, суглинках и других породах, сцементированных льдом) стандартными коронками МР-16 и МР-2НР при увеличенной меха-

нической скорости приводит к ряду осложнений. В результате трения коронки выделяется тепло, что вызывает таяние льда.

Поэтому при бурении указанных пород надо исходить не из оптимальных режимов, а из минимальных оборотов снаряда и давления на коронку, во избежание аккумуляции тепла в призабойной

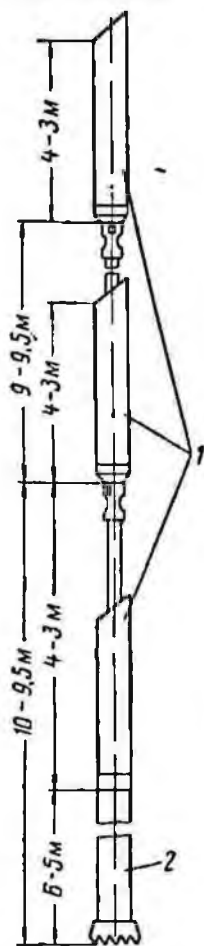


Рис. 55. Секционная шламовая труба.

1 — шламовые трубы; 2 — колонковая труба.

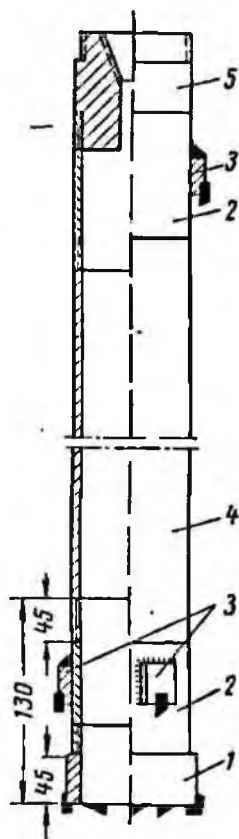


Рис. 56. Снаряд для бурения вязких и льдистых пород.

1 — коронка; 2 и 3 — расширители — центраторы; 4 — колонковая труба; 5 — переходник с колонковой трубы на шламовую и штанги.

зоне скважины, что приводит к нарушению температурного режима мерзлых пород, разрушению керна и другим осложнениям. В льдистых породах рекомендуется бурить ребристыми коронками при малых оборотах снаряда (60—70 об/мин) и незначительных осевых нагрузках (300—600 кг на коронку при диаметре 111—151 мм). Скорость восходящей струи поддерживается в пределах 12—13 м/сек, а температура воздуха должна быть равной или ниже температуры проходимых пород.

В бурении в породах VII-VIII категорий можно применять коронки соответствующего типа, описанными в главе II. По данным аэрометрических наблюдений, при бурении коронками различных типов число оборотов спарода от 67 до 277 в мин и полезной нагрузки от 750 до 1500 кг достигается механическая скорость, представленная в табл. 56 (по данным Елманова).

Таблица 56

Коронка	Формула скорости, м/мин	Режим бурения			Механическая скорость бурения, м/мин	Проломка на ребу, м	Проломка на коронку, м	Выход керна, %
		полезная нагрузка на породу кг	число оборотов в 1 мин	скорость вращения струя, м/сек				
MP 2	131	1250	130-185	9,0-11	14,7	4,1	20,5	95
	111	1000	130-185	9,0-11	14,2	4,0	24	93
	91	750	130-185	9,0-11	14,9	3,7	27	92
MP 2111	131	1250	130-185	9,0-11	15,0	4,3	21,7	94
	111	1000	130-185	9,0-11	16,0	3,5	29	94
MP 6 16	91	1000	130-185	8-10	11,0	3,2	28	94
ОСН 1	131	1500	130-185	9-11	8,6	2,85	13,5	92
	111	1250	130-185	9-11	9,0	2,6	12,0	92
MP 2	131	1000	130-185	11-13	9,0	2,9	7,3	93
ТН 3	111	1250	130-185	8-10	6,0	3,0	14	93

Эти работы показывают, что лучшие результаты достигнуты при использовании коронок MP-2, MP-2111 и MP-6-16.

При увеличении скорости падающего потока до 9-12 м/сек механическая скорость резко увеличивается, но при увеличении скорости потока до 20 м/сек прирост ее незначителен (8-10%). Отсюда следует, что нет необходимости в скорости воздушного потока более 9-12 м/сек, ибо это было бы экономически невыгодно.

Заключение

Бурение в мерзлых породах с очисткой забоя сжатым воздухом является прогрессивным методом. При этом механическая скорость проработки в 2-3 раза больше, чем при очистке забоя промывочной жидкостью. Кроме того, улучшается качество геологической документации, повышается выход керна, снижается стоимость пролета 1 м в 2-6 раз, значительно улучшаются условия труда в суровых климатических условиях.

ГЛАВА VII

МЕТОДИКА БУРЕНИЯ С ПРОДУВКОЙ ВОЗДУХОМ В ТРУДНОПРОХОДИМЫХ ПОРОДАХ

При бурении труднопроходимых пород с продувкой воздухом необходим определенный режим, чтобы избежать осложнений и аварий.

Осложнения можно разделить на две группы. К первой группе относятся те, которые происходят вследствие нарушения технологии бурения: 1) сухих и водоносных пород, 2) влажных пород и 3) липких и вязких глин. Осложнения второй группы возникают по причинам геологического характера: 1) при проходке трещиноватых пород, каверн, пустот и 2) при вскрытии водоносных горизонтов.

Каждый из этих видов имеет свои особенности. Борьба с осложнениями может быть эффективной лишь тогда, когда будут изучены порождающие их причины.

Осложнения первой группы преодолеваются значительно легче, чем второй. Строго соблюдая технологический режим бурения, можно избежать почти всех осложнений такого характера, ибо они зависят главным образом от производственной дисциплины буровой бригады.

Что же касается осложнений второй группы, отсутствие достаточного опыта еще не позволяет дать исчерпывающий анализ их причин, а следовательно, и указать все способы борьбы с ними.

Из осложнений второй группы наиболее затруднительная борьба с теми, которые возникают при проходке кавернозных и сильно трещиноватых пород, когда имеют место потери воздуха или резкое снижение скорости воздушного потока.

Вопрос о потере воздуха в трещинах пока недостаточно изучен, но ввиду большой практической значимости ему должно быть уделено большое внимание.

Намечая мероприятия по борьбе с осложнениями, мы не можем претендовать на их полноту. Имеющиеся данные необходимо уточнять и пополнять в процессе дальнейшей работы. Тем не менее предлагаемые способы должны вооружить на данном этапе руководителей бурения необходимыми знаниями и помочь дальнейшему углубленному изучению вопроса.

1. БУРЕНИЕ ПО СУХИМ ПЕСКАМ

При бурении с поверхности по сухим пескам необходимо основательное крепление кондуктора. В противном случае он после первого часа работы настолько расшатается, что вокруг устья скважины возникает выход воздуха с песком из затрубного пространства. В дальнейшем это приводит к оседанию и нарушению герметизирующего устройства.

Во избежание таких явлений, пространство между кондуктором и стенками скважины необходимо засыпать твердой породой и утрамбовать, после чего залить цементным раствором на глубину до 0,5 м от поверхности.

Толща песков, начинающихся с поверхности, отличается от толщи средней и нижней части разреза слабостью и рыхлостью; поэтому бурение здесь значительно сложнее, чем в нижней части.

Для проходки сухих песков рекомендуется снаряд, состоящий из коронки с расширителем (КР-2), колонковой трубы длиной 0,5 м и шламовой трубы 3—4 м. Осевая нагрузка на забой не должна превышать 50—70 кг. В очень рыхлых породах снаряд опускается по мере выдувания шлама лишь силой своей тяжести, поэтому число оборотов должно быть минимальным. При большой окружной скорости создается вибрация штанг, ведущая к разрушению стенок скважины.

Даже при малых оборотах и давлениях получаются такие скорости проходки, что подаваемый воздух не в состоянии вынести шлам на поверхность; поэтому, во избежание прихвата снаряда, уходку следует время от времени приостанавливать для очистки забоя.

Одно из важнейших мероприятий против осложнений — это правильное сочетание количества подаваемого воздуха и получаемого шлама. Излишняя подача воздуха также недопустима, ибо повышенный скоростной напор приводит к увеличению диаметра скважины.

Против осложнений при бурении в сухих песках рекомендуются следующие профилактические мероприятия.

1. Бурить при минимальных оборотах снаряда и осевых нагрузках не свыше 70 кг.

2. Правильно сочетать подачу воздуха с количеством образующегося на забое шлама, согласно показаниям манометра. При нарушении этого условия давление на компрессоре резко повышается, а при гармоническом соответствии обоих факторов стрелка манометра занимает нормальное положение. Повышенное давление на компрессоре свидетельствует о разрушении стенок скважины. Оптимальное давление воздуха устанавливается опытным путем, с таким расчетом, чтобы нормальный вынос шлама происходил при небольших давлениях.

3. При повышении давления на компрессоре, что указывает на образование в скважине песчаной пробки, следует прекратить уходку до тех пор, пока пробка не будет ликвидирована. Бурение возобновляется лишь после того, как установится нормальное давление на компрессоре.

4. Следить за интенсивностью выноса шлама, и на время проходки песков установить постоянный контроль у выкидной линии.

5. Перед началом бурения проверять компрессор и буровой станок, чтобы избежать перерывов в работе.

6. После проходки толщи песков закрепить этот интервал обсадными трубами, во избежание осыпей и увеличения диаметра скважины.

7. При правильном режиме бурения слой шлама на забое должен быть не более 50 см, а расширение стенок скважины — не более 30%.

8. В случае прихвата песчаным шламом освободить снаряд путем расхаживания с одновременным вращением на II или III скорости, что приводит к вибрации, благодаря которой пробка быстро разрушается.

Соблюдая перечисленные правила, удалось пройти в поверхности пласт сухих песков в Кызылкумах мощностью до 22 м за 1,2 ч без осложнений. В более мощных пластах бурение возможно с одновременной обсадкой скважины, вслед за снарядом. Обсадные трубы спускаются в песках под действием собственной тяжести или при небольшом вращении, — после того как под башмаком образуется свободное пространство. Во избежание прихвата снаряда песком, выход колонковой трубы из-под башмака колонны не допускать более чем на половину ее длины. Нарращивание колонны по мере уходки производится короткими трубами (0,2—1—1,5—2—2,5 м). После использования всех коротких труб их отвинчивают и заменяют стандартной трубой.

Бурение по пескам с одновременной посадкой колонны возможно на передвижных установках роторного типа.

Если конец обсадной колонны при наращивании оказывается выше роторного стола и вращение снаряда невозможно, бурение сводится к продувке и интенсивному расхаживанию снаряда. При таких условиях колонна будет садиться. Для предохранения станка от попадания шлама на обсадную колонну надевают брезентовый воротник диаметром 1 м, а на ведущую штангу — брезентовый зонт (рассекатель). При этом порода, выдуваемая из скважины, ударяясь о зонт, попадает на брезентовый воротник.

Описанным методом в Кызылкумах пройдена толща песков более 40 м.

2. БУРЕНИЕ ПО ВОДОНОСНЫМ ПЕСКАМ

Опыт работы в Кызылкумах показал, что в отдельных благоприятных случаях возможно бурение с продувкой воздухом по водоносным пескам небольшой мощности и незначительных водопроявлениях, если строго соблюдать соответствующие правила. Наиболее трудна в сравнении со всеми другими породами проходка по плывунам. Поэтому данный вид бурения целесообразен лишь в особых случаях, когда он экономически оправдан, с соблюдением следующих условий.

1. При вскрытии водоносных песков мощностью не более 5 м, с малыми водопроявлениями и при наличии подстилающих глин искусственная глинизация стенок дает возможность продолжать бурение для вскрытия основного водоносного горизонта. Но если качественная характеристика вскрываемого горизонта неудовлетворительна, толщу этих песков следует закрепить трубами.

2. Водоносные пески мощностью до 7 м можно бурить, если вскрываемый горизонт намечен для эксплуатации и дальнейшая проходка будет прекращена.

3. При вскрытии водоносных песков мощностью более 7 м, предназначенных для эксплуатации, целесообразно комбинированное бурение: по вышележащим породам — с продувкой воздухом, а далее — с глинистым раствором.

Бурение по плавунам требует максимальной осторожности. При этом необходимо особо внимательно следить за состоянием забоя. Успех работы зависит от быстроты углубления. Нельзя допускать излишней продувки на одном и том же интервале.

Работу надо организовать так, чтобы при проходке толщи песков исключить возможность перерыва. При этом следует своевременно подготовить колонну обсадных труб, если предполагается закрепить плавун, или фильтр для оборудования скважины с целью эксплуатации (при бурении на воду).

Бурение на воду наиболее благоприятно при условии, если заканчивается вскрытием одного водоносного горизонта. Если же вода вскрытого горизонта не удовлетворяет по своему качеству и количеству, то бурение в нижележащем горизонте осуществимо лишь после закрепления пройденного интервала обсадными трубами.

В каждом конкретном случае необходимо учесть все факторы, свидетельствующие за и против применения той или иной промысловой среды.

При встрече водоносных песков мощностью не более 3 м и с незначительным водопроявлением, расположенных близко от второго водоносного горизонта и удовлетворяющих по качеству, можно продолжать бурение без обсадки трубами.

При бурении на твердые полезные ископаемые не исключена встреча песков. Проходка сухих песков мощностью до 5 м включительно не вызывает особых затруднений при соблюдении должного режима. Если же мощность сухих или водоносных песков более 5 м, для бурения до проектной глубины их следует закрепить обсадными трубами.

При проходке водоносных песков рекомендуются следующие профилактические мероприятия:

1. Бурить короткой-расширителем любой конструкции, колонковой трубой длиной 0,5 м и шламовой трубой длиной 3—4 м.

2. Бурить с полной разгрузкой снаряда, минимальным числом оборотов и максимальной подачей воздуха.

3. Вскрывать всю толщу песков мощностью до 7 м по возможности за один-два рейса, избегая повторной проходки по тому же интервалу.

4. Периодически подавать в воздушную ливню по 10—20 л воды для создания на забое аэрированной смеси с целью очистки скважины от шламовой эмульсии, чтобы не допустить образования песчаной соляниковой пробки.

5. Неуставно следить за интенсивностью выноса шламовой эмульсии.

6. Исключить возможности перерыва в подаче воздуха и вращения снаряда.

7. Спуск и подъем снаряда осуществлять через 5-струнные талп. Это дает возможность в случае прихвата произвести эффективное расхаживание.

8. Если предполагается крепление стенок скважины после проходки всей толщи песков, своевременно подготовить колонну обсадных труб для немедленного спуска.

Для посадки колонны рекомендуются три способа.

1. Путем вращения. Если это не удастся, посадку колонны производят через шпindelь станка или лебедку (на глубине не более 300 м).

2. Комбинированный метод — путем вращения и давления.

3. Если и этим способом не удастся довести колонну до забоя, то спускают снаряд малого диаметра и разжижают песчаную пробку аэрированной смесью, после чего колонна при вращении свободно доходит до забоя.

3. БУРЕНИЕ ПО ВЛАЖНЫМ ПОРОДАМ

Проходка влажных пород связана с некоторыми трудностями. Несоблюдение основных правил ведет к налипанию шлама на стенки скважины и в отдельных случаях — к образованию соляниковой пробки, вследствие чего вынос шлама начинает постепенно уменьшаться.

При быстром налипании шлама на стенки скважины и образовании глинистых корок уменьшается ее диаметр, подъем снаряда становится весьма затруднительным. Величина сужения ствола зависит от степени влажности проходимых пород.

По данным экспериментального бурения, налипание шлама на стенки скважины начинается на высоте 3—10 м от забоя и кончается на высоте 15—25 м. Шлам, выходя из-под торца коронки под большим давлением, устремляется вверх. На высоте 3—10 м от забоя начинается налипание, причем крупные частицы шлама накапливаются в нижней части указанной зоны, а более мелкие — в верхней.

Это всегда подтверждается при подъеме снаряда: в нижней части ствола подъем становится затруднительным, а в верхней — более свободным.

Интенси́вность налипания в большой степени зависит и от соединения буровых труб (муфтовых замков): чем меньше кольцевой зазор между стенками скважины и замками, тем сильнее налипание.

Выше 20—25 м от забоя давление воздуха снижается и вихревой поток около муфтовых замков ослабевает. Если и происходит налипание, то лишь незначительное и только за счет мелких частиц, что не затрудняет подъема снаряда.

Налипание шлама на стенки скважины вначале вызывает столь незначительное повышение давления на компрессоре, что на манометре это не отражается. При образовании сальниковых пробок выход шлама постепенно прекращается, а давление на компрессоре начинает повышаться.

Что же касается налипания шлама на снаряд, оно настолько незначительно, что не препятствует его подъему и процессу бурения.

Борьба с налипанием шлама на стенки не представляет больших трудностей. Этого можно избежать путем следующих мероприятий:

1. В целях уменьшения количества получаемого шлама и улучшения режима воздушного потока бурить только с подъемом керна.

2. Применять буровой снаряд, состоящий из коронки-расширителя, колонковой трубы длиной 2 м и режущего стакана длиной 1,5 м.

3. Уходку забоя без подъема керна не допускать более 5 м за рейс. При ограниченной уходке уменьшается как высота налипания, так и величина сужения ствола скважины.

4. Чтобы своевременно удалить со стенок скважины налипшую корку и устранить образование сальниковых пробок, необходимо через каждые 2—3 м уходки расхаживать снаряд на длину рабочей штанги. При этом режущий стакан снимает со стенок корку и разрушает сальниковую пробку.

5. При пакапливании на забое крупных кусков шлама и невозможности их подъема воздухом следует, во избежание прихвата снаряда, очищать забой короткой колонковой трубой (0,5 м) и длинной шламовой (3—4 м). В крайнем случае шлам можно удалить с забоя без подачи воздуха — «всухую», путем затирки.

6. При спуске снаряда следить за его свободным движением; в тех местах, где он проходит с затруднением, включить воздух и повторно расширить стенки скважины. Время, затраченное на это, окупается при дальнейшей работе, а главное, создается полная уверенность в проходке без осложнений.

7. В целях эффективной борьбы с налипанием, а также для устранения потерь давления в конусно-муфтовых замках рекомендуется применять штанги без замков, с наружной высадкой, путем соединения штанги в штангу.

4. БУРЕНИЕ ПО ВЯЗКИМ И ЛИПКИМ ГЛИНАМ

Проходка по вязким и липким глинам требует особого режима. Обладая высокой вязкостью, наподобие эластичной резины, они очень плохо поддаются бурению, под небольшим давлением впрессовываются в коронку и закрывают доступ воздуха на забой. При вращении коронки над ней образуется сальниковая пробка, которая мешает дальнейшей уходке, и вынос шлама на поверхность значительно уменьшается. При окончательном запечатывании коронки давление на компрессоре повышается до предела и дальнейшее бурение невозможно.

Для устранения этих трудностей рекомендуется следующая методика.

1. Применять буровой снаряд, состоящий из коронки-расширителя, с зазором между стенками скважины и колонковой трубой по 20 мм на сторону, с выпуском резцов на 5 мм внутрь, колонковой трубы обычной длины и режущего стакана длиной 1,5—2 м.

2. Бурить только с подъемом керна.

3. Во избежание прихвата снаряда, работать укороченными рейсами.

4. Через каждые 40—60 см уходки систематически расхаживать снаряд, чтобы предотвратить сужение ствола скважины; и только убедившись в свободном перемещении снаряда вверх и вниз, начинать бурение по новому забою.

5. Чтобы устранить налипание породы на стенки скважины и на снаряд, периодически подавать в манифольд соляровое масло по 5—10 л за рейс. Благодаря этому керн свободно проходит в колонковую трубу.

6. Если влажность глины увеличивается и намечается встреча водопосных горизонтов, то вместо солярового масла в манифольд подавать воду, по 10—15 л за рейс. Аэрированная смесь разжижает сальниковую пробку, пробивает в ней каналы для прохода воздуха и очищает стенки скважины от налипшей породы.

7. При бурении в особо вязких и липких глинах в качестве крайней меры можно применять затирку породы «всухую», без подачи воздуха. Перед спуском снаряда на забой необходимо подать через устье скважины 5—10 л солярового масла. Для лучшей обработки забоя нужно часто расхаживать снаряд. Уходку за рейс не допускать более 1,5 м.

При соблюдении перечисленных условий скорость проходки достигает 10 м/ч.

8. В процессе бурения, с целью профилактики, установить места затруднительного подъема и спуска снаряда и на этих интервалах дополнительно обработать стенки скважины долотом.

В табл. 57 приведены основные параметры бурения труднопроходимых пород с продувкой воздухом при диаметре бурения 92—112 мм и глубине до 250 м.

Породы	Способ проделывания вододулятора	Конструкция снаряда	Режим бурения		
			осевая нагрузка, кг	число оборотов снаряда в 1 мин	расход воздуха, м ³ /мин
Пески сухие	Утрамбовка эл-трубного пространства цементным раствором	Коронка КР-2 Колоноквая — 0,5 м Шламояая — 4 м	50—70	I скорость	Не более 3,5—4 м ³ при глубине скважины 50 м
Пески водоносные	Утрамбовка породой Цементировака	Коронка КР-2 Колоноквая — 0,5 м Шламояая — 4 м	20—50	I скорость	6—8
Глины и мергели вязкие	Утрамбовка породой, заливка цементным раствором	Коронка КР-5 Колоноквая — 2 м Режущий стакан — 1,5 м	200—250	180—220	5—7
Глины и мергели вязко и липкие	Утрамбовка глиной	Коронка КР-5 Колоноквая — 2,5 м Режущий стакан — 1,5—2 м	100—150	130—220	5—7

5. БУРЕНИЕ ПО ТРЕЩИНОВАТЫМ ПОРОДАМ

Одна из серьезнейших трудностей бурения с продувкой воздухом, как и с промывкой глинистым раствором, — это потери промывочной среды, пачинаая с незначительных и кончая полной, во время проходки зон тектонических нарушений (трещины, каверны, пустоты).

В зарубежной литературе имеются сообщения, что в зонах потери циркуляции промывочной жидкости бурение с продувкой воздухом идет успешно и совсем нет указаний на потерю воздуха в дренирующих пластах. Все авторы объясняют возможность проходки в указанных породах тем, что трещины плотно коагулируются иламом, и в результате утечка воздуха прекращается.

Таблица 57

Режим воздушного потока			Способ проходки		
вынос шлама	давление на компрессоре, кг/см ²	подача жидкости на забой или раствора ЦАВ, л/мин	уходка за рейс, м	раскачивание снаряда	дополнительные приемы
Интенсивный	Не более 4	—	Не более 5	Непрерывное	—
С перерывами	До 8	—	Не более 3—5	Непрерывное	Перед подъемом, раскачивание снаряда на величину рабочей штанги
Неполный	До 7	3—5 л на 1 м проходки	2	Через метр, на длину штанги	При малом выносе шлама бурение «всухую»
Слабый	До 7	2—2,5 л нефтепродуктов на 1 м проходки	1—1,5	Непрерывное Через 40—60 см уходки	При большой вязкости бурение «всухую»

Хотя это мнение и соответствует действительности, но его нельзя признать правильным во всех случаях. Не все трещины, не говоря уже о кавернах и пустотах, можно закрыть шламом. При бурении скважин большого диаметра, когда на забое образуется много шлама, и при достаточной подаче воздуха кольматаж трещин достигается быстрее и эффективнее. Но при диаметре до 150 мм и ограниченном количестве воздуха это весьма затруднительно.

Из опыта известно, что во время проходки трещиноватых пород возникают потери воздуха, целиком зависящие от характера и величины трещин. Потери в первую очередь отражаются на режиме воздушного потока. Очень часто эти изменения режима стараются объяснить малой производительностью компрессора, игнорируя тот факт, что давление на нем остается достаточным.

Характерная особенность при потере воздуха в трещинах та, что давление на компрессоре падает, выход воздуха со шламом начинает уменьшаться и при наличии больших трещин полностью прекращается. При этом увеличение подачи воздуха не дает никакого эффекта, так как, он вместе со шламом уходит в зияющую трещину. Что же касается бурения в кавернозных и сильно дрепирующихся породах, здесь можно восстановить циркуляцию воздуха только при помощи обсадных труб.

Трещиноватые породы по степени утечки воздуха можно условно разделить на три вида.

Первый вид. Незначительные трещины с ограниченной областью промывочной среды, когда трудно заметить утечку воздуха. Потери промывочной среды в таких трещинах непродолжительны и столь незначительны, что невозможно заметить изменений в режиме воздушного потока. Условия работы при этом наиболее благоприятные, ибо трещины легко поддаются кольматажу.

При бурении в зонах поглощения часть воздуха продувается в трещины, а большинство вместе со шламом достигает поверхности. Бурение при этом безопасно. Для уверенности в отсутствии накопления шлама на забое необходимо систематически расхаживать снаряд. Состояние забоя характеризуется показаниями манометра и выносом породы на поверхность. При накоплении шлама в скважине давление постепенно повышается, а выход шлама из выкидной липы уменьшается. При окончательном закрытии трещины рабочее давление на компрессоре быстро восстанавливается.

Второй вид. Зияющие трещины, вскрытие которых заметно во время бурения. Режим воздушного потока резко ухудшается, выход шлама временами прекращается (когда шлам вместе с воздухом уходит в трещины и забой остается чистым), а временами восстанавливается. В таких случаях следует, не прекращая бурение, часто расхаживать снаряд. Если зона трещины распространяется на небольшую глубину, то постепенно происходит кольматаж. Но когда трещины не закрываются, на забое начинает накапливаться шлам.

Бурение в этих случаях надо остановить, и ликвидировать утечку воздуха. Если же выход шлама прекращается, но при этом он не накапливается в скважине, то при соблюдении осторожности можно бурить, не опасаясь прихвата.

Третий вид. Зияющие трещины больших размеров. Нагнетаемый воздух, независимо от количества, безвозвратно уходит в них вместе со шламом, и выход на поверхность совершенно прекращается. Давление падает, так как воздух, уходя в трещины, не встречает никакого сопротивления. Бурение в таких условиях возможно при полном уходе всего шлама. При этом необходимо работать с большими предосторожностями и частым расхаживанием снаряда. Восстановление циркуляции воздуха в таких условиях невозможно без дополнительных работ.

Очень часто встречаются каверны и пустоты такой величины и формы, что в них проваливается весь снаряд. При бурении в таких зонах очень важно уловить начало этих пустот. Восстановление циркуляции промывочной среды (как воздуха, так и жидкости) без закрепления интервалов пустот невозможно.

Особенно сложно закрытие пустот, заполненных мелкой плавучей дресвой. Для этого существуют два способа: спуск обсадной трубы на твердое основание или поинтервальная цементация пустот. Выбор того или иного способа зависит от величины пустот: при больших пустотах рекомендуется спуск обсадной колонны, а если объем их невелик, то целесообразна цементная заливка.

При бурении по трещиноватым породам необходимы следующие мероприятия.

1. Внимательно следить за изменением режима воздушного потока.

2. При незначительных утечках воздуха, когда не удается полностью закрыть трещины шламом, производить затирку их глиняными шариками или цементной пастой.

3. Если воздух со шламом полностью уходит в зияющие трещины, бурение можно продолжать, соблюдая осторожность.

4. Если требуется восстановить циркуляцию воздушного потока, следует произвести через штанги заливку цементным раствором выше зоны трещин.

5. Если не удастся закрыть трещины цементным раствором, надо попытаться закупорить их волокнистыми веществами (рубленые хлопковые коробочки, волокна камыша, древесные опилки и др.), которые, проходя в трещины, образуют каркас для удержания цементного раствора. При этом на 1 м заливки цементом рекомендуется от 5 до 10 кг волокнистого вещества. Если ликвидировать утечку указанным методом не удастся, закрепить скважину обсадными трубами.

6. Восстановление воздушного потока при проходке каверн и пустот достигается только путем спуска обсадной колонны с заливкой башмака цементом.

Таблица 58

Материалы	Фракционный состав, мм	Оптимальный процент добавки
Слюда	0,5—10	0,1—1
Целлофан	0,5—10	0,1—1
Кожа «горох»	0,5—6	0,1—0,5
Кордное волокно	0,5—20	0,1—0,2
Губчатая резина	0,25—4	0,1—0,2
Рубленые хлопковые коробочки	0,5—20	0,1—0,5
Волокна камыша	0,5—20	0,1—0,5

7. При проходке небольших каверн и пустот целесообразна поинтервальная цементная заливка. Указанный способ выгодно отличается тем, что получается экономия цемента и возможность закрытия пустот на большую глубину без потери диаметра бурения.

Описанный метод открывает широкие возможности бурения с продувкой воздухом в труднопроходимых породах.

В табл. 58 приводится фракционный состав наполнителей и оптимальный процент добавки к цементному раствору.

6. БУРЕНИЕ ПО ГАЛЕЧНИКАМ

В настоящее время за рубежом и в СССР мало известно о бурении скважин с продувкой воздухом по галечникам. Между тем при бурении на воду да и на другие полезные ископаемые нередко приходится встречаться с сухими или водоносными галечниками. Отсутствие опыта ограничивает возможность применения газозадушенного агента в таких условиях, особенно при проходке разведочных гидрогеологических скважин.

Учитывая практическое значение вопроса, мы сочли необходимым провести следующие работы. С этой целью в специализированной лаборатории САИГИМС пробурена первая экспериментальная скважина глубиной 19,1 м, станком ЗИФ-300, с компрессором производительностью 4,5 м³ и давлением 7 кг/см². Станок помещался на высоком стенде — 2,5 м от поверхности земли, что дало возможность бурить с одновременной посадкой колонны.

Таблица 59

Породы	Мощность, м	Категория по ЕНВ
Суглинки	4,00	I
Суглинки песчаные	2,20	II
Гравийно-песчаный горизонт	5,80	IV
Галечник	3,00	VII—VIII
Крупный галечник	1,20	VII—VIII
Глина	0,85	II
Гравийно-песчаная толща	2,05	IV

Породы	Категория по ЕНВ	Режущий инструмент	Диаметр бурения, мм	Пробурено, м
Суглинки	I—II	Коронка КР-2	132	7,05
Гравийно-песчаные	IV	Коронка МР-6	112	7,85
Галечник	VII—VIII	Шарошечное долото	94	4,20

Геологический разрез скважины представлен в табл. 59.

Забуривание по суглинкам до глубины 1 м осуществлено коронкой КР-2 диаметром 132 мм. Пройденный интервал закреплен кондуктором диаметром 127 мм, который служил основанием для крепления превентора.

Гравийно-песчанистый горизонт пройден коронкой МР-6 с обсадными трубами диаметром 108 мм.

На глубине 6,2 м вскрыт водоносный горизонт, дебит воды в котором по мере углубления непрерывно увеличивался: вначале он составлял 0,5 л/сек, а после вскрытия горизонта мощностью 12,9 м увеличился до 3 л/сек.

Бурение по галечникам осуществлялось трехшарошечным долотом типа К, диаметром 94 мм; изредка спускали коронку МР-6 диаметром 92 мм — для проходки встречающихся валунов и очистки забоя от крупных галек.

Технологический режим бурения приводится в табл. 60. Проходка по гравийно-песчанистой толще с наличием воды успешно осуществлялась при одновременном спуске обсадных труб. В галечниковом горизонте использовались шарошечные долота, также с одновременной посадкой колонны путем вращения. Раздробленная порода крупными кусками вместе с водой выносилась на поверхность. Интенсивный вынос достигался при малом выходе забоя из-под башмака колонны, ибо при таком условии лучше сохранялся скоростной напор; при увеличении же выхода более 50 см напор резко снижался и вынос шлама ухудшался.

При подаче воздуха до 3 м³/мин очистка скважины происходила удовлетворительно; диаметр выносимых галек достигал 25 мм и более. При накоплении крупной гальки забой очищали, увеличивая давление на компрессоре до 7 кг/см² путем быстрого открывания задвижки на стояке циркуляционной системы; в результате воздух выбрасывал не только мелкие, но и крупные гальки диаметром до 50 мм. Периодическая очистка забоя таким способом немного ускоряла обсадку скважины.

Полученный небольшой опыт показывает, что бурение в сухих и водоносных галечниках с продувкой воздухом возможно в производственных условиях.

Таблица 6

Расход коронок и долот, шт.	Режим бурения			
	осевая нагрузка, кг	число оборотов в 1 мин	расход воздуха, м ³ /мин	давление на компрессоре, кг/см ²
1	100—150	102	2,3—3,5	1,5
9	300—400	102—182	2,5—3,0	1,5—2,0
1,5	500—600	102—182	2,5—3,5	2,0—2,5

Выводы

1. Бурение по галечникам с продувкой воздухом возможно при одновременном спуске обсадных труб, с интенсивным вращением, следом за снарядом и при выходе забоя из-под башмака не более 50 см.

2. Для проходки по галечникам рекомендуются трехшарошечные штыревые долота типа К. I

3. Колонна обсадных труб должна быть достаточно прочной и иметь муфтовые соединения.

4. Для предохранения от износа и для быстроты продвижения по галечнику башмак колонны следует армировать победитами.

5. Забой необходимо периодически очищать от крупного шлама и гальки под большим давлением воздуха.

6. Для успешной посадки колонны следом за снарядом необходимо иметь короткие обсадные трубы длиной 1; 1,5; 2 и 2,5 м.

ГЛАВА VIII

БУРЕНИЕ В ПОРОДАХ С ВОДОПРОЯВЛЕНИЯМИ

Бурение в породах с водопроявлениями осуществляется двумя способами: 1) с периодической подачей воды в поток воздуха и 2) с периодической подачей химических добавок.

Первый способ целесообразен при бурении неглубоких скважин с водопритоками до 1—1,5 л/сек, второй — при бурении глубоких скважин с водопритоками до 3 л/сек и более.

Бурение с периодической подачей воды в поток воздуха

Одна из основных трудностей, ограничивающих широкое применение воздуха в качестве промывочного агента, — это вскрытие вод в скважине.

В зависимости от количества поступающей воды, на забое образуется шламовая масса той или иной консистенции. Чтобы устранить эту помеху, применяются различные методы — в зависимости от консистенции шламовой массы, которую условно можно разделить на четыре группы: 1) тестообразная, 2) кашцеобразная, 3) сметанообразная, 4) жидкая (шламовая эмульсия).

Характеристика шламовой массы и методы устранения помех при бурении

Тестообразная масса, обладающая высокой вязкостью, образуется при самых ничтожных водопроявлениях, 0,1—1 л/мин.

При бурении торец коронки забивается породой, вследствие чего давление на компрессоре повышается до предела; вынос породы и выход воздуха прекращается. Порода на стенке скважины не налипает. Дальнейшее бурение становится невозможным, так как грозит неизбежным захватом.

Для ликвидации указанных помех снаряд приподнимают над забоем на 20—30 см, в результате чего коронка под давлением воздуха освобождается от забившей ее породы. Перед началом дальнейшей проходки в скважину подают 10—15 л воды, создавая таким образом аэрированную смесь, и путем вращения снаряда размешивают шламовую массу. Если выброса все-таки не достигается, подают вторую порцию воды, и забой удастся очистить.

Бурение продолжается с периодической подачей аэрированной жидкости в таком же порядке. Если с углублением скважины приток воды увеличивается и ее оказывается достаточно для непрерывного выдувания шламовой эмульсии, подачу жидкости прекращают. Если же сохраняется прежний приток, необходимо перейти на периодическую подачу воды через циркуляционную систему путем заливки в воздушную линию или при помощи импульсатора.

Кашицеобразная масса образуется при большем притоке воды, чем в первом случае. Шлам подвижен и менее вязок, но этого еще недостаточно для его выдувания: масса налипает густым слоем на стенки скважины и снаряд на высоту до 30 м от забоя. Такую массу даже при больших давлениях не удастся поднять на поверхность. При этом углубление скважины не замедляется, и у бурового мастера создается ложное впечатление о благополучии. В действительности же разбуренная порода поднимается над снарядом и налипает на стенки скважины, вследствие чего давление на компрессоре постепенно повышается. При перерыве в бурении шламовая масса садится на снаряд, и при подъеме последнего неизбежно происходит затяжка его шламом.

Очистку забоя и дальнейшее бурение надо производить с периодической подачей воды в воздушную линию порциями по 5—10 л. Если с углублением скважины приток воды не увеличивается, аэрированную смесь подают в больших количествах, нужных для полной очистки от шлама.

Сметанообразная масса удельным весом 2—2,5, образуется в условиях притока воды до 20 л/мин.

Режим воздушного потока характеризуется непостоянством. Шламовая масса выдувается неравномерно, так как давление на забое периодически увеличивается. Налипание на стенки скважины и снаряд незначительное. Периодические выбросы происходят за счет накапливания шлама и воды. Бурение и подъем снаряда становятся затруднительными, скорость проходки снижается.

Во избежание этих помех, следует бурить с периодической подачей небольшого количества воды. При увеличении притока воды в скважине, так же как и в первых двух случаях, подачу извне прекращают. Если же приток не увеличивается, продолжают подачу небольшими порциями; в результате бурения протекает нормально и скорость его не снижается.

Шламовая эмульсия образуется в условиях, когда приток воды достигает 20 л/мин и более. При этом никаких трудностей не возникает, забой все время остается чистым, режим воздушного потока

стабилизируется. Такое состояние шламовой массы — наилучшее при бурении с водопроявлениями.

* * *

Успех проходки скважины с водопроявлениями зависит главным образом от подачи на забой необходимого количества аэрированной смеси — соответственно консистенции шламовой массы. Оптимальное количество воды или раствора устанавливается опытным путем в каждом конкретном случае. Если при этом удастся достигнуть гармонического сочетания «воздух — жидкая фаза», то устраняются все трудности. Воду или раствор в малых количествах можно подавать в воздушную линию через циркуляционную систему, а в больших — через импульсатор.

Бурение с большими притоками воды

Бурение с притоком воды до 1,5 л/сек не вызывает особых трудностей, кроме увеличения давления на компрессоре на 1—1,5 кг/см² против обычного. При более обильных водопроявлениях возникают некоторые трудности. В случаях перерыва бурения на забое образуется высокий столб воды, для выдувания которой требуется большое пусковое давление, а для выноса шлама — увеличение подачи воздуха. Для этого устанавливается дополнительный компрессор. Если же его нет, выдувание столба воды осуществляется интервально — путем спуска снаряда на забой с двумя-тремя понижениями, каждое по 20—30 м; или в колонну буровых труб включают муфты-смесители для аэрирования столба воды (см. рис. 4). Воздушный поток надо регулировать так, чтобы полностью очистить забой.

Вопрос о бурении с продувкой воздухом при большом притоке воды должен разрешаться в каждом отдельном случае только на основании экономической целесообразности, ибо иногда оно может оказаться нерентабельным.

Бурение с периодической подачей химических добавок в поток воздуха

Для успешной борьбы с водопроявлениями при помощи химических реагентов необходимы следующие данные: 1) характеристика водосодержащих пород, 2) ожидаемый дебит воды и ее химический состав, 3) глубина залегания кровли и подошвы водоносных пород, 4) характеристика вод (пластовые или трещинные).

Эти сведения помогут облегчить выбор метода борьбы с возникающими трудностями.

По дебиту водопроявления условно можно разделить на три группы: 1) с притоком до 0,2 л/сек, 2) от 0,2 до 1,5 л/сек и 3) более 1,5 л/сек.

Бурение с притоком воды до 0,2 л/сек. При незначительных водопроявлениях шлам, смешиваясь с водой, образует крупноагрегатную густую массу, которую не удается поднять наверх даже увеличив давление компрессора до предела; это ведет к палипанию шлама на стенки скважины и образованию сальников над снарядом. Выход шлама, как правило, прекращается. Во избежание этого, применяют поверхностно-активные вещества (ПАВ) — пенообразователи, которые небольшими порциями подают в поток воздуха.

При соприкосновении пенообразователя с водонасыщенной породой образуется пенная масса малого удельного веса, которая вместе со шламом выносится воздухом. Поверхностно-активные вещества, в молекулах которых имеются гидрофильные группы, образуют защитную пленку на частицах шлама, благодаря чему предотвращается слипание их друг с другом; в результате прекращается палипание шлама и образование сальников.

За рубежом в борьбе с незначительными водопроявлениями широко применяется порошкообразный силикагель, являющийся адсорбентом-поглотителем; его используют для осушения шлама. Влажный шлам, обработанный силикагелем, перестает слипаться. Используются также гидрофобные порошки. Эффективными оказались кальциевые и цинковые соли стеариновой кислоты (стеарат кальция и цинка), которые заслуживают дальнейшего исследования.

Из отечественных поверхностно-активных веществ высокой вспенивающей способностью обладают ОП-7 и ОП-10, предложенные Б. С. Флатовым и Н. С. Макуриным. Эти ПАВ представляют собой маслянистые жидкости или пасты от светло-желтого до светло-коричневого цвета, со слабым запахом. Заслуживают внимания также пенообразователь ПО-1, смачиватель ДБ, азолят А, пеногенераторный порошок ПГП-1, смачиватель НБ (пекаль).

Опыт бурения с поверхностно-активными веществами

В производственных условиях испытаны САНГИМСом пенообразователь ПО-1, смачиватель ДБ, сульфатол НП-1 и пеногенераторный газ (ПГП-1).

Геологический разрез скважин, где испытаны перечисленные ПАВ, состоял в основном из спенитодiorитов и гранодиоритов VIII—IX категорий буримости. В разрушенных спенитодiorитах были вскрыты трещинные сульфатно-гидрокарбонатно-магнезио-кальциево-натриево-кальциевые воды с дебитом 12—14 л/мин. В процессе бурения подавали по 15—20 л ПАВ через штанги не менее двух раз за рейс (в начале и в конце его). При таких дозах достигались эффективное пенообразование и лучший вынос шлама.

За время экспериментального бурения не было ни одного случая осложнений и аварий. Шлам выносился на поверхность в виде пенной массы. Спуско-подъемные операции осуществлялись без затруднений. По данным опытных работ, Х. Абдумажитов

(САИГИМС) рекомендует следующую концентрацию водных растворов ПАВ (%):

- а) пенообразователь ПО-1 0,5—1,
- б) смачиватель ДБ 0,3—0,5,
- в) сульфатол НП-1 0,5—1,0,

Пеногенераторный порошок ППП в данных условиях оказался непригодным.

Таким образом, опытные работы подтвердили, что ПО-1, смачиватель ДБ и сульфатол НП-1 являются эффективными средствами борьбы с осложнениями в обводненных геологических разрезах. Кроме того, установлено, что жесткость подземных вод не оказывает большого влияния на основные свойства указанных веществ.

Всесоюзный институт техники и методики разведки предложил для внедрения в практику геологоразведочных работ азолит А и смачиватель НБ (некаль).

Заслуживает внимания также поверхностно-активное вещество сульфат, представляющее собой смесь натриевых солей. Хорошие результаты достигнуты с применением ПАВ «прогресс» при ликвидации осложнений во время проходки липких и влажных глин.

При бурении глинистых и глинисто-песчаных пород с сильно минерализованными водами заслуживает большого внимания сульфат, который состоит из следующих компонентов в %:

натриевые соли алкилсульфокислот	89,5
хлористый натрий	не более 7,0
неомыляемые вещества	» 1,5
вода	» 2

Раствор сульфата применяют двух типов: без добавления поваренной соли и с добавлением ее.

Раствор готовится так. В бачок заливают 100 л воды и растворяют в нем 0,5 кг сульфата. Через 5 мин сульфат полностью растворяется и смесь готова к употреблению. При изготовлении раствора с поваренной солью на 100 л воды растворяют 0,5 кг сульфата и 5 кг соли. Расход раствора на 1 м проходки, по данным ИГРНИГМ, приводится в табл. 61.

Расход сульфата в соленой воде сокращается почти в 1,5—2 раза, а качество обработки скважины не ухудшается. Сульфат очень быстро разжижает сальниковые пробки в глинисто-песчаных толщах и улучшает выброс шламовой пульпы.

Таблица 61

Диаметр бурения, мм	Расход сульфата, л/м			
	в пресной воде		в соленой воде	
	от	до	от	до
130	4	5	2	2,5
140—150	5,5	7	3	5

Лаборатория техники разведки САИГИМС в течение многих лет проводит исследования, чтобы определить оптимальную концентрацию ПАВ, обеспечивающую нормальный процесс бурения в мягких и твердых породах с различной минерализацией подземных вод.

Сводные данные по результатам исследований приводятся в табл. 62.

Таблица 62

Породы	Минерализация подземных вод	Концентрация ПАВ, обеспечивающая нормальный процесс бурения, %		
		смачиватель ОП-10	азолят А	смачиватель НБ (пикаль)
Известняк	Слабая	1,5—2,0	1,5—2,5	1,0—1,5
Гранодиорит	»	1,0—1,5	2,0—3,0	1,0—1,5
Кварцевые порфиры	»	1,0—1,5	2,0—2,5	1,0—1,5
Глины	»	3—5	5	2,5—3,0
Сланцы	Умеренная	3—5	Непригоден	Непригоден
Глины	Сильная	5	То же	То же
Мергели	»	5	»	»

Как видно из табл. 62, концентрация ПАВ для мягких пород намного выше, чем для твердых. Азолят А и смачиватель НБ для пород с минерализованной водой оказались непригодными.

Бурение с притоком воды 0,2—1,5 л/сек

Умеренные водопритокки не создают особых трудностей. Поступающей на забой воды вполне достаточно для получения жидкой шламовой пульпы, которая легко выдувается на поверхность. Налипание шлама или образование сальников исключено. В отдельных случаях, когда нарушается постоянный режим потока вследствие скопления большого количества шлама на забое и выдувание шламовой пульпы происходит с перерывами, целесообразно подать в воздушную линию поверхностно-активные вещества, чтобы предупредить образование сальников. Для безопасности бурения в описываемых условиях желательно иметь резервный компрессор.

Давление на компрессоре, в зависимости от водопритока, повышается против такового при сухом бурении в аналогичных условиях на 1—1,5 кг/см².

Бурение с притоком воды 1,5—3 л/сек

Бурение с большими притоками воды возможно в плотных и устойчивых породах, когда исключается налипание шлама на стенки скважины. Образующаяся на забое шламовая пульпа удельного веса 1,20—1,25 при достаточном количестве воздуха легко выдувается на поверхность.

Бурение с большими притоками воды осуществляется тремя способами: 1) с большим расходом воздуха, 2) с изоляцией водоносных пород тампонажными смесями и 3) с изоляцией водоносных пород путем спуска обсадной колонны.

Бурение с большим расходом воздуха. Бурение в породах с большим притоком воды можно производить, установив дополнительные передвижные компрессоры любой марки, получая таким образом количество воздуха, нужное для нормального бурения. Чтобы увеличить давление в циркуляционной системе для преодоления большого столба воды на забое, требуется установка одного мощного передвижного компрессора УКП-80, производительностью $13 \text{ м}^3/\text{мин}$, при максимальном давлении 80 кг/см^2 , который будет выполнять функцию «дожимного» компрессора.

При наличии компрессора УКП-80, спаренного с несколькими компрессорами малого давления, и воздухохранилка большой емкости (не менее 10 м^3) можно успешно бурить на большую глубину малыми диаметрами, с хорошими технико-экономическими показателями.

Опыт Южно-Казахстанской нефтегазразведочной экспедиции подтвердил возможность проходки скважин с водопритоками до 5 л/сек .

Под нашим руководством в Кызылкумах было пробурено с двумя компрессорами производительностью по $8 \text{ м}^3/\text{мин}$ несколько скважин глубиной до 200 м , с притоком воды до $2,5 \text{ л/сек}$.

Изоляция водоносных пород тампонажем. Если нет возможности увеличить мощность компрессорного парка в зависимости от характера и мощности водоносных пород, целесообразно расширить скважину в интервалах водопроявлений и тампонировать их цементными смесями.

Изоляция водоносных пород обсадной колонной. Наиболее эффективный метод борьбы с большими водопритоками — спуск обсадной колонны для закрытия всей толщи водоносных пород. Однако он может быть целесообразным лишь при следующих условиях: 1) если вскрытые воды являются пластовыми; 2) когда вся толща водоносных пород полностью вскрыта; 3) когда объем дальнейшего бурения после обсадки запланирован не меньше, чем до обсадки.

Чтобы устранить попадание воды через неплотности соединений обсадных труб, сборку колонны следует производить на варе.

* * *

Существующее мнение, что продувка забоя воздухом при наличии водопроявлений якобы нерентабельна и что в таких случаях необходимо переходить на промывку глинистым раствором, — ошибочно. Оно полностью опровергается практикой буровых работ за рубежом и в СССР. Различные методы и средства изоляции водоносных пород дают возможность успешно бороться с водопроявлениями. За последние годы пройдено немало скважин с водопроявлениями и получены хорошие экономические показатели.

ГЛАВА IX

БУРЕНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН

При поисково-съемочных, картировочных, разведочных работах на воду в большинстве случаев применяют вращательное бурение с глинистым раствором, что препятствует получению надежной гидрогеологической характеристики вследствие глинизации водовмещающих пород. Водоносные горизонты очень часто настолько глинизируются, что не всегда можно восстановить приток воды к забою. Известно немало случаев, когда водоносные горизонты с хорошим притоком, пройденные с очисткой забоя глинистым раствором, считали малодебитными, а порою и совсем не замечали. При бурении же с продувкой воздухом исключается возможность пропуска, так как вскрытие даже только влажных пород резко отражается на режиме воздушного потока.

Гидрогеологические карты, составленные по данным разведочного колонкового бурения, часто корректируются бурением с продувкой воздухом. И там, где гидрогеологическая карта на определенных площадях показывает отсутствие водоносных горизонтов, при бурении с продувкой очень часто вскрываются горизонты с дебитом до 2 л/сек и более.

Ни одно полезное ископаемое при бурении с продувкой воздухом не вскрывается и не опробуется так легко, как вода.

1. УСЛОВИЯ БУРЕНИЯ НА ВОДУ

По данным наших опытов, бурение гидрогеологических скважин с продувкой воздухом целесообразно при следующих условиях.

1. Водоносные горизонты, сложенные из устойчивых пород.
2. Водоносные горизонты с малоустойчивыми породами мощностью до 10 м и при наличии подстилающих глин, которые могут быть использованы для естественной глинизации стенок скважин.
3. Чередующиеся водоносные горизонты, разделенные пачками глин; последние могут быть использованы для глинизации стенок скважины.

4. Водоносные пески мощностью не более 5 м, с подстилающими глинами.

5. Трещинные воды с притоком не более 3 л/сек.

6. Водоносные пески с малым напором, мощностью до 7 м (если после их вскрытия бурение будет закончено).

7. Водоносные галечники мощностью не более 10 м.

2. ВСКРЫТИЕ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ

Вскрытие водоносных горизонтов при бурении с продувкой воздухом неизмеримо проще и дает лучшие результаты опробования, чем при бурении с промывкой раствором. При очистке забоя воздухом исключаются гидростатическое давление глинистого раствора на стенки скважины во время проходки водоносного горизонта и их кольматация раствором.

Вскрытие водоносного горизонта определяется следующими признаками:

1. По мере приближения забоя к кровле режим воздушного потока изменяется вследствие увеличения влажности пород.

2. Уменьшается вынос шлама за счет его налипания на стенки скважины и колонковую трубу.

3. При вскрытии кровли режим воздушного потока резко ухудшается. Вынос шлама прекращается, давление на компрессоре возрастает, подъем снаряда становится затруднительным.

4. По мере проходки по водоносному горизонту приток воды увеличивается, и все трудности, возникшие при его вскрытии, исчезают; проходка продолжается с выносом шламовой эмульсии.

5. Чтобы ускорить вскрытие, проходку можно производить с подачей небольшого количества воды в воздушную линию (5—10 л на 1—1,5 м проходки) или в крайнем случае на глубину не более 1,5 м, без подачи воздуха — «всухую».

6. При увеличении притока воды переходят с «сухого» бурения на бурение с продувкой.

7. Бурить по водоносному горизонту надо форсированными темпами — для быстрого увеличения притока воды к забою.

3. ОПРОВАНИЕ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ

Одновременно с бурением производится замер дебита воды — пробные откачки. После вскрытия горизонта осуществляются пробно-эксплуатационные откачки тем же компрессором, через каждый метр проходки, с замером дебита. На каждой из указанных глубин делается пять наблюдений и выводится средняя величина, которая принимается за удельный дебит на 1 м углубления.

Дебит воды замеряется до полного вскрытия горизонта. По мере дальнейшего углубления дебит непрерывно увеличивается, а при полном вскрытии стабилизируется.

При передаче скважины на пробно-эксплуатационные откачки ее углубляют на 1 м ниже водоносного горизонта — для установки фильтра со шламоотборником и продолжают откачку до полного просветления воды.

4. УСТАНОВЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ПОНИЖЕНИЯ СТОЛБА ВОДЫ ПРИ ПОМОЩИ МАНОМЕТРА

При откачке воды компрессором манометр на манифольде изменяет свои показания в зависимости от понижения ее уровня в скважине.

В первый момент продувки, при установившемся статическом уровне, нагнетаемый воздух испытывает сопротивление столба воды, и пусковое давление на компрессоре повышается до самоизлива.

По давлению на манометре можно определить высоту водяного столба: по мере выброса воды она начинает снижаться. Как только движение стрелки прекратится, манометр покажет димамический уровень.

Величина понижения столба воды при откачке определяется по формуле

$$S = 10 (p_1 - p_2),$$

где S — понижение в м; p_1 — пусковое давление в кг/см^2 ; p_2 — рабочее давление в кг/см^2 .

5. ИЗМЕРЕНИЕ ДЕБИТА ВОДЫ ПРИ ОТКАЧКЕ

Дебит воды определяется при помощи мерного сосуда. Во избежание искажений данных, получаемых при откачках, необходимо отделить в шламовой эмульсии воду от шлама. Этот процесс происходит в отстойнике.

Эмульсия поступает из скважины по выкидной линии на сетчатый противень, устанавливаемый над отстойником, и отделяющаяся от породы вода стекает через сетку в отстойник. При больших притоках замер производится отстойником, емкость которого равна 1 м³, а при малых — мерным ведром, установленным под краном отстойника.

6. ИЗОЛЯЦИЯ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ

Одно из основных требований, предъявляемых к бурящимся скважинам при разведке на воду, — качественное и количественное опробование каждого горизонта в отдельности. Поэтому после вскрытия и опробования он должен быть надежно изолирован от нижележащих путем тампонажа. Иначе возможно смешение воды с разной характеристикой и, кроме того, затрудняется бурение.

Тампонаж при разведочном бурении должен быть временным, так как в задачу разведки входит установление наличия водоносных горизонтов и их предварительной характеристики. Тампонаж произ-

водится также при бурении в трещиноватых и пористых породах с большой фильтрацией вод и при потере воздуха в трещинах.

Существуют два способа тампонажа при разведочном бурении: с обсадными трубами и без них. При выборе того или иного метода надо учитывать конкретные условия вскрываемого горизонта: его дебит, мощность и глубину залегания, а также характеристику водосодержащих пород.

Тампонаж с обсадной колонной: 1) задавливание башмака в пераспиренное пространство; 2) спуск обсадных труб с сальниковым уплотнением; 3) подбашмачный тампонаж глиной; 4) подбашмачный тампонаж цементным раствором.

Тампонаж без обсадных труб: 1) глиняными шариками; 2) цементным раствором; 3) синтетическими смолами.

ГЛАВА X

ПОДЪЕМ КЕРНА И ШЛАМА

Большинство отечественных авторов подтверждает, что выход керна при бурении с продувкой воздухом получается не ниже, чем при использовании раствора. Меньшинство же высказывает противоположное мнение.

Придавая вопросу о выходе керна большую роль, особенно при бурении в мягких породах, мы организовали на экспериментальных вышках специальные наблюдения для пород I—VII категорий. Полученные данные представлены в табл. 63.

Таблица 63

Породы	Категория по ЕНВ	Всего пробурено, м	Выход керна	
			м	%
Глина серая плотная	IV	23,0	16,1	69,7
Глина зеленая плотная	IV	20,5	17,4	84,3
Мергель светло-серый плотный	V	25,6	19,95	79,4
Песчаник известковистый	IV	37,4	16,6	44,4
Известняк	VII	19,9	17,7	88,4
Гипс серовато-зеленый кристаллический	IV	19,2	9,3	48,0

В табл. 64 приводится процент выхода керна при проходке твердых пород победитовыми коронками СМ-2М.

По материалам треста Ташкентгеология в табл. 65 приводятся данные по выходе керна при бурении алмазными коронками с продувкой воздухом в кварц-карбонатных породах IX—XI категорий.

Как показали эти наблюдения, при правильном режиме процент выхода керна получается не ниже, чем при использовании жидкого промывочного агента, а в некоторых случаях и выше. В Кызылкумах и других районах Средней Азии, с разной геологической характеристикой проходимых пород, процент выхода керна ни разу не получался ниже, чем при промывке раствором в таких же породах.

Таблица 64

Породы	Диаметр бурения, мм	Категория по ЕНВ	Длина рейса, м	Выход зерна, %
Известняки окремненные, трещиноватые	132	VIII	1,1	77
	112	VIII	2,30	95
	93	VIII	2,00	73
Известняки окремненные, частично скарипровапные, трещиноватые	112	IX	1,5	70
	93	IX	2,0	75

Таблица 65

Коронки	Диаметр бурения, мм	Пробурено, м	Выход зерна	
			м	%
M131 ВП	59	2,3	1,2	58
То же	59	22,9	18,1	79
M131 ПН	59	6,8	5,8	82
M131 13П	59	5,6	5,2	93
То же	59	16,6	14,0	84
»	59	8,9	7,6	85
»	59	10,5	8,3	80

Условия для получения зерна при очистке забоя воздухом значительно благоприятнее, так как при бурении с раствором зерна все время подвергается воздействию гидростатического столба, который по мере углубления скважины повышается. Кроме того, зерно, пропитавшийся жидкостью, теряет устойчивость, поэтому при бурении в мягких породах его выход резко снижается. А давление воздуха на зерно, независимо от глубины, остается небольшим.

Если проходные породы настолько слабы, что зерно под действием циркулирующего воздуха может разрушаться, следует применять колонковую трубу нашей конструкции с зерновым предохранителем-воздухорассекателем.

Предохранитель представляет собой цилиндр, сделанный из 1 — 1,5 мм кровельного железа. Длина его, в зависимости от характера проходных пород, — от 10 до 100 см; диаметр подбирается в зависимости от сечения колонковой трубы и должен быть несколько больше, чем диаметр зерна.

Внутри колонковой трубы помещается цилиндр длиной 100 см с конической крышкой-воздухорассекателем. Нижняя часть цилиндра имеет приливы, которые предохраняют его от выпадения через коронку.

Воздух, поступая из переходника в колонковую трубу, попадает на воздухорассекатель, рассеивается по ее стенкам и, омывая зерно,

поступает на забой. Кери, принимая обтекаемую форму, предохраняется от разрушения. Благодаря такому мероприятию выход его в слабых породах увеличивается на 20—25%.

На выход керна оказывает существенное влияние наличие вод в скважине: выход его снижается на 20—25% против обычного.

Сопоставление процента выхода керна в целом по скважине при бурении на воду с продувкой воздухом и промывкой раствором в Кызылкумах приводится в табл. 66.

Таблица 66

№ скважины	Промывочный агент	Пробурено, м	Поднято керна	
			м	%
23	Воздух	76,50	29,70	39,00
11		93,40	38,75	42,00
59	Воздух	66,80	33,80	50,90
71		96,50	51,15	53,00
13	В среднем по шести скважинам	98,05	41,20	42,00
8		114,50	57,70	50,40
		544,85	252,30	56,30
6	Глинистый раствор	75,00	42,85	57,10
8		58,70	22,85	38,40
10	В среднем по трем скважинам	58,80	17,45	29,90
		192,50	82,65	42,80

Как видно из табл. 66, выход керна при бурении с продувкой оказался не меньше, чем с промывкой, даже при водопроявлениях.

Этим опровергается мнение, что якобы сжатый воздух разрушает керн. Если выход керна при бурении по мягким породам и при наличии воды в скважинах составил 46,3%, то, несомненно, при наличии более твердых и сухих пород этот процент будет гораздо выше.

Подъем керна при бурении в породах до IV категории осуществляется путем затирки «всухую», т. е. без подачи воздуха на забой, а в породах выше IV категории — путем заклинкивания, как и при бурении с промывкой.

Чтобы получить высокий выход керна, рекомендуется следующий режим бурения: 1) окружная скорость — не более 1,2 м/сек; 2) осевое давление — не более среднего для данных пород; 3) при слабых породах применять рассекатель воздуха; 4) расхаживать снаряд не слишком часто, при амплитуде не более 10—15 см; 5) применять коронки с большим выпуском резцов внутрь, на 3—6 мм, в зависимости от характера пород; 6) отрыв керна при бурении пород I—IV категорий производить путем затирки.

Опробование рудного тела по шламу

Одним из существенных недостатков бурения с промывочным раствором тот, что при малом выходе керна шлам не представляется возможным использовать для геологических исследований. При бурении же с продувкой воздухом открываются широкие перспективы для использования шламового материала, создаются исключительно благоприятные условия для сбора всей разбуренной породы.

При хорошей герметизации устья скважины и строгом соблюдении технических условий в процессе работы выход разбуренной породы в шламоотборник может достигнуть 95—100%, а в редких случаях и выше 100 — за счет выдувания частиц породы со стенок скважины. Но практика показала, что лишний шлам в небольшом количестве не искажает результаты опробования.

Таким образом, при малом выходе или отсутствии керна при разведке на твердые полезные ископаемые сбор и исследование шлама должны стать обязательными — по всему разделу или раздельно по интервалам в зависимости от геологического разреза и целевых задач. При бескерновом бурении нашего улучшаются условия обнаружения литологических контактов, так как частицы шлама, не смешиваясь с частицами шлама вышележащих пород при больших подъемных скоростях, выносятся в течение нескольких секунд.

Пенообразующие реагенты и другие добавки не мешают анализу шлама: непрерывно наблюдая за изменением цвета воздушного потока, выходящего из скважины, вполне возможно определить характер проходных пород.

Сравнение результатов химического опробования шлама при бурении с продувкой воздухом и количественного опробования по методу селективного каротажа в сопоставимых интервалах (из опыта САИГИМС) приводится в табл. 67.

Как видно из табл. 67, результаты качественного опробования по каротажу и по шламу с продувкой воздухом сходны.

Особую роль приобретает величина частиц. Исследование показало, что некоторая часть шлама не перетирается, и ее можно отделить в фильтрах шламосборника. Количество шлама, годного для анализа, вполне достаточно для опробования рудного тела. Образцы исследованы в лабораторных условиях. По мнению геологов, шлам, полученный при бурении с продувкой воздухом, более пригоден для изучения. Зарубежный и отечественный опыт подтверждает хорошее качество опробования и большую технико-экономическую эффективность этого способа.

Существует мнение, что получаемый шлам нельзя признать представительным, ибо не исключена возможность его выдувания со стенок скважины и в результате — неточность при опробовании рудного тела.

Но в действительности, по данным нашего опыта, за малым исключением, когда бурение идет в сыпучих и легко разрушающихся породах, объемный вес шлама почти полностью соответствует теоре-

Таблица 67

№ пробы	Содержание полезного ископаемого, %	
	по шламу	по каротажу
392	1,27	1,23
394	1,63	1,78
349	5,28	5,80
423	0,64	0,67
424	0,52	0,50
426	0,42	0,40
402	0,59	0,43
404	0,48	0,43
436	0,33	0,39
437	1,22	1,00

тическому. Для доказательства этого вывода мы провели эксперименты в одной из кызылкумских партий.

Бурение производилось в породах IV—VII категорий, сплошным забоем, шарошечным долотом 3³/₄". Шлам, улавливаемый в циклоне, после каждого интервала опробования высушивали и взвешивали. Теоретический объемный вес определяли по заранее составленной таблице. Забой перед началом интервала опробования полностью освобождали от шлама. Полученные данные приводятся в табл. 68.

Таблица 68

Глубина опробования, м	Интервал опробования по шламу, м	Вес шлама с пройденного интервала, кг		Разница		%
		теоретический	фактический	увеличение	уменьшение	
3	1,50	52,50	55,00	2,50	—	4,7
6	0,63	22,50	26,50	4,00	—	20,0
10	1,00	35,00	32,00	—	3,00	8,6
11	0,96	33,50	27,50	—	6,00	18,0
14	0,72	25,20	26,00	0,80	—	3,1
15	0,58	20,30	23,90	3,60	—	17,7
16	0,44	15,40	14,20	—	1,20	8,0
31	0,70	24,50	29,30	4,80	—	20,0
34	2,27	79,45	76,90	—	2,55	4,2
40	1,80	63,00	60,00	—	3,00	4,7
48	2,19	76,65	78,90	2,25	—	3,0
50	1,51	57,85	57,00	—	0,85	1,4
61	0,63	15,12	12,10	—	3,02	20,0
80	2,21	53,04	50,04	—	3,00	5,6
81	1,16	27,84	26,50	—	1,34	5,0
85	2,05	49,20	45,50	—	3,70	7,5
93	1,88	46,08	45,20	—	0,88	1,4

Как видно из табл. 68, при опробовании пород мощностью 22,23 м разница между теоретическим и фактическим весом составила 11,59 кг в сторону уменьшения последнего на 1,6%. Теоретический вес шлама, вычисленный по диаметру скважины и глубине пройденного интервала, равен 698,13 кг, фактически поднято 686,5 кг. Следовательно, процент поднятого шлама по отношению к теоретическому составляет 98,4. Недобор 1,6% можно объяснить потерями за счет усушки, сортировки и утечки шлама через преентор, а избыток — за счет шлама, ранее оставшегося на забое, или осыпания пород со стенок скважины. Из 17 случаев опробования в 6 имело место увеличение выхода по сравнению с теоретическим и в 11 — уменьшение.

На основании сказанного можно сделать следующие выводы.

1. При бурении с продувкой воздухом в породах средней твердости не наблюдается большого расширения стенок скважины в результате выдувания.

2. Шлам, получаемый из циклона, соответствует пройденному интервалу и служит представительной пробой.

3. Когда в отдельных интервалах не удается получить керн, материалом для корректировки может служить шлам.

4. В исключительных случаях, когда выход керна по рудному телу не составляет нужного процента, — шлам, получаемый при бурении с продувкой воздухом, может служить материалом для геологических исследований.

* * *

Если проходимые породы однообразны и не представляют геологического интереса, шлам можно выпускать в атмосферу.

Когда бурение ведется сплошным забоем и сбор шлама производится при смене пород или через определенные интервалы, шлам можно собрать в секционном шламоотделителе.

При бурении на воду, для отделения ее от шлама, рекомендуется отстойник с сетчатым противнем.

При бурении сплошным или кольцевым забоем рекомендуется шламоуловитель ШПУ-1 или циклон со шламоборником.

ГЛАВА XI

АВАРИИ И ОСЛОЖНЕНИЯ. МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМИ

Продувка забоя воздухом имеет еще одно важное преимущество перед промывкой жидкостью — резкое снижение процента аварий. Многолетний опыт работ в Средней Азии показал, что аварии при очистке скважины воздухом весьма редки.

Сводные данные об авариях и простоях в процессе бурения диаметром 112—132 мм в породах II—VI категорий при использовании обоих промывочных агентов приводятся в табл. 69.

Таблица 69

Показатели	С промывкой раствором	С продувкой воздухом
Объем бурения, м	3600	8800
Количество скважин	24	55
Средняя глубина, м	154	160
Аварии, %	5,5	0,21
Простой, %	7,0	2,25

Ликвидация аварий при бурении с продувкой воздухом (прихват спаряда) заняла несколько смек. На ликвидацию каждой аварии (путем расхаживания спаряда под большим давлением воздуха) затрачивалось не более 3 ч.

Если бурение происходит с полной очисткой скважины от шлама, оставление в ней спаряда на длительное время не вызывает больших опасений. Наблюдалось немало случаев, когда спаряд, оставшийся на забое более суток, был поднят ловильным колоколом без применения гидравлики станка и подъемных талей.

Если работы на вышке хорошо организованы, используются контрольно-измерительные приборы и соблюдается технологический режим, при бурении с продувкой воздухом можно полностью избе-

жать осложнений и аварий. При этом немаловажную роль играет квалификация бригады и ее желание освоить новую технологию.

Особое внимание следует обращать на монтаж вышки, циркуляционной системы, укомплектование контрольно-измерительными приборами и трехроликовым талевым блоком. При таких условиях гарантируется возможность быстро ликвидировать осложнения и аварии при самых неблагоприятных обстоятельствах.

Несмотря на достаточную изученность глинистых растворов и широкое применение химических реагентов для их обработки, процент аварий в геологоразведочном бурении с промывкой, в частности по причине прихвата снаряда шламом, очень велик. Из общего количества аварий при бурении с раствором 80% возникает вследствие прихвата. При бурении же с продувкой воздухом процент их гораздо меньше.

Основные виды аварий, независимо от промывочной среды, таковы: 1) прихват снаряда, 2) обвал стенок скважины, 3) обрыв снаряда, 4) отвертывание снаряда, 5) заклинка снаряда.

Аварии первых двух групп зависят всецело от вида промывочной среды. Обвалы чаще всего происходят под действием промывочного раствора, особенно при бурении в слабо цементированных породах.

Аварии остальных трех групп возможны как при жидкой, так и при газообразной промывочной среде. Но при бурении с воздухом ликвидация их значительно проще.

Например, при бурении с раствором обрыв или отвертывание снаряда, как правило, заканчивается прихватом последнего. При бурении же с продувкой воздухом и нормальном выносе шлама аварии этой группы не вызывают прихваты, сколько бы времени он находился снаряд на забое, так как ствол скважины всегда остается чистым. А самое главное, ловильные работы на чистом забое значительно проще, чем в скважинах, заполненных раствором.

Заклинка снаряда кусками породы при бурении с раствором — частое явление, тогда как при продувке воздухом бывает очень редко, так как этому препятствует большая скорость воздушного потока.

Специфические аварии в результате прихвата снаряда при очистке забоя воздухом возможны в следующих условиях: 1) накопление в скважине сухого шлама, 2) бурение по влажным породам, 3) бурение по вязким глинам.

1. АВАРИИ И ОСЛОЖНЕНИЯ В СЛУЧАЯХ ПРИХВАТА СПАРЯДА СУХИМ ШЛАМОМ

Основная причина прихвата снаряда — постепенное накопление в скважине крупного шлама, который не поднимается воздушным потоком и во время циркуляции воздуха витает над снарядом.

Витание шлама на высоте до 3 м от снаряда почти не мешает углублению скважины, не ведет к заметному повышению показаний манометра, и буровой мастер этого не замечает. Если же на забое

накапливается слишком много породы, режим воздушного потока резко ухудшается и шлам перестает выходить на поверхность. Когда подача воздуха прекращается, над снарядом образуется шламовая пробка, что и ведет к прихвату.

Накопление разбуренной породы в скважине происходит по причине несоответствия между количеством подаваемого воздуха и образующегося шлама. При этом снижается скоростной напор; в результате мелкий шлам выносится, а крупный остается в скважине.

Профилактика

Резкое снижение количества выдуваемого шлама при одновременном повышении давления на компрессоре свидетельствует об изменении режима воздушного потока. В этом случае необходимо прекратить бурение и очистить забой от шлама. Очистка считается законченной, после того как стрелка манометра покажет нормальное давление (то есть бывшее до нарушения режима воздушного потока). Очистка производится перподписным расхаживанием снаряда на высоту, соответствующую длине ведущей штанги.

Для предупреждения аварий необходимы следующие мероприятия.

1. В процессе бурения строго следить за показаниями манометра и выносом шлама.

2. При накоплении крупного шлама бурить со шламовой трубой длиной не менее 4 м.

3. При затруднительном подъеме снаряда вследствие зашламовывания не использовать лебедку стапка, во избежание затяжки. Подъем производить путем расхаживания с одновременным вращением снаряда.

4. Скорость бурения в каждом отдельном случае устанавливать в зависимости от характера проходных пород, с таким расчетом, чтобы нагнетаемый воздух успевал выносить весь шлам.

5. Чтобы сохранить режим воздушного потока при больших скоростях бурения, желательно иметь резервный компрессор, который мог бы компенсировать потери воздуха.

Ликвидация аварий

При возникновении аварии рекомендуются следующие мероприятия.

1. Прежде всего проверить состояние компрессора, воздухопровода и нагнетательного шланга.

2. Расхаживать снаряд в интервале прихвата, начиная с малой и до большей величины перемещения, с вращением и подачей воздуха на забой.

3. Если воздух перестает выходить из скважины, подачу его не прекращать и продолжать расхаживание. Давление сжатого воздуха способствует образованию каналов в толще шламовой пробки.

При появлении в процессе расхаживания слабого выхода воздуха на поверхность есть основание ожидать, что воздушные проходы будут расширяться и выход воздуха со шламом постепенно восстановится.

4. Если не удастся освободить снаряд путем расхаживания, в воздухопровод подают 15—20 л раствора ПАВ или 5—10 л солярового масла. Получаемая аэрированная смесь легко пробивает воздушные проходы и разжижает пробку.

5. Если описанные мероприятия не дают положительных результатов, в качестве крайней меры применять один из следующих способов:

а) подъем снаряда (при неглубоком бурении) производить вибратором направленного действия, с одновременной подачей воздуха на забой;

б) развинтить бурильные и шламовые трубы, очистить скважину и спустить метчик для подъема колонковой трубы;

в) если не удастся поднять колонковую трубу, отвинтить колонковый переход и продолжать бурение через оставленную колонковую трубу меньшим диаметром;

г) расширить стенки скважины и поднять оставленный снаряд путем обуривания.

При выборе того или иного способа надо в каждом отдельном случае учитывать состояние скважины.

2. ПРИХВАТ ВСЛЕДСТВИЕ НАЛИПАНИЯ ВЛАЖНОГО ШЛАМА НА СТЕПКИ СКВАЖИНЫ

Аварии по указанной причине наиболее распространены. Влажный шлам в процессе бурения на высоте 8—15 м от забоя начинает небольшими порциями налипать на стенки. Мастеру трудно заметить начало налипания, так как манометр этого не показывает.

При бурении в сухих породах налипания исключено. При наличии некоторых пород, образующих пыль наподобие муки, она осаждается в порах и трещинах. Но это не представляет большой опасности, так как пыль легко выдувается воздухом.

Чтобы избежать налипания породы на стенки скважины, рекомендуются следующие мероприятия.

1. При встрече влажных пород продолжать бурение только короткими рейсами.

2. Непрерывно подавать на забой небольшими порциями раствор ПАВ (по 3—5 л) — для устранения налипания шлама на стенки скважины.

3. Бурить только с подъемом керна, чтобы уменьшить количество выдуваемой породы и тем самым уменьшить налипание шлама.

4. В конце каждого рейса перед заклинкой керна подавать ПАВ для очистки забоя от шлама.

5. Для очистки стенок скважины включить в буровой снаряд вместо шламовой трубы режущий стакан длиной не менее 1,5 м.

При подъеме снаряда стакан снимает налипшую породу в местах сужения, и таким образом предотвращается прихват.

6. При накоплении крупного шлама, который не удается поднять воздухом, очистить скважину короткой колонокковой трубой (0,5—1 м) и длинной шламовой (3—4 м).

7. При интенсивном налипании шлама на стенки скважины через каждые 2—3 м проходки расхаживать снаряд с режущим стаканом на длину рабочей штанги. При этом стенки скважины очищаются от налипшей породы. Таким путем намного облегчается подъем и предотвращается прихват снаряда.

Ликвидация аварий

Прихват снаряда при проходке влажных пород, с сильной затяжкой, приводит к образованию над ним сальниковой пробки.

1. Для освобождения снаряда производится интенсивное расхаживание с пращепом, начиная с самых малых величин и до больших.

2. Если при этом не достигается положительных результатов, то в воздушную линию подают 5—7 л воды или 15—20 л раствора ПАВ.

Аэрированная смесь при расхаживании снаряда очень быстро разрушает пробку и пробивает себе выход наверх. Такая продувка повторяется несколько раз, пока не ликвидируется пробка. После освобождения от шлама, чтобы устранить повторное налипание, стенки скважины надо просушить в течение 1 ч.

3. Если не удастся освободить снаряд описанными методами, дальнейший ход работ по ликвидации аварий остается тот же, что и в случае прихвата сухим шламом.

3. ПРИХВАТ ПРИ БУРЕНИИ ПО ВЯЗКИМ ГЛИНАМ

Бурение по вязким глинам наиболее затруднительно. С продувкой газом обычным способом оно невозможно, а с промывкой глинистым раствором сопровождается осложнениями. При проходке этих пород на забое почти не образуется шлама, поэтому и подача его на поверхность ничтожна.

Профилактика

1. Чтобы устранить налипание глины на снаряд и лучше обработать стенки скважины, подается через штанги соляровое масло в количестве 1—1,5 л на 1 м проходки. Благодаря этому снаряд при вращении смазывается как с наружной, так и с внутренней стороны, а вместе с тем смазывается и керн. В результате налипание на снаряд прекращается и керн свободно проходит в колонокковую трубу.

2. При особенно вязких глинах, когда не помогает обработка ПАВ или соляровым маслом, можно в порядке исключения пройти данный интервал «всухую», подав на забой 3—5 л раствора ПАВ

или солярового масла перед спуском снаряда. При этом markedly увеличивается скорость бурения за рейс и значительно упрощается очистка колонковой трубы от керна.

3. Снаряд должен состоять из колонковой трубы, режущего стакана длиной 2 м и коронки с расширителем, с большим выпуском внутренних резцов.

4. Уходка забоя «всухую» допускается не более 1—1,5 м за рейс.

Ликвидация аварий

1. Для освобождения прихваченного снаряда следует периодически подавать на забой воздух с соляровым маслом и расхаживать снаряд под предельным давлением компрессора.

2. Если освободить снаряд этим способом не удастся, прибегают к обычному способу ликвидации аварий.

ГЛАВА XII

МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

Общие сведения о компрессорах

Машины, служащие для сжатия и подачи воздуха или газов под давлением более 3 кг/см^2 называются компрессорами. Они применяются для работы пневматических бурильных молотков и других механизмов, а за последние годы — и для очистки забоя при бурении.

Компрессоры разделяются на стационарные и передвижные. Первые устанавливаются на неподвижных фундаментах в закрытых помещениях, а вторые — на прицепных тележках или в кузовах грузовых автомобилей, непосредственно у точки потребления воздуха.

По принципу действия и конструкции компрессоры подразделяются на поршневые, ротационные и центробежные. На геолого-разведочных работах обычно применяются поршневые компрессоры передвижного типа и редко — стационарные.

Устройство и принцип действия поршневых компрессоров

Поршневые компрессоры по своему устройству аналогичны поршневым насосам. На рис. 57, а представлена схема одноступенчатого горизонтального компрессора простого действия.

В цилиндре 1 движется поршень 2, приводимый в действие кривошипно-шатунным механизмом. В левой крышке цилиндра размещены всасывающий клапан 3, открывающийся при ходе поршня назад (слева направо), и нагнетательный 4, который открывается при ходе поршня вперед (справа налево), в результате чего сжатый воздух выталкивается в ресивер 5.

Когда поршень достигает крайнего правого положения, клапан 4 под действием пружины закрывает отверстие, и доступ воздуха в цилиндр прекращается. При движении поршня влево воздух, находящийся в цилиндре, сжимается до тех пор, пока его давление

не превысит сопротивления специально отрегулированной пружины нагнетательного клапана. После этого открывается нагнетательный клапан и сжатый воздух выталкивается из цилиндра в ресивер 5.

Сжатие воздуха от начального атмосферного давления до конечного происходит сразу, в одной ступени. Поэтому описываемые

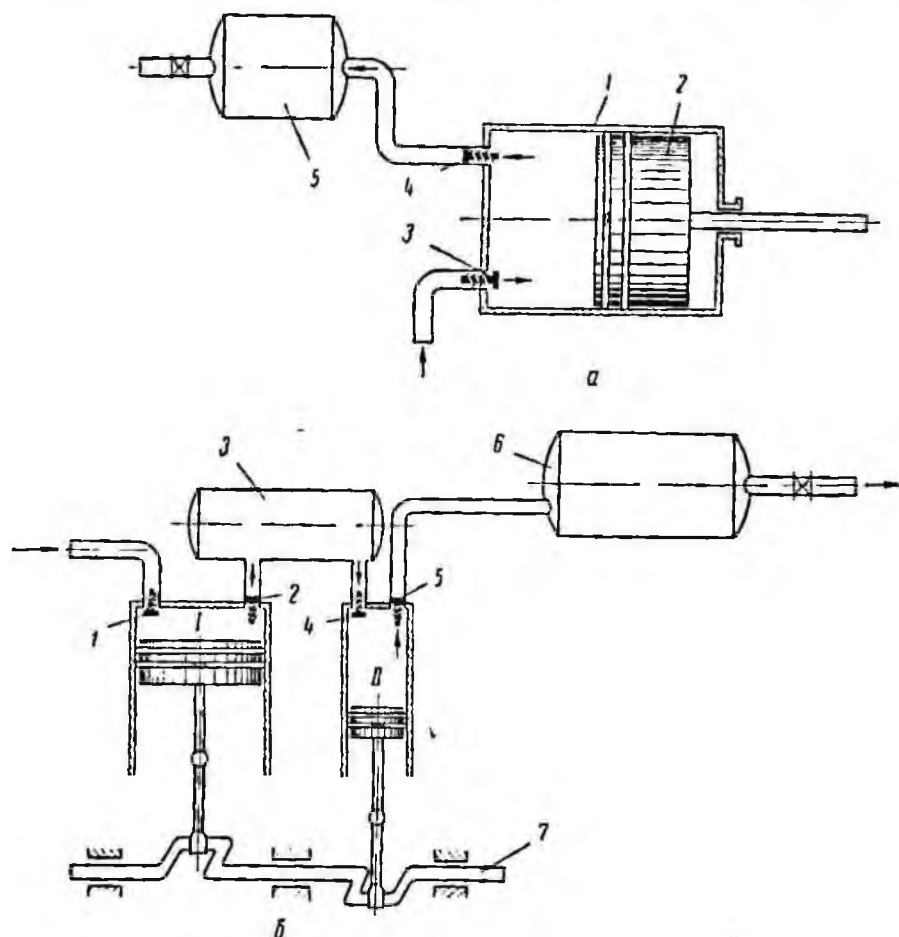


Рис. 57. Схема работы поршневого компрессора.

а — одноступенчатый; б — двухступенчатый.

компрессоры называются одноступенчатыми. Но если требуется более высокое давление, то во избежание чрезмерного нагрева сжатие производится последовательно, в двух или нескольких ступенях.

На рис. 57,б изображен двухступенчатый компрессор. Воздух сначала засасывается через клапан 1 в первый цилиндр (низкого давления), где сжимается до некоторого промежуточного предела, затем выталкивается через нагнетательный клапан 2 в холодильник 3; здесь сжатый воздух охлаждается до первоначальной температуры. Из холодильника он засасывается через клапан 4 в цилиндр

высокого давления, там сжимается до заданного предела и затем выталкивается через нагнетательный клапан 5 в ресивер 6.

Механизмы I и II ступени приводятся в действие общим коленчатым валом 7.

Поршневые компрессоры подразделяются по следующим признакам.

1. Способ действия: простое и двойное. У компрессоров простого действия при одном ходе поршня осуществляется только всасывание воздуха, а при другом — только сжатие и нагнетание. У компрессоров двойного действия при каждом ходе поршня происходит всасывание, сжатие и нагнетание.

2. Числа ступеней сжатия: одноступенчатые, двухступенчатые и многоступенчатые. Число цилиндров.

3. Положение цилиндров: вертикальное, горизонтальное и наклонное.

4. Способ охлаждения: воздушное (применяется для компрессоров малой производительности) и водяное.

5. Число оборотов: тихоходные (до 200 об/мин), средней быстроты (200—400 об/мин) и быстроходные (450—1000 об/мин).

Действительные рабочие процессы компрессора

На рабочий процесс поршневого компрессора влияют многие факторы. При изучении действительного рабочего процесса необходимо приять во внимание следующие основные причины, снижающие производительность: влияние вредного пространства, сопротивление клапанов при всасывании и нагнетании, высокая температура засасываемого воздуха, влажность его, неплотность притирки клапанов и поршня.

Вредным пространством называется пространство, остающееся между поршнем и крышкой цилиндра в момент нахождения поршня в крайнем (мертвом) положении. Оставшийся в этом пространстве воздух приводит к сокращению количества воздуха, засасываемого извне. В результате объем воздуха, подаваемого компрессором в воздухопровод, меньше геометрического объема, описываемого поршнем.

Отношение действительного объема воздуха к теоретическому называется коэффициентом подачи и обозначается $\lambda = \frac{V_d}{V_0}$, где V_d — фактический объем подаваемого воздуха; V_0 — теоретический объем.

Величина вредного пространства у современных компрессоров составляет от 2 до 15% рабочего объема цилиндра. Объем вредного пространства определяется путем заливания масла в цилиндр при крайнем (мертвом) положении поршня; это пространство можно уменьшить путем удлинения штока поршня за счет наплавки баббита в нижней головке шатуна или регулировки толщины прокладок на крышке цилиндра.

Сопротивление клапанов при всасывании и нагнетании. Вследствие сопротивлений во всасывающем клапане, трубопроводе, а также

в фильтре давление в цилиндре при всасывании должно быть ниже атмосферного. Излишнее повышение давления влияет на производительность компрессора, поэтому надо стремиться к уменьшению сопротивления при всасывании, в частности избегать длинных сложных трубопроводов.

При выталкивании сжатого воздуха, вследствие сопротивления в клапанах и пагнетательном трубопроводе, давление в ресивере повышается, что также отрицательно влияет на производительность компрессора.

Повышение температуры засасываемого воздуха. При сжатии воздуха стенки цилиндра сильно нагреваются. В результате происходит сгорание масла, нарушается уплотнение поршня в цилиндре и возможен взрыв. Поэтому в одноступенчатых компрессорах сжатие не превышает 8 кг/см^2 .

Чтобы получить более высокое давление, применяют многоступенчатые компрессоры, где сжатие воздуха происходит последовательно в двух ступенях и более, с охлаждением после каждой из них. В многоступенчатых компрессорах воздух можно сжимать до 1000 кг/см^2 и более. Высокая температура засасываемого воздуха приводит к уменьшению его плотности, а следовательно, и к снижению весовой производительности компрессора, т. е. к снижению коэффициента полезного действия.

Влияние влажности воздуха. С увеличением влажности воздуха плотность его уменьшается и весовая производительность компрессора снижается. Но так как вес водяного пара по сравнению с весом сухого воздуха невелик (всего лишь 3%), этим обычно пренебрегают.

Влияние недостаточной плотности. Неплотность пригонки клапанов, поршневых колец, поршней и сальников приводит к утечке воздуха.

Производительность поршневых компрессоров

Производительность компрессора определяется по весу воздуха, подаваемого в единицу времени. Но так как вес воздуха при сжатии не изменяется, то производительность можно выразить в объеме (м^3 в минуту при атмосферном давлении) — в зависимости от размеров цилиндра первой ступени.

Производительность компрессора простого действия определяется по формуле

$$Q = \lambda F S n t \text{ м}^3/\text{мин},$$

где λ — коэффициент подачи, равный 0,75—0,90; F — площадь поперечного сечения поршня в м^2 ; S — ход поршня в м ; n — число оборотов коленчатого вала в минуту; t — число цилиндров.

Производительность компрессора двойного действия определяется по формуле

$$Q = \lambda (2F - f) S n t \text{ м}^3/\text{мин},$$

где f — площадь штока в м^2 .

Пример. Определить производительность поршневого компрессора простого действия марки КС-9, если диаметр поршня I ступени равен 240 мм, длина хода поршня — 140 мм, число оборотов в минуту — 860 и число цилиндров первой ступени — 2.

Решение. Площадь поршня определяется по формуле

$$F = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,24^2}{4} = 0,045 \text{ м}^2.$$

Следовательно, производительность компрессора

$$Q = \lambda F S n m = 0,83 \cdot 0,045 \cdot 0,14 \cdot 860 \cdot 2 = 9 \text{ м}^3/\text{мин},$$

где λ принимаем равной 0,83 и m — число цилиндров, равное 2.

Пример. Определить производительность поршневого компрессора двойного действия, если диаметр поршня равен 400 мм, длина хода его — 600 мм, диаметр штока — 80 мм, число оборотов в минуту 100 и число цилиндров 1.

Решение. Площадь поршня определяется по формуле

$$F = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,4^2}{4} = 0,125 \text{ м}^2.$$

Площадь сечения штока

$$f = \frac{3,14 \cdot 0,08^2}{4} = 0,005 \text{ м}^2.$$

Следовательно, производительность компрессора

$$Q = \lambda (2F - f) S n m = 0,9 \times (2 \times 0,125 - 0,005) \times 0,6 \times 100 \times 1 = \\ = 13,23 \text{ м}^3/\text{мин},$$

где λ принимается 0,9.

Мощность двигателя поршневого компрессора

Мощность двигателя компрессора с большой точностью можно определить по индикаторной диаграмме, снятой при его испытании. Для примерного подсчета пользуются формулой:

$$N = \frac{v p \lambda a}{27} \text{ л. с.},$$

где v — часовая производительность компрессора в $\text{м}^3/\text{ч}$; p — избыточное давление сжатого воздуха в $\text{кг}/\text{см}^2$; λ — постоянный коэффициент, равный 1,3—1,4; a — в условиях хорошего охлаждения компрессора принимается при 6 $\text{кг}/\text{см}^2$ — 0,4, при 7 $\text{кг}/\text{см}^2$ — 0,37.

Пример. Определить мощность двигателя компрессора марки КС-9 производительностью 540 $\text{м}^3/\text{час}$, при избыточном давлении 7 ат.

Р е ш е н и е.

$$N = \frac{\nu r \lambda a}{27} = \frac{540 \times 1,35 \times 7 \times 0,4}{27} = 75 \text{ л.с.};$$

$$p = 7 \text{ кг/см}^2; \lambda = 1,35; a = 0,4.$$

Полная мощность двигателя с учетом коэффициента запаса мощности ($C = 1,1 \div 1,2$) составляет $75 \times 1,1 = 82,5$ л. с.

Вспомогательное оборудование компрессорных установок

Воздухосборник, или ресивер, является важной частью компрессорной установки. Он служит для выравнивания пульсующего потока воздуха, поступающего из компрессора, а также для отделения сжатого воздуха от воды и масла.

Воздухосборник для стационарных установок изготовляют в виде цилиндрических герметических резервуаров, установленных горизонтально или вертикально на фундаменте. Он должен иметь фланцы и для подводящего и отводящего трубопровода, предохранительный клапан, манометр, кран для выпуска воды и масла, люк для периодической чистки и ремонта. Предохранительный клапан воздухосборника должен быть отрегулирован на 10% выше максимального рабочего давления.

При нескольких компрессорах емкость общего воздухосборника рассчитывается на производительность всех их и определяется по эмпирической формуле:

$$v_n = 1,6 \sqrt{Q} \text{ м}^3,$$

где Q — производительность компрессорной станции в $\text{м}^3/\text{мин}$.

Перед вводом в эксплуатацию воздухосборник подлежит гидравлическому испытанию, а в дальнейшем — один раз в 6 лет. Испытание производится путем накачивания воды гидравлическим насосом. Давление поднимают в течение 5 мин до уровня, в 1,5 раза превышающего рабочее давление. Гидравлическое испытание считается выдержанным, если в воздухосборнике нет течей; «слезка» в швах течью не считается.

Такое испытание имеют право производить инспектор котлонадзора, а также районный инспектор и механик предприятия, если инспектор котлонадзора не явился в установленный срок.

Конструкции воздухосборников при передвижных станциях. Все передвижные компрессорные станции производительностью до $10 \text{ м}^3/\text{мин}$ оборудуются индивидуальными ресиверами (воздухосборниками) емкостью не более $0,3 \text{ м}^3$, установленными на тележке рядом с компрессором. Эти воздухосборники служат в основном для очистки воздуха от влаги и уравнивания пульсации, но не для аккумуляции.

При бурении с продувкой очень важное значение имеет емкость воздухоборника; при большой емкости можно аккумулировать воздух и доводить его давление до нужного предела — на случай необ-

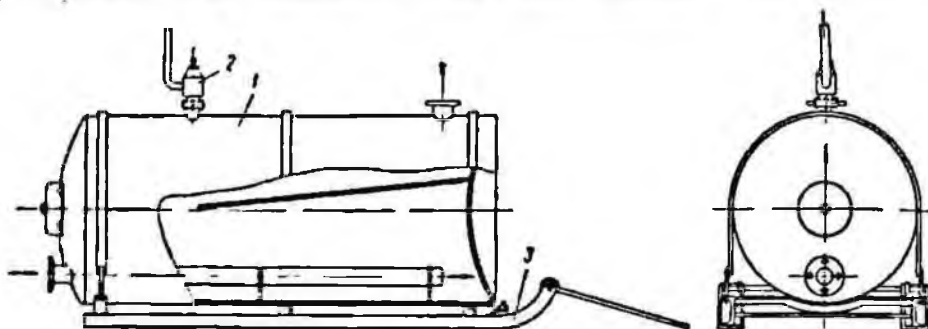


Рис. 58. Воздухоборник.

1 — воздухоборник; 2 — предохранительный клапан; 3 — слив.

ходимости кратковременной подачи под большим давлением. Поэтому на передвижных компрессорных станциях необходимо иметь отдельный воздухоборник.

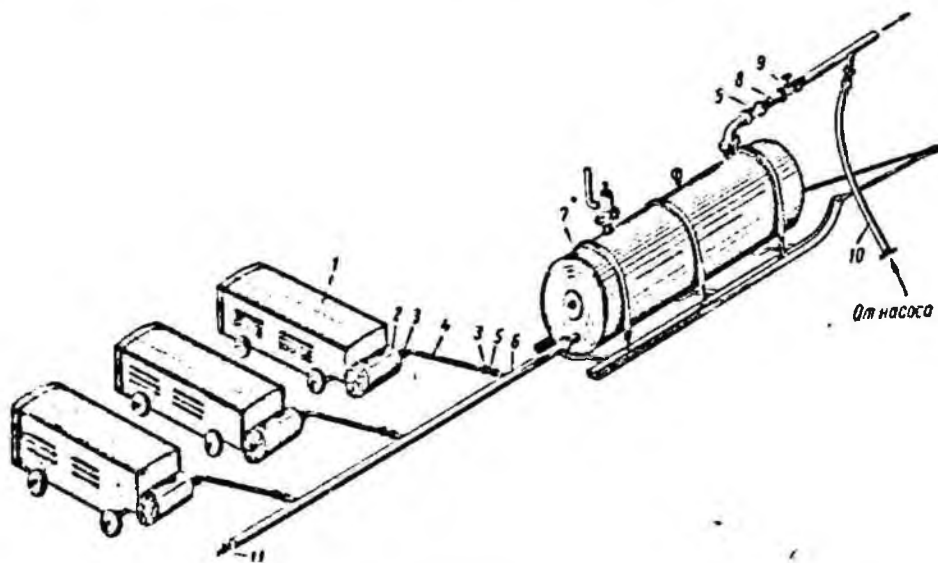


Рис. 59. Схема монтажа компрессоров для параллельной работы.

1 — компрессор; 2 — ресивер; 3 — патрубок с фланцем; 4 — гибкий рукав; 5 — обратный клапан; 6 — воздушный коллектор; 7 — воздухоборник; 8 — нагнетательный трубопровод; 9 — вентиль; 10 — гибкий рукав с фланцем от насоса; 11 — сливной край.

В целях облегчения перевозки и монтажа следует предпочитать горизонтальный воздухоборник, установленный на салазках (рис. 58).

При параллельной работе нескольких компрессоров рекомендуется схема монтажа воздухоборника, представленная на рис. 59.

Воздух из каждого компрессора идет через гибкий шланг 4 в сборный коллектор 6 и оттуда в общий воздухохраник 7, емкость которого рассчитана на производительность трех компрессоров и более. Из воздухохраника 7 очищенный воздух поступает в нагнетательную линию 8, где установлена задвижка 9.

Транспортировка воздухохраника описанной конструкции не представляет трудностей. На его монтаж требуется не более часа.

Для быстроты соединения на концы рукавов надевают патрубки с фланцами (см. рис. 40) или лучше самоуплотняющиеся муфты.

Гибкий рукав, или шланг, для подачи воздуха от головки стояка на подвесной сальник должен быть не более 10 м длиною, а для подачи воздуха из ресивера в сборный воздушный коллектор — 1,5 м. Внутренний диаметр рабочего шланга рекомендуется не менее 35 мм, а рукава для соединения компрессора с воздушным коллектором — не менее 50 мм. Внутренний слой шлангов должен обладать высокой сопротивляемостью.

При параллельной работе двух компрессоров и более регулировка их на одинаковое давление не всегда возможна. Поэтому, во избежание обратного движения воздуха по нагнетательной линии в ресивер другого компрессора, работающего на меньшем давлении, на выкидной линии каждого компрессора устанавливается обратный клапан.

Во время работы компрессора клапан под действием движущегося воздуха открывается и воздух проходит в линию. При остановке компрессора клапан опускается от собственного веса и закрывает отверстие, а при снижении давления в одном из компрессоров закрывается под давлением обратного потока воздуха.

Для постоянного контроля за работой компрессорных установок во время бурения с продувкой воздухом необходимы следующие приборы: 1) манометры, показывающие давление на компрессорах и на воздухохранике; 2) термометр для измерения температуры воздуха в воздухохранике; 3) расходомер для учета количества подаваемого воздуха; 4) стенные часы; 5) тахометр ручной; 6) вольтметр и амперметр, если компрессор работает от электромотора.

Передвижные компрессорные станции

При бурении широко применяются передвижные компрессорные станции, смонтированные на автомобилях и работающие от автомобильного двигателя через коробку отбора мощности.

Специальный двигатель, приводящий в действие компрессорную станцию, чаще всего бывает внутреннего сгорания или электрический; он соединяется с валом компрессора непосредственно, что наиболее удобно, или через передачу (зубчатую или ремennую).

Производительность передвижных компрессоров — от 2,5 до 15 м³/мин. Они очень удобны в эксплуатации и легко перемещаются с точки на точку.

* * *

АПКС-6	6,0	7	1250	ДВС-КДМ-46	80	—	6720	2385	2175	5 600		
КС-9	9	6	860	ДВС-КДМ-46	80	—	5080	1890	2100	6 100	38 000	
КД-9	9	6	860	ДВС-КДМ-46	—	—	5010	1850	2550	6 000		
ЭИФ-10	10	7	—	ДВС-В-2-300	300	—	3200	1178	1513	3 200		
УКП-80	8	80	600	—	—	—	6750	2590	2870	19 070		
ВК-3,5	3,0	6	720	Э/Д-МШ-204-28	—	23,5	2200	3585	1450	1800	1685	10 500
КСЭ-3М	3,0	7	730	Э/Д-А-81-8	—	18,4	720	1870	935	1210	1110	5 750
В-3-6	3,0	5	720	Э/Д	—	28	730	1875	860	1080	720	—
КВ-200	4,5	6	720	Э/Д-ВК-92/8	—	55	750	1100	665	1190	1400	4 550
2СА-25	4,5	25	480	Э/Д	—	50	1000	1550	1670	2150	3400	25 000
ВВК-200	5,0	8	730	Э/Д	—	38	—	1100	625	1130	690	—
КСЭ-6М	6,0	7	730	Э/Д-А-91-8	—	40	730	2120	1030	1260	1520	7 950
250-2К	6,0	8	270	Э/Д	—	38	—	2200	1700	—	3000	—
ВУ-6/8	6,0	8	960	Э/Д-А-82-6	—	40	960	2030	1290	1168	800	—
200-2К	6,0	8	270	Э/Д	—	38	—	2200	1700	—	3000	—
300-2К	9,0	8	245	Э/Д	—	56	—	2500	1750	1650	3100	—
ВВК-240	9,0	7	730	Э/Д	—	55	—	1336	770	1400	1250	—
200-В-10/8	10,0	8	730	Э/Д-АМ6-117-8	—	80	730	2830	1187	1130	1440	6 500
ВВ-3	15,0	8	500	Э/Д	—	80	—	2192	1668	1850	—	—
2р 20/8	20	8	500	Э/Д	—	120	—	1500	1800	2000	4500	—
2СГ4	26	4	365	Э/Д	—	160	—	1800	2600	2755	5200	—
ВП 30/8	30	8	500	Э/Д	—	197	—	2305	1800	1500	2830	—

Стадионары

Передвижные	Вид компрессора			Характеристика компрессора				Характеристика двигателя				Габаритные размеры гидравлической станции, мм			Вес, кг	Цена, руб.
	Марка	производительность, м ³ /мин	рабочее давление, кг/см ²	число оборотов в мин	Марка двигателя	мощность		число оборотов в мин	длина	ширина	высота					
				л. с.		кВт										
Передвижные	ПКС-3М	3	7	730	ДПС-3ИЛТ-120	90	—	2200	2585	1150	1800	1685	10500			
	ПКС-3	3,4	7	960	ДПС-3ИЛТ-120	90	—	2200	3550	1180	1880	1650				
	КСЭ-3М	3,4	7	730	Э/ДЛ-81-8	—	20	730	1900	1050	1120	825				
	3ИФ-51	4,65	7	905	Э/Д-МАИР-92/16	—	45	905	3700	1820	1715	2430				
	КС-200	4,50	6	650	ДВС-3ИЛТ-121	73	—	1650	1600	1880	2200	1580				
	3ИФ-ШДКС-5	4,65	7	900	Э/Д-МА-140	—	34	900	2260	1178	1485	2200	11000			
	3ИФ-55	5,0	7	730	ДВС-3ИФ-121	110	—	2200	3155	1880	1990	3300	17800			
	ПКС-5	5,0	7	730	3ИЛТ-120	61	—	1400	2830	1870	2020	2860				
	3ИФ-ВКС-5	5,0	7	905	Э/Д	—	45	—	3150	1180	1915	3200				
	ВКС-1	5,0	7	900	Э/Д	—	50	—	3750	1850	1930	3400				
	ВКС-1Д	5,0	7	—	ДВС-КДМ-46	80	—	—	4220	1850	2650	5350				
	ВКС-6Т	5,5	7	1300	ДВС-Л-54	54	—	—	—	1880	1915	4500				
	ПКС-5М	6,0	7	730	ДВС-3ИЛТ-120	90	—	2200	4700	1875	1810	2860				
	ПКС-6	6,0	6,5	800	Э/Д	—	55	—	3800	1850	1900	2800				
ПКС-6М	6,0	7	—	ДВС-3ИЛТ-120	90	—	—	3800	1850	2650	3300					
3ИФ-52	6,0	7	—	ДВС-ЛАЗ-204	61	—	—	3200	1106	1450	2470					
3ИФ-ВКС-6	6,0	7	1250	ДВС-ЛАЗ-204	61	—	—	3455	1880	2095	3000					

Техническая характеристика наиболее распространенных передвижных и стационарных компрессоров, выпускаемых отечественной промышленностью, которые могут быть использованы для бурения с продувкой воздухом, приводится в табл. 70.

Компрессоры марки КС-9 показали хорошие результаты работы в условиях жаркого климата; эксплуатация таких компрессоров значительно проще и удобнее.

Установка компрессоров и уход за ними

При монтаже компрессорной станции необходимо соблюдать следующие условия.

1. Место для установки выбирать с наветренной стороны в отношении господствующих ветров, чтобы избежать попадания пыли в компрессор.

2. Станцию помещать на расстоянии 15—20 м от буровой вышки и в жаркое время года — по возможности радиатором против ветра.

3. При эксплуатации нескольких компрессоров устанавливать общий воздухохраник передвижного типа.

4. Не допускать длительной работы компрессора на предельном давлении, во избежание разрушения соединительных узлов и перерасхода горючего.

5. При спуско-подъемных операциях или других работах, связанных с подачей воздуха, работу компрессора прекращать. При этом двигатель следует отрегулировать так, чтобы пуск его происходил без задержки.

Перед пуском компрессорной станции необходимо проверить:

1) уровень смазочного масла в компрессоре, двигателе и редукторе;

2) наличие воды в системе охлаждения;

3) исправность всех механизмов, болтовых соединений и креплений;

4) убедиться в отсутствии стуков в механизме движения и цилиндрах — на слух; при наличии стуков компрессор остановить для выяснения и устранения неисправностей;

5) продуть воздухохраник для удаления конденсата.

Включение компрессора производить плавно, через муфту сцепления — после того как двигатель прогрет, а число оборотов достигло нормы.

Включать компрессор при закрытых вентилях воздухохраника запрещается.

В процессе работы необходимо проверять показания приборов: 1) масляного манометра, который должен показывать давление не ниже 1,2 *атм*; 2) термометра — не ниже 50° С (у двигателей внутреннего сгорания); 3) амперметров (должны показывать зарядный ток); 4) манометров первой ступени (1,5—1,8 *кг/см²*) и второй (не выше 7,5 *кг/см²*).

Через каждые 2 ч работы следует продувать воздухохраник.

Через каждые 8 ч станцию останавливать для заправки маслом.

При остановке компрессора продувают воздухосборник, затем плавно включают сцепление. Уменьшают число оборотов двигателя, через 1—2 мин останавливают его и закрывают топливный краник. Если компрессор работает от электромотора, то при остановке компрессор предварительно переводят на холостой ход, после чего опускают щетки на кольца, вводят реостат и затем выключают распределительный ящик.

При температуре ниже нуля необходимо спускать теплое масло из компрессора и дизеля, чтобы при последующем пуске использовать подогретым, и сливать воду из системы охлаждения.

Компрессорная установка требует квалифицированного ухода и непрерывного наблюдения. Одно из основных требований — правильная смазка. Применение масел плохого качества или несоответствующего ассортимента ведет к быстрому износу компрессора и двигателя, авариям, а иногда и к взрыву.

Особого внимания требует смазка цилиндра, где поршень работает при высокой температуре. При избытке смазки загрязняются воздухопроводы и воздухосборники, образуется нагар на клапанах и поршневых кольцах, увеличивается опасность взрыва масляных паров. Для смазки цилиндров требуется компрессорное масло марок М и Т, характеристика которых приведена в табл. 71, с зольностью не более 0,3% и механическими примесями не более 0,007%.

Таблица 71

Марка	Температура вспышки не ниже, °С	Вязкость при 100° С, град.
М	216	8,5—14
Т	420	15—21

Масло марки М применяют для компрессоров, рассчитанных на давление 7—8 кг/см²; если же компрессор изношен, следует пользоваться маслом Т. Добавление в компрессорное масло каких-либо других масел, даже в незначительном количестве, категорически запрещается.

Через определенное время работы компрессора масло заменяют. После 4—5-суточного отстоя и фильтрации отработанное масло можно использовать вторично — для смазки менее ответственных деталей.

Всасывающие и нагнетательные клапаны компрессора необходимо осматривать через каждые 300 ч работы; поршни, поршневые пальцы и поршневые кольца — через каждые 750 ч работы; эти детали следует тщательно очистить от нагара и промыть керосином. Одновременно с осмотром поршней следует обращать внимание на внутренние поверхности цилиндров и по мере надобности очищать их.

Коренные подшипники коленчатого вала осматривать не реже чем через 750 ч работы.

Сжатый воздух, поступающий из воздухоборника в нагнетательную линию, должен быть сухим, ибо конденсат масляных паров, попадая на забой скважины, ухудшает вынос шлама.

Вследствие чрезмерного повышения температуры воздуха при сжатии возможен взрыв компрессорной установки. Масло взрывается в сжатом воздухе при температуре около 200° С. Поэтому при работе двухступенчатых компрессоров нельзя повышать температуру сжимаемого воздуха более 140° С.

Для промывки внутренних стенок цилиндров компрессора разрешается употреблять только керосин, примененные бензин или газолин воспрещаются.

Компрессорная установка во время работы должна находиться под непрерывным надзором обслуживающего персонала.

Очистка фильтра. Наружный воздух почти всегда, тем более при бурении с продувкой воздухом, содержит частицы пыли и другие примеси. При взаимодействии пыли с маслом образуется нагар на поверхности клапанов, стенках цилиндров, поршневых кольцах, что неизбежно ведет к нарушению нормальной работы. Кроме того, за счет проникновения пыли в компрессор усиливается шум при его работе. Поэтому предохранение от пыли имеет огромное значение.

Чтобы избежать загрязнения фильтра, очистку его надо производить по графику, а при большой насыщенности воздуха пылью — ежедневно.

Обкатка компрессора

Обкатка компрессора производится после монтажа или капитального ремонта, в два этапа — холодная и горячая. На первом этапе компрессор пускают без нагрузки на 15 мин, после чего останавливают для осмотра и проверки, и снова пускают на 30 мин; затем он работает без нагрузки 6 ч. После этого, сменив масло, готовят компрессор к опробованию с нагрузкой.

Горячая обкатка длится последовательно 30 мин, 6 ч, 48 ч, после чего снова меняют масло. Обкатка в течение первых 6 ч производится при пониженном давлении (на 1 кг/см² меньше рабочего), а 48-ч — при нормальном давлении. Если при последней обкатке компрессор работал нормально и не обнаружено никаких дефектов, установка передается в эксплуатацию.

Правильная обкатка удлиняет межремонтные сроки.

Монтаж наземного оборудования

Основное назначение наземного воздухопровода — передача сжатого воздуха определенного качества и в нужном количестве от места производства к месту потребления. Качество сжатого воздуха характеризуется его давлением, сухостью и отсутствием посторонних примесей (пыль, сажа).

Длина наземного воздухопровода зависит от места компрессорной установки. При прокладке воздухопровода надо руководствоваться следующими соображениями.

1. При благоприятном рельефе местности передвижные компрессоры устанавливать не далее 15—20 м от буровой вышки.

2. При пересеченной местности передвижную компрессорную станцию можно установить на расстоянии не более 500 м от скважины, ибо при длинных воздухопроводах возрастают потери давления и утечка воздуха.

3. Если на месторождении имеется постоянно действующая компрессорная станция на расстоянии не более 1 км, подачу воздуха можно осуществить от нее.

При движении воздуха по трубам неизбежны потери давления. Если сечение труб подобрано неправильно, потери могут увеличиться настолько, что воздух, поступающий в скважину, не в состоянии поднять шлам на поверхность. Главные причины снижения давления в трубах — их большая длина и малый диаметр, а также большое количество фасонных частей, арматуры, ответвлений.

Следовательно, требуется воздухопровод такого диаметра, при котором все виды потерь сведены до минимума. Расчет труб производится так, чтобы общая потеря давления в магистральной линии не превышала 5—10% по отношению к давлению на выходе из компрессора; общая утечка воздуха в сети допускается не более 10%.

Снижение давления и утечки воздуха через неплотности воздухопровода — это главные факторы, определяющие степень экономичности бурения с продувкой. Их можно свести до минимума, проложив сеть в строгом соответствии правилам сборки.

Определение диаметра наземного воздухопровода

Расчет воздухопровода заключается в правильном подборе диаметра труб и определении потерь давления в сети. Для ориентировочного расчета рекомендуется следующая формула:

$$d = 20 \sqrt{V},$$

где d — внутренний диаметр труб в мм; V — расход воздуха в м³/мин.

Пример. Определить диаметр воздухопровода и потери давления в трубах. Длина воздухопровода — 679 м.

Арматура и фасонные части:

угловой запорный вентиль	1
задвижки	2
нормальное колено	2
переходы	2

Количество воздуха, подаваемого на буровую, — 20 м³/мин.

Р е ш е н и е. Определяем эквивалентную длину местных сопротивлений по табл. 72.

Таблица 72

Местные сопротивления	Внутренний диаметр трубопровода, мм					
	25	50	80	100	125	150
Прходной запорный вентиль . . .	6	15	25	35	50	60
Угловой запорный вентиль . . .	3	7	11	15	20	25
Задвижка	0,3	0,7	1	1,5	2	2,5
Нормальное колено	0,2	0,4	0,7	1	1,4	1,7
Тройник	2	4	7	10	14	17
Переход	0,5	1	3	2,5	3,5	4

Эквивалентная длина, м:

угловой запорный вентиль . . .	$1 \cdot 11 = 11$
задвижки	$2 \cdot 1 = 2$
нормальное колено	$2 \cdot 0,7 = 1,4$
переходы	$2 \cdot 3 = 6$

Всего . . . 20,4, округленно
21 м

Таким образом, общая длина воздухопровода составляет

$$679 + 21 = 700 \text{ м.}$$

Определяем диаметр воздухопровода по формуле

$$d = 20 \sqrt{20} = 20 \cdot 4,47 = 89,4 \text{ мм};$$

округленно наружный диаметр равен 90 мм, внутренний диаметр равен 80 мм.

Определяем потери давления по табл. 73 (снижение давления в кг/см^2 на 100 м прямого воздухопровода при конечном давлении 6 кг/см^2).

Таблица 73

Расход воздуха, м ³ /мин	Диаметр труб, мм											
	20	25	32	40	50	60	70	80	90	100	125	
0,5	0,1	0,04										
1	0,4	0,1	0,04									
1,5	1,5	0,5	0,2	0,04								
5		2,5	0,8	0,3	0,08	0,03						
10			3	0,9	0,3	0,10	0,05	0,03				
15				1,8	0,6	0,2	0,1	0,05	0,03			
20				3,2	1,0	0,4	0,2	0,09	0,05	0,03		
25					1,5	0,6	0,3	0,15	0,07	0,05		
30					2,1	0,8	0,4	0,2	0,1	0,07		0,02
40					3,8	1,4	0,6	0,4	0,2	0,11		0,04
50						2,0	1,0	0,5	0,3	0,17		0,06

Потери давления на 100 м прямого воздухопровода диаметром 90 мм, согласно табл. 73, равны $0,09 \text{ кг/см}^2$; потеря на всю длину воздухопровода (700 м) — $0,09 \cdot 7 = 0,63 \text{ кг/см}^2$.

Определяя общую длину воздухопровода, необходимо учитывать сопротивление, оказываемое арматурой и фасонными частями. Каждая часть арматуры заменяется равнозначной длиной прямого участка; эти величины прибавляются к длине воздухопровода.

Произведя расчет воздухопровода, получаем, что потери давления в сети при диаметре труб 90 мм и конечном давлении компрессора 6 кг/см^2 не превышают 6% давления на выходе из компрессора, что соответствует нормальной его эксплуатации.

В табл. 74 дано ориентировочное определение диаметра коротких воздухопроводов в зависимости от расхода свободного воздуха при давлении 3—8 кг/см^2 .

Таблица 74

Расход воздуха, $\text{м}^3/\text{мин}$	Диаметр напорного трубопровода, мм	Расход воздуха, $\text{м}^3/\text{мин}$	Диаметр напорного трубопровода, мм
1,7—3,3	32—38	16,6—26,6	76—89
3,3—6,6	38—51	26,6—38,3	89—102
6,6—11,6	51—63	38,3—50,0	102—114
11,6—16,6	63—76		

ГЛАВА XIII

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОМПРЕССОРА —

Принцип пневматического транспортирования шлама с забоя скважины на поверхность основан на использовании воздушного потока. Для этого в циркуляционной системе буровой установки искусственно, с помощью компрессора, создается непрерывный воздушный поток.

Схема движения воздушного потока в циркуляционной системе показана на рис. 60. Компрессор 1 подает сжатый воздух в манифольд 2, откуда воздух поступает через стояк 3 в гибкий шланг 4 и далее через шланговый сальник (вертлюг) 5 — в буровые трубы 6. Воздух, выходя из-под торца коронки 7 и увлекая за собой шлам, по кольцевому пространству 8 поднимается к устью скважины и затем через герметизирующее устройство 9 — в выкидную липию 10. Отсюда воздух с разбуренной породой поступает в шламоотделитель 11.

Таким образом, кинетическая энергия сжатого воздуха преобразуется в механическую, которая совершает полезную работу.

Основные параметры компрессора — давление и расход воздуха. При правильном их подборе в каждом отдельном случае создаются нормальные условия бурения до проектной глубины.

По теории газозадушной продувки немало методов расчета для определения расхода воздуха и потерь давления в циркуляционной системе разработали отечественные исследователи Б. С. Флатов, Н. С. Макуриц, А. Г. Лактионов, А. З. Романов, Б. Б. Кудряшов, Ю. Ф. Рыбаков, П. М. Степанов, Г. А. Адамов, Н. П. Елмапов, А. М. Магурдумов и др.

Однако ни один из этих методов не может претендовать на полноту. В каждом из них имеются положительные и отрицательные стороны. Кроме того, не существует достаточно простых для практического применения расчетных формул, дающих возможность по принятым параметрам бурения быстро определить потери давления.

Однако различные методы расчета создали основу для дальнейшего изучения теории газозвушной продувки. Нет никакого сомнения, что каждый автор внес полезный вклад в теорию и практику. Поэтому непризнание отдельными авторами методов расчета и признание единственно правильным своего способа необосновано. Так или иначе, для выбора параметров компрессора широко используются расчетные таблицы и диаграммы отечественных авторов.

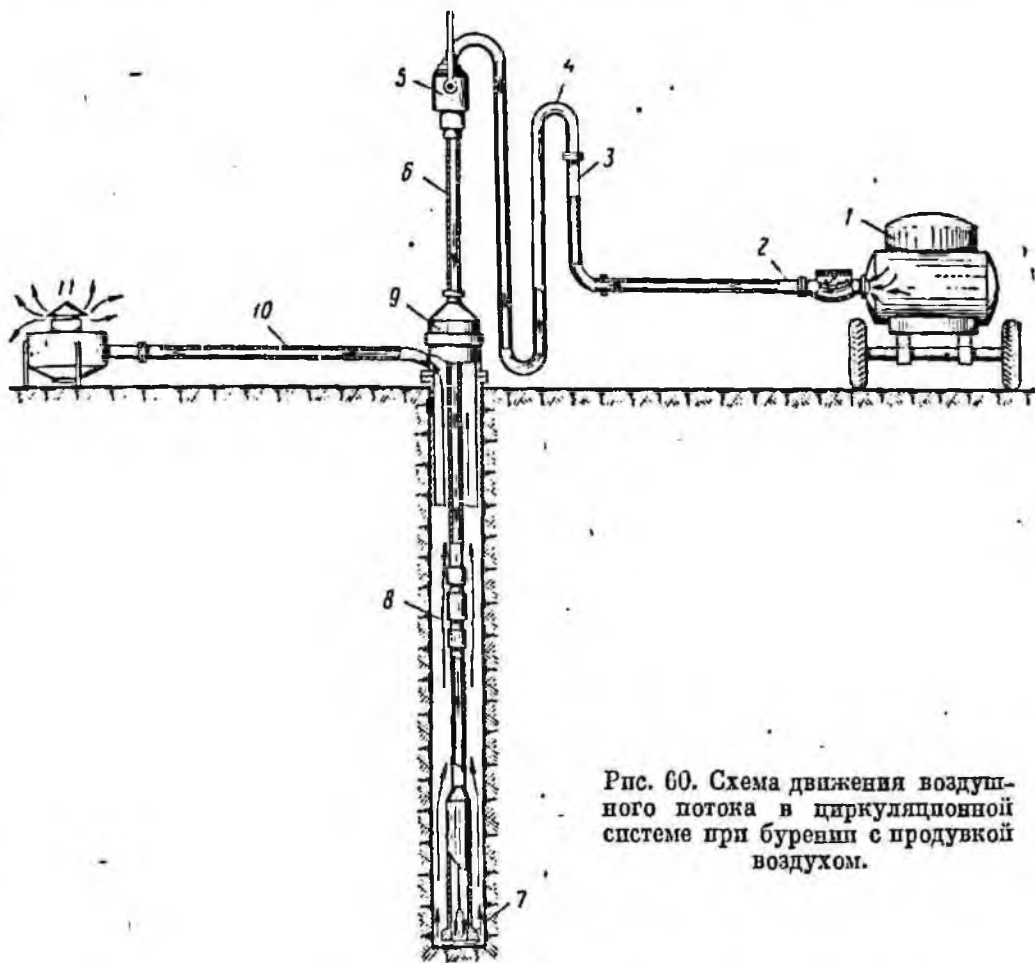


Рис. 60. Схема движения воздушного потока в циркуляционной системе при бурении с продувкой воздухом.

Из зарубежных исследователей особого внимания заслуживают работы К. М. Никольсона, одного из первых составивших номограмму для расчета давления газа на забое, плотности и скорости течения газа применительно к бурению нефтяных скважин в США. Д. О. Скотт предложил расчетные графики для определения потерь давления в циркуляционной системе, Р. Р. Эджел — для расчета необходимого количества воздуха в уравнении вертикального потока.

Здесь мы не даем критического анализа формул и методов, предложенных разными авторами, так как об этом достаточно сказано в соответствующей литературе, а лишь приводим их расчетные табли-

цы, номограммы и диаграммы. Эти материалы помогут правильному выбору параметров компрессора.

Ниже приводим наш расчет для ходовых диаметров колонкового бурения на глубину до 500 м.

Потери давления в циркуляционной системе и расход воздуха

Потери давления в циркуляционной системе

Основной фактор, влияющий на полную очистку забоя от шлама, — скорость воздушного потока. На забое надо создать такую скорость, чтобы отделившиеся частицы породы быстро подхватывались и вышосились на поверхность. От этого в конечном итоге зависит расход воздуха и давление на компрессоре.

Скорость потока должна быть оптимальной: если она завышена, то в циркуляционной системе увеличиваются потери напора, что ведет к повышению давления на компрессоре; если же скорость занижена, ухудшается очистка забоя от шлама и резко снижается механическая скорость проходки.

Для правильного выбора скорости воздуха на забое необходимо сначала определить критическую скорость, т. е. такую, при которой частицы шлама находятся во взвешенном состоянии.

Из физики известно, что частица весом G под действием восходящего потока испытывает давление T , направленное в сторону движения потока, как показано на рис. 61.

Условно приняв форму частиц за шар, получаем:

$$G = \frac{\pi d^3}{6} \gamma_{ш}; \quad (1)$$

$$T = \varphi \frac{\pi d^2 \gamma_{в}}{4g} W^2, \quad (2)$$

Рис. 61. Схема распределения усилий, действующих на частицу шлама.

где d — диаметр частиц в мм; $\gamma_{ш}$ — удельный вес породы в $\kappa\Gamma/\text{м}^3$; φ — коэффициент формы частиц; $\gamma_{в}$ — удельный вес воздуха в $\kappa\Gamma/\text{см}^3$; W — скорость воздушного потока в м/сек.

Привравняв правые части уравнений (1) и (2) и решая уравнение относительно W , получаем формулу Риттшгера для определения критической скорости:

$$W_{кр} = \sqrt{\frac{2}{3} \frac{\kappa}{\varphi} \frac{d}{\gamma_{в}} \gamma_{ш}}.$$

Для получения скорости на забое критическую скорость необходимо умножить на коэффициент увеличения скорости $K = 1,1 \div 1,3$; тогда

$$W_{заб} = W_{кр} K.$$

Прежде чем говорить о расчете потерь напора в циркуляционной системе, необходимо указать, что они зависят от многих факторов. Учесть все виды потерь невозможно, поэтому в расчет принимаются лишь те, которые существенно влияют на результаты расчета.

Потери давления определяются для следующих узлов: 1) выкидная линия, 2) затрубное пространство, 3) под торцом коронки, 4) колонковая труба, 5) на выходе из штанг в переходник колонковой трубы, 6) бурильные трубы, 7) штанговый сальник, 8) гибкий шланг, 9) манифольд, 10) на поворотах, в вентилях и кранах.

Расчет этих потерь ведется последовательно, начиная с конца выкидной линии и до выхода воздуха из ресивера компрессора в манифольд. Полученное суммарное давление принимается за максимальное рабочее давление на компрессоре, которое он должен развить при заданном диаметре коронки, диаметре бурильных труб и глубине скважины.

При расчете потерь давления в обратном порядке, т. е. начиная с нагнетательной линии и кончая выкидной, было бы трудно вычислить нужную скорость подъема частиц шлама с забоя. В одном случае эта скорость может оказаться больше, чем нужно, в другом — меньше.

Давление на компрессоре в процессе бурения зависит от многих факторов. Основные из них: 1) диаметр бурильных труб; 2) диаметр проходного отверстия бурильных замков; 3) тип бурового накопечника (бурение кольцевое или сплошным забоем); 4) площадь кольцевого сечения затрубного пространства; 5) диаметр коронки; 6) характер проходных пород (трещиноватые, сыпучие, вязкие, влажные, с наличием водоносных горизонтов); 7) проходное сечение наземного воздухопровода (манифольд, гибкий шланг, штанговый сальник и выкидная линия); 8) глубина скважины.

Из всех перечисленных факторов наиболее существенное влияние оказывают диаметр бурильных труб с замками, кольцевое сечение затрубного пространства и глубина скважины. Эти три фактора определяют рабочее давление на компрессоре, ибо они вместе составляют, по нашим данным, 80—85% общих потерь давления.

Поэтому при выборе параметров бурения следует по возможности предпочитать бурильные трубы с большим проходным сечением. Проходные сечения в узлах циркуляционной системы должны быть не менее 30 мм: это одно из основных условий снижения потерь давления. Чем меньше давление в циркуляционной системе, тем больше шансов довести скважину данным компрессором до проектной глубины.

Для расчета потерь давления в бурильных трубах колонну их разбивают на участки по 10 м и ведут расчет для каждого участка в отдельности.

Для расчета кольцевого сечения затрубного пространства принимают участки по 50 м. При этом условно допускаем, что основные параметры воздуха (скорость и удельный вес) на каждом участке

остаются постоянными и последовательно изменяются от участка к участку.

Необходимость разделения бурильных труб на малые участки вызывается тем, что скорость движения воздуха в них и в затрубном пространстве не постоянна, а изменяется обратно пропорционально давлению. Таким образом, при малых диаметрах колонкового бурения увеличение расчетных участков неизбежно приводит к большим погрешностям.

Во избежание этого, по нашим данным, при бурении коронками диаметром 76, 92 и 112 мм, бурильными трубами 50 и 63,5 мм рекомендуется при расчете делить затрубное пространство на участки

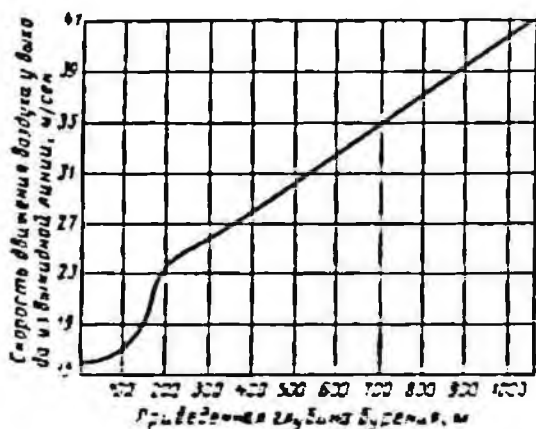


Рис. 62. График зависимости скорости воздушного потока у выхода от расстояния транспортирования шлама.

Определение скорости движения воздуха в выкидной линии — весьма трудоемкая работа. Поэтому для быстрого определения пужной скорости на выходе приводится график зависимости скорости движения воздуха от глубины транспортирования шлама (рис. 62). График, составленный на основании экспериментальных данных одной из зарубежных фирм, видоизменен в соответствии с нашими условиями бурения.

Неоднократная проверка графика подтверждается идентичностью результатов, полученных путем подбора. Графиком можно пользоваться при бурении коронками диаметром 76, 92 и 112 мм и штангами 42, 50 и 63,5 мм. Для больших диаметров он непригоден, в таких случаях скорость движения воздуха в выкидной линии определяется путем подбора.

Для определения по указанному графику скорости подъема частиц в выкидной линии, в зависимости от глубины транспортировки шлама, необходимо знать длину горизонтального и вертикального участков, имея в виду глубину скважины и длину наземного воздухопровода, а также количество колен.

Местные сопротивления при прохождении воздуха через колена заменяются эквивалентной по сопротивлению длиной прямого воздухопровода. Значения длины воздухопровода, эквивалентных коленам, приведены в табл. 75, где R_0 — радиус кривизны в мм, d — внутренний диаметр труб в мм.

Приведенная длина воздухопровода:

$$L_{пр} = L_{в.л} + L_{з.п} + L_{пов} + L_{в.с},$$

где $L_{пр}$ — приведенная длина воздухопровода в м; $L_{в.л}$ — длина выкидной линии в м; $L_{з.п}$ — глубина затрубного пространства, приведенная к площади трубы выкидной линии, в м; $L_{в.с}$ — приведенная длина воздухопровода, равная величине потерь на внешнее сужение, в м; $L_{пов}$ — приведенная длина воздухопровода, равная величине потерь напора при повороте, в м.

Таблица 75

Характер шлама	Значение L эквивалентно 1 м при соотношении R_0/d			
	4	6	10	20
Пылевидный	4—8	5—10	6—10	8—10
Зерновой однородный . . .	—	8—10	12—16	16—20
Мелкий однородный	—	—	28—35	38—45
Крупный однородный	—	—	60—80	70—90

Суммируя все значения, получаем приведенную длину воздухопровода. По этой величине находим в графике (рис. 62) соответствующую скорость движения воздуха в выкидной линии. После этого переходим к определению потерь напора в циркуляционной системе, для чего подсчитываем количество шлама в затрубном пространстве.

Количество образующегося на забое шлама зависит от механической скорости углубления и диаметра бурения.

Весовой расход шлама в затрубном пространстве равен:

$$G_{ш} = \frac{SF_k}{3600} \gamma_{ш},$$

где $G_{ш}$ — весовой расход шлама в кг/сек; S — механическая скорость бурения в м/ч; F_k — площадь забоя, разбуриваемая коронкой, в м²; $\gamma_{ш}$ — удельный вес проходных пород в кг/м³;

Весовой расход воздуха определяется из уравнения:

$$G_{в} = \gamma_{в} F_{т.в.л} W_{в.л},$$

где $G_{в}$ — весовой расход воздуха в кг/сек; $F_{т.в.л}$ — площадь сечения трубы выкидной линии в м²; $W_{в.л}$ — скорость воздушного потока в выкидной линии в м/сек.

Удельный вес воздуха, содержащего породу:

$$\gamma' = \frac{G_v + G_{ш}}{F_{т. в. л} W'_{в. л}} \text{ кг/м}^3.$$

Отсюда скоростной напор в выкидной линии:

$$P_0 = \gamma' \frac{W'_{в. л}}{2g} \text{ м.м вод. ст.}$$

Зная скоростной напор, определяем потери давления в выкидной линии по формулам:

$$\Delta P_{тр} = \lambda \frac{l}{d} P_0 \text{ м.м вод. ст.,}$$

где λ — коэффициент шероховатости труб, определяется по формуле Веймаута;

для труб круглого сечения

$$\lambda = \frac{0,009407}{\sqrt[5]{d}};$$

для кольцевого сечения

$$\lambda = \frac{0,009407}{\sqrt[5]{d_1 - d_2}},$$

где l — длина трубопровода в м; d — диаметр трубопровода в м; $\Delta P_{тр}$ — потери напора на трение в м.м вод. ст.

$$\Delta P_m = \xi P_0,$$

где ΔP_m — потери давления на местные сопротивления (поворот, внезапное сужение и др.); ξ — коэффициент местных потерь.

В дальнейшем скорость потока на отдельных участках (затрубное пространство, под торцом коронки и др.) определяется из уравнения состояния газа, согласно значению давления на предыдущем участке:

$$pWF = RT,$$

отсюда

$$W = \frac{G_v RT}{pF} \text{ м/сек,}$$

где R — газовая постоянная для воздуха — 29,27 кг·м/кг° С;
 T — абсолютная температура воздуха — 293°;

$$T = t + 273 = 20^\circ + 273^\circ + 293^\circ \text{ К;}$$

F — площадь проходного сечения расчетного участка в м²;
 p — давление воздуха на предыдущем участке в м.м вод. ст.

Зная скорость в затрубном пространстве, находим потери на трение и местные сопротивления по формуле:

$$\Delta p'_{\text{тр}} = \lambda' \frac{l}{d_1 - d_2} \gamma' \frac{W^2}{2g} \text{ мм вод. ст.},$$

где d_1 — диаметр скважины в мм; d_2 — диаметр буровых труб в мм.

Определив потери давления в выкидной линии и затрубном пространстве, переходим к определению потерь напора в буровых трубах.

Перемещение воздуха по трубам совершается за счет затраты энергии на преодоление сопротивлений, которые делятся на два вида: линейные потери на трение в трубах и местные — на поворотах, в вентилях и других местах. Сопротивление первого вида возникает по всей длине труб, а второго — на фасонных частях воздухопровода.

Потери давления на трение для труб круглого сечения определяются по формуле

$$\Delta p_{\text{тр}} = \lambda \frac{l}{d} \gamma \frac{W^2}{2g} \text{ мм вод. ст.},$$

где γ — удельный вес воздуха в буровых трубах

$$\gamma = \frac{p}{RT} \text{ кг/м}^3;$$

p — давление воздуха в расчетном участке в мм вод. ст.

Кроме указанных сопротивлений, воздух, проходя через буровые замки, испытывает местные потери (внезапное сужение при входе и расширение при выходе):

$$\Delta p_m = \xi \gamma \frac{W^2}{2g} \text{ мм вод. ст.}$$

Таким образом, расчет потерь давления в колонне буровых труб ведется с учетом указанных факторов по формуле

$$\Delta p_{\text{общ}} = \left[\frac{\lambda' l}{d} + \sum \xi \right] \frac{W^2}{2g} \gamma' - \gamma'_{\text{ср}} h \text{ мм вод. ст.},$$

где $\xi = \xi_{\text{вл. расш}} + \xi_{\text{вл. суж}}$ — коэффициент местных потерь в буровых замках.

Для затрубного пространства — по формуле

$$\Delta p_{\text{общ}} = \left[\frac{\lambda' l}{d_1 - d_2} + \sum \xi \right] \frac{W^2}{2g} \gamma'_{\text{ср}} h + \gamma'_{\text{ср}} h' \text{ мм вод. ст.},$$

где $\gamma'_{\text{ср}} h$ и $\gamma'_{\text{ср}} h'$ — величины давления столба воздуха соответственно в колонне буровых труб и затрубном пространстве.

Определив общие потери давления в циркуляционной системе по приведенным формулам, получим рабочее давление на компрессоре.

Расход воздуха

Для определения потребной производительности компрессора необходимо вначале определить расход воздуха на забое по формуле

$$Q_{\text{заб}} = W_{\text{заб}} F_{\text{з.п}} \cdot 60 \text{ м}^3/\text{мин},$$

где $Q_{\text{заб}}$ — расход воздуха; $W_{\text{заб}}$ — скорость воздушного потока в м/сек; $F_{\text{з.п}}$ — живое сечение затрубного пространства в м².

Затем полученную величину $Q_{\text{заб}}$ приводим к атмосферному давлению, так как воздух на забое обладает избыточным давлением.

Тогда формула для определения производительности компрессора примет следующий вид:

$$Q = W_{\text{заб}} F_{\text{з.п}} \frac{P_{\text{заб}}}{p} \cdot 60 \text{ м}^3/\text{мин},$$

где Q — производительность компрессора в м³/мин; $W_{\text{заб}}$ — скорость воздуха на забое в м/сек; $F_{\text{з.п}}$ — живое сечение затрубного пространства в м²; $P_{\text{заб}}$ — абсолютное давление воздуха на забой в мм вод. ст.; $p = 10\,333$ мм вод. ст. (атмосферное давление).

По описанному методу произведен расчет потерь давления и расхода воздуха для бурения скважины глубиной до 500 м при соотношениях диаметров коронок и штанг, указанных в табл. 76.

Таблица 76

Диаметр коронки, мм	Диаметр штанги, мм
91	50
112	63,5
132	63,5
91	50

Для расчета были приняты механическая скорость бурения — 5 м/ч, диаметр частиц — 7 мм, удельный вес шлама — 2,5 Т/м³, температура среды — 20° С, категория пород по ЕНВ — от I до VI.

Результаты расчета по потерям давления и расходу воздуха в зависимости от диаметра режущего инструмента и бурильных труб приводятся в табл. 77.

м	Диаметр штанг — 50 мм						Диаметр штанг — 63,5 мм							
	Коронки 76 мм		Коронки 91 мм		Коронки 111 мм		Коронки 91 мм		Коронки 111 мм		Коронки 132 мм		Коронки 146 мм	
	Q , м ³ /мин	P , кг/см ²	Q , м ³ /мин	P , кг/см ²	Q , м ³ /мин	P , кг/см ²	Q , м ³ /мин	P , кг/см ²	Q , м ³ /мин	P , кг/см ²	Q , м ³ /мин	P , кг/см ²	Q , м ³ /мин	P , кг/см ²
50	2,4	0,65	4,7	1,96	7	2,30	4,6	3,2	5,8	0,7	9,50	1,50	13,00	2,70
100	2,8	1,00	5,1	2,60	7,4	3,00			6,34	1,05	10,00	1,91	14,20	3,20
150	6,55	3,77	6,3	3,20	7,8	3,60			7,4	1,55	10,5	2,40	14,70	3,76
200			6,93	3,80	8,2	4,50			8,17	2,12	11,00	3,00	15,20	4,00
250			7,3	4,90	8,8	5,80			8,4	2,50	11,50	3,60	15,70	4,20
300			7,74	6,05	9,3	7,20			8,8	2,90	12,00	4,20	16,20	4,50
350			8,1	7,20	9,8	8,40			9,2	3,35	12,50	4,80	16,70	4,80
400			8,6	8,00	10,4	9,65			9,72	3,80	13,00	5,50	17,20	5,00
450			9,0	8,93	10,9	10,80			9,93	4,20	13,60	6,20	17,70	5,20
500			9,4	9,76	11,5	12,00			10,5	4,70	14,80	6,95	18,20	5,35

Анализ расчетных таблиц и диаграмм

На основании табл. 77 приводим анализ расчетных данных. Для $D_{кор.} = 76$ мм и $d_{шт.} = 50$ мм. С глубиной бурения 150 м, вследствие большого сопротивления, потери давления и расход воздуха резко растут. Поэтому указанные параметры при существующих передвижных компрессорах непригодны для бурения на глубину более 150 м.

Для $D_{кор.} = 91$ мм и $d_{шт.} = 63,5$ мм. Здесь, так же как и в предыдущем случае, вследствие малого кольцевого зазора между стенками скважины и штангой создаются большие сопротивления. Величины Q и p при глубине 50 м уходят в бесконечность. Поэтому данные параметры пригодны лишь для бурения до 50 м.

Для $D_{кор.} = 111$ мм и $d_{шт.} = 50$ и 63,5 мм. Наилучшие результаты достигаются при диаметре штанг 63,5 мм: потери давления резко снижаются. Поэтому, если позволяет буровой агрегат, рекомендуются штанги 63,5 мм.

Для $D_{кор.} = 132$ мм и $d_{шт.} = 63,5$ мм. Такие параметры относятся к лучшим, ибо потери давления с глубиной изменяются незначительно. Но ввиду большого расхода воздуха, необходима установка двух компрессоров КС-9. При таком условии возможно бурение на глубину до 500 м.

Для $D_{кор.} = 146$ мм и $d_{шт.} = 63,5$ мм. При глубине скважины 500 м потери давления составляют около 6 кг/см², что дает возможность использовать существующие компрессоры (не менее двух).

На основании анализа рассматриваемых параметров бурения лучшие варианты приведены в табл. 78.

Таблица 78

Варианты	Диаметр коронки, мм	Диаметр штанг, мм
I	111	63,5
II	132	63,5
III	146	63,5
IV	91	50,0

Для первых трех вариантов до глубины бурения 500 м и более можно использовать отечественные передвижные компрессоры ($Q = 9$ м³/мин, $p = 8$ кг/см²). Для IV варианта существующие компрессоры достаточны при бурении до 350—400 м, а при более глубоком требуются с давлением выше 8 кг/см².

При оценке лучшего варианта параметров бурения следует исходить главным образом из рабочего давления компрессора. Что же касается его производительности, этот вопрос разрешается путем увеличения числа компрессоров.

**Сравнительный анализ потерь давления
по расчетным и фактическим данным**

Чтобы определить, насколько принятый метод расчета отвечает практическим требованиям, проведено экспериментальное бурение скважин диаметром 112 мм. Проходное отверстие узлов циркуляционной системы было одинаково для всех скважин. Категория проходных пород — от II до VI. Результаты исследования приведены в табл. 79 (рабочее давление на компрессоре по расчетным данным — 3,01 кг/см²).

Таблица 79

№ скважины	Глубина бурения, м	Рабочее давление на компрессоре, кг/см ²	
		по фактическим данным	по расчетным данным
1	100	3,0	3,01
2	100	3,0	
71	97	2,7	
8	114	2,9	
10	111	2,8	
13	98	2,7	

Таким образом, максимальное расхождение между расчетными и фактическими данными не превышает 0,3 кг/см², а по скв. 1 и 2 результаты оказались одинаковыми.

Для определения потерь давления в наземной циркуляционной системе и в бурильных трубах с конусными замками была собрана на поверхности земли колонна бурильных труб длиной 250 м (вместе с наземным воздухопроводом), куда входили узлы, указанные в табл. 80.

Таблица 80

Узлы	Длина, м	Проходное отверстие, мм
Нагнетательная линия	17	99,5
Нагнетательный планг	20	30
Рабочая штапга с сальником	7	30
Бурильная колонна с замками	206	39
Всего:	250	

Разница потерь давления по расчетным и фактическим данным представлена в табл. 81.

Длина участка, м	Потери давления, кг/см ²		Разница	Уменьшение против расчетного %
	фактические	расчетные		
44	1,9	2,1	0,2	11
75	2,5	2,7	0,2	10
132	3,2	3,2	0	0
182	3,6	3,9	0,3	10
232	4,5	5,0	0,5	11
250	6,5	5,6	0,8	11

Из табл. 82 видно, что разница потерь давления по расчетным и фактическим данным колеблется в пределах 0,2—0,8 кг/см², или 10—11%. Полученные сравнительные данные подтверждают практическое значение принятого метода расчета.

Рекомендуемые таблицы проверялись в течение многих лет на практике. Расхождение при сравнении фактических данных с расчетными не превышает 10—15% в ту или другую сторону.

Поэтому считаем возможным рекомендовать данный метод. Главный недостаток его в том, что вся глубина скважины делится на участки; затем, суммируя потери давления на всех участках, получают общие потери давления на всю глубину скважины.

Выбор параметров компрессора по расчетным таблицам и диаграммам

Предлагаемые таблицы дадут возможность руководителям бурения, не прибегая к сложным трудоемким расчетам, быстро выбрать компрессор пужной производительности и давления. Для этого достаточно знать проектную глубину скважины, диаметр ее и диаметр бурильных труб.

Для определения расхода воздуха и потерь давления при диаметрах колонкового и роторного бурения приводим следующие таблицы. В табл. 82 приводятся фактические данные Якутского геологического управления по расходу воздуха и давлению на компрессоре по пробуренным скважинам глубиной до 540 м.

А. В. Пошенко составлены таблицы для бурения с подъемом керна (табл. 83) и сплошным забоем (табл. 84) на глубину до 1000 м при параметрах бурения 95/50, 114/50, 134/63,5 и 154/63,5 мм. Буквой p обозначается давление на компрессоре (кг/см²), Q — расход воздуха (м³/мин).

Табл. 85 характеризует расход воздуха в зависимости от диаметра скважины и бурильных труб при бурении пород разных категорий буримости и разных скоростях восходящего потока (по данным А. Т. Лактинова).

№ скважины	Глубина скважины, м	Механическая скорость бурения, м/ч	Диаметр		Расход воздуха по показанию расходомера, м ³ /мин	Давление воздуха, кг/см ²	Вид бурового наконечника
			бурового наконечника, мм	бурильных труб, мм			
41	100	10	132	63,5	8,2	2,5	Твердосплавная коронка То же Трехшарошечное долото Твердосплавная коронка Трехшарошечное долото То же » »
	200	10	132	63,5	8,6	3,2	
	300	10	118	63,5	8,9	4,5	
	350	15	112	63,5	6,2	4,7	
	400	5	118	63,5	6,7	4,3	
	450	10	112	63,5	5,9	4,5	
	500	10	118	63,5	6,1	4,7	
	540	5	112	63,5	6,3	4,4	
90	100	5	132	50	8,4	8,0	То же » » »
	200	15	132	50	9,5	9,0	
	300	10	112	50	6,3	6,0	
	400	5	112	50	6,7	6,4	
99-бис	50	5	137	63,5	7,4	7,0	То же » » »
	100	15	137	63,5	7,9	7,5	
	150	10	137	63,5	8,1	7,7	
	200	5	137	63,5	8,2	7,8	
93	100	10	137	63,5	8,10	7,4	» »
	200	5	118	63,5	6,00	5,4	

Американский ученый Скотт построил график зависимости расхода циркулирующего агента от глубины спуска бурильных труб (без длины утяжеленных труб) при скорости восходящего потока 15,25 м/сек (рис. 63). Для поддержания такой скорости, через каждые 600 м углубления, расход газообразного агента следует увеличивать на 15—20%.

Графическая зависимость потерь давления на компрессоре при бурении сухих и невязких глин, по данным Скотта, представлена на рис. 64.

Эти графики дают примерное представление о нужных параметрах компрессора. При бурении на большую глубину необходимо иметь еще резервный дожимной компрессор, который даст возможность в случае необходимости поднять давление в воздухохранильнике, чтобы освободить снаряд от прихвата или для ликвидации других осложнений.

Глубина скважины, м	Диаметры скважины и буровых труб, мм									
	95/50		114/50		114/63,5		134/63,5		154/63,5	
	Давление p , кг/см ² , и расход воздуха Q , м ³ /мин									
	p	Q	p	Q	p	Q	p	Q	p	Q
50	2,50	3,25	3,50	5,20	2,90	4,30	2,80	6,85	3,10	9,80
100	2,90	3,40	3,90	5,40	3,10	4,45	3,10	7,10	3,60	10,20
150	3,10	3,50	4,30	5,50	3,20	4,55	3,40	7,20	4,10	10,40
200	3,40	3,60	4,80	5,60	3,40	4,65	3,60	7,35	4,50	10,50
250	3,60	3,70	5,10	5,75	3,60	4,75	3,90	7,50	4,90	10,60
300	3,80	3,80	5,50	5,85	3,80	4,85	4,10	7,16	5,20	10,70
350	4,00	3,85	5,80	5,95	3,90	4,90	4,20	7,65	5,50	10,80
400	4,15	3,90	6,10	6,05	4,10	5,00	4,40	7,75	5,80	10,90
450	4,40	3,95	6,40	6,10	4,20	5,05	4,60	7,80	6,10	11,00
500	4,50	4,00	6,70	6,15	4,40	5,15	4,80	7,90	6,40	11,05
550	4,70	4,05	6,90	6,20	4,60	5,20	4,90	7,95	6,60	11,10
600	4,85	4,10	7,20	6,25	4,70	5,25	5,10	8,05	6,70	11,15
650	5,00	4,15	7,40	6,30	4,80	5,30	5,20	8,10	7,10	11,20
700	5,20	4,20	7,60	6,35	5,00	5,40	5,40	8,15	7,30	11,25
750	5,35	4,25	7,80	6,35	5,10	5,40	5,60	8,15	7,50	11,30
800	5,45	4,25	8,00	6,40	5,20	5,45	5,70	8,20	7,70	11,35
850	5,50	4,30	8,10	6,45	5,30	5,50	5,90	8,25	7,85	11,45
900	5,65	4,35	8,30	6,60	5,40	5,55	6,00	8,25	8,00	11,45
950	5,70	4,30	8,40	6,55	5,50	5,60	6,10	8,30	8,20	11,50
1000	5,80	4,35	8,50	6,60	5,60	5,60	6,20	8,40	8,40	11,65

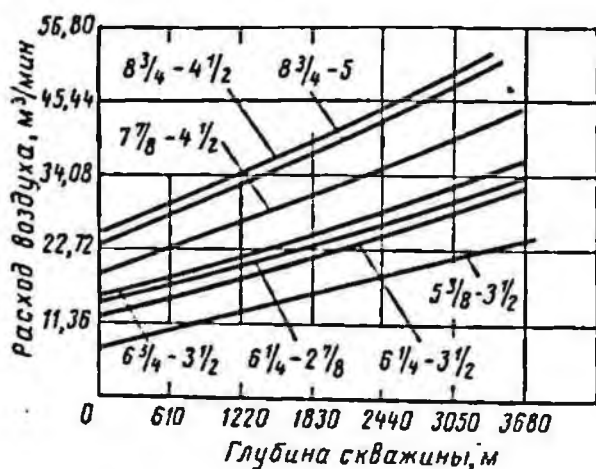
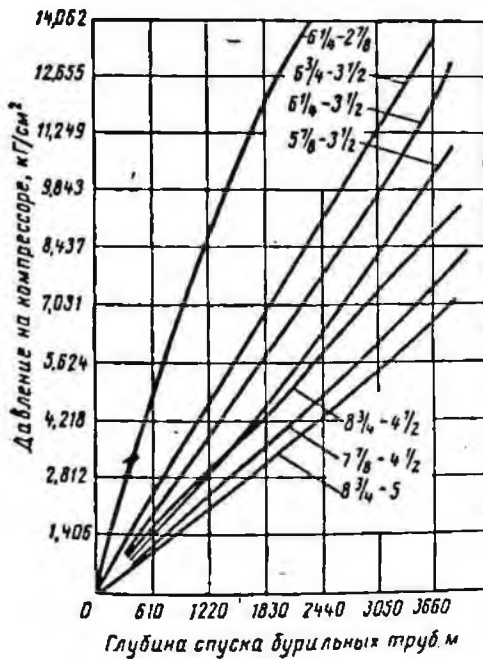


Рис. 63. Зависимость расхода воздуха от глубины скважины.

Глубина скважины, м	Диаметр скважины и буровых труб, мм									
	95/50		114/50		114/63,5		134/63,5		154/63,5	
	Давление p , кг/см ² , и расход воздуха Q , м ³ /мин									
	p	Q	p	Q	p	Q	p	Q	p	Q
50	3,60	4,85	4,70	7,80	3,60	6,70	3,60	10,40	4,50	14,80
100	4,20	5,10	5,70	8,20	4,10	7,00	4,30	10,80	5,70	15,50
150	4,80	5,30	6,40	8,50	4,60	7,40	4,90	11,25	6,70	16,00
200	5,40	5,55	7,10	8,80	5,00	7,70	5,60	11,65	7,60	16,30
250	5,85	5,80	7,80	9,10	5,50	7,90	6,10	11,90	8,50	16,90
300	6,30	6,00	8,50	9,40	5,80	8,15	6,60	12,25	9,20	17,30
350	6,80	6,20	9,10	9,60	6,20	8,40	7,10	12,60	10,00	17,70
400	7,30	6,30	9,80	9,80	6,60	8,55	7,60	12,85	10,70	18,10
450	7,70	6,50	10,40	10,00	6,90	8,70	8,00	13,20	11,30	18,50
500	8,10	6,65	11,00	10,20	7,20	8,85	8,40	13,50	11,90	18,80
550	8,60	6,80	11,60	10,35	7,50	9,00	8,80	13,70	12,50	19,10
600	9,00	6,90	12,20	10,50	7,80	9,10	9,20	13,85	13,10	19,35
650	9,40	7,05	12,80	10,65	8,10	9,20	9,60	14,00	13,70	19,60
700	9,70	7,10	13,40	10,80	8,40	9,25	10,00	14,15	14,20	19,80
750	10,10	7,20	14,00	10,90	8,60	9,30	10,40	14,30	14,70	20,00
800	10,45	7,25	14,60	11,00	8,90	9,35	10,70	14,50	15,20	20,00
850	10,80	7,30	15,10	11,10	9,10	9,40	11,10	14,60	15,70	20,40
900	11,20	7,40	15,70	11,20	9,30	9,45	11,40	14,75	16,20	20,60
950	11,50	7,45	16,20	11,30	9,50	9,50	11,80	14,90	16,60	20,80
1000	11,80	7,50	16,70	11,40	9,70	9,60	12,00	15,00	16,90	21,00



Фирмой «ЮЗ Тул» (США) разработана расчетная табл. 86 для определения расхода воздуха при разных параметрах бурения.

Рис. 64. Зависимость давления воздуха на выходе компрессора от глубины спуска буровых труб.

Таблица 85

Породы	Размер частиц песка, мм	Полная скорость восходящего пото- ка, м/сек	Диаметр буриль- ных труб		Расход циркулирующего агента (м ³ /мин) при диаметре скважины, мм				
			дюймы	мм	100	120	150	180	200
Крепкие и сыпучие	1	12	—	60,0	3,6	6,0	10,6	16,2	—
			27/8	73,0	2,6	5,1	9,7	15,3	19,6
			3 1/2	88,9	—	3,6	8,2	13,8	18,1
			4 1/2	114,3	—	—	5,3	10,9	15,2
			5 9/16	141,3	—	—	—	7,0	11,3
			6 5/8	168,3	—	—	—	2,3	6,6
	3	15	—	60,0	4,5	7,6	13,3	20,3	—
			27/8	73,0	3,3	6,4	12,1	19,1	24,5
			3 1/2	88,9	—	4,5	10,3	17,3	22,6
			4 1/2	114,3	—	—	6,7	13,7	19,0
			5 9/16	141,3	—	—	—	8,8	14,2
			6 5/8	168,3	—	—	—	2,9	8,3
	5	18	—	60,6	5,4	9,0	16,0	24,4	—
			27/8	73,0	3,9	7,7	14,5	23,4	30,0
	5	18	3 1/2	88,0	—	5,4	12,2	20,7	26,1
4 1/2			114,3	—	—	6,0	16,5	22,8	
5 9/16			141,3	—	—	—	10,6	17,0	
6 5/8	18	6 5/8	168,3	—	—	—	3,5	9,9	
		—	60,0	6,5	11,1	19,3	29,7	—	
		27/8	73,0	5,5	9,3	17,6	27,8	35,4	
		3 1/2	88,9	—	6,6	15,0	24,6	33,0	
		4 1/2	114,3	—	—	7,1	20,1	27,6	
10	21,8	5 9/16	141,3	—	—	—	12,8	20,6	
		6 5/8	168,3	—	—	—	4,3	12,0	
		—	60,0	4,5	7,6	13,3	20,3	—	
		27/8	73,0	3,3	6,4	12,1	19,1	24,5	
		3 1/2	88,9	—	4,5	10,3	17,3	22,6	
1	15,0	4 1/2	114,3	—	—	6,7	13,7	19,0	
		5 9/16	141,3	—	—	—	8,8	14,2	
		6 5/8	168,3	—	—	—	2,9	8,3	
		—	60,0	4,5	7,6	13,3	20,3	—	
		27/8	73,0	3,3	6,4	12,1	19,1	24,5	
		3 1/2	88,9	—	4,5	10,3	17,3	22,6	
3	20,0	4 1/2	114,3	—	—	8,9	18,2	25,4	
		5 9/16	141,3	—	—	—	11,7	18,9	
		6 5/8	168,3	—	—	—	3,9	11,0	
		—	60,6	6,0	10,0	17,8	27,1	—	
		27/8	73,0	4,4	8,6	16,2	25,5	32,7	
		3 1/2	88,9	—	6,1	13,7	23,0	30,2	

Породы	Размер частиц шлама, мм	Полная скорость восходящего потока, м/сек	Диаметр буровых труб		Расход циркулирующего агента (м³/мин) при диаметре скважины, мм				
			дюймы	мм	100	120	150	180	200
	5	24,5	—	60,0	7,7	12,4	21,7	33,2	—
			27/8	73,0	5,4	10,5	19,8	31,2	39,9
			3 1/2	88,9	—	7,5	16,7	28,2	36,9
			4 1/2	114,3	—	—	11,0	22,5	31,2
			5 5/16	141,3	—	—	—	14,4	23,1
			6 5/8	168,3	—	—	—	4,8	13,6
			—	60,0	9,5	16,0	28,0	42,6	—
	10	31,5	27/8	73,0	6,9	13,5	25,5	40,1	51,4
			3 1/2	88,9	—	9,6	21,6	36,3	47,5
			4 1/2	114,3	—	—	14,2	28,8	39,7
			5 5/16	141,3	—	—	—	18,5	29,8
			6 5/8	168,3	—	—	—	6,2	17,5
			—	60,0	9,5	16,0	28,0	42,6	—
			27/8	73,0	6,9	13,5	25,5	40,1	51,4

Таблица 86

Диаметр скважины		Диаметр буровых труб		Потребность воздуха, м³/мин
дюймы	мм	дюймы	мм	
4 3/4	121	27/8	73	6,62
		3 1/2	89	4,78
5 5/8	143	27/8	73	10,81
		3 1/2	89	9,00
6 1/4	159	3 1/2	89	12,42
		4 1/2	114	11,71
7 3/8	187	3 1/2	89	19,58
		4 1/2	114	15,82
7 7/8	200	3 1/2	89	23,03
		4 1/2	114	19,32
		5 1/2	140	11,72
8 1/2	216	4 1/2	114	14,72
		5 1/2	140	19,44
		6 5/8	143	13,13
8 3/4	222	4 1/2	114	26,07
		5 1/2	140	21,46
		6 5/8	143	15,14

Примечание. При составлении таблицы не учтены потери на трение. Поэтому по мере увеличения глубины скважины на каждые следующие 600 м (после первых 600 м) необходимо к расчетной потребности воздуха прибавлять еще 10-20%.

Диаметр скважины, мм	Наружный диаметр бурильных труб, мм	$Q_0 = v_{\text{экв}} \times F_{\text{кольца}}$ м ³ /мин	Коэффициент n (м ³ /мин) на 1000 м при механической скорости бурения, м/ч			
			0	9,15	18,3	27,45
121	73	6,48	2,93	3,83	4,59	5,24
	60	7,67	2,58	3,46	4,16	4,72
159	89	12,18	3,43	4,78	5,20	6,94
	73	13,83	3,04	4,27	5,32	6,28
171	89	15,17	3,46	4,90	6,14	7,24
194	89	19,14	3,57	5,11	6,48	7,73
	105	18,97	4,15	6,03	7,68	9,13
200	89	22,60	3,64	5,26	6,73	8,07
	127	23,42	4,55	6,75	8,65	10,40
222	105	25,57	4,27	6,29	8,11	9,75
	89	29,22	3,79	5,57	7,18	8,70
229	127	25,43	4,56	6,78	8,77	10,49
	105	27,61	4,28	6,36	8,22	9,94
251	89	31,23	3,85	5,66	7,33	8,87
	140	30,55	4,92	7,46	9,66	11,70
	127	32,93	4,67	7,01	9,16	11,14
	105	35,11	4,44	6,66	8,66	10,59

В табл. 87 приведены данные о расходе воздуха, полученные по методу Энджела при скорости потока 15,24 м/сек, и различных механических скоростях бурения.

Потребный расход воздуха, при скорости его в межтрубном пространстве 15,24 м/сек, определяется по формуле

$$Q = Q_0 + nL,$$

где Q — потребный расход воздуха в м³/мин.

$Q_0 = v_{\text{экв}} \cdot F_{\text{кольца}}$ — расход воздуха без учета глубины скважины и механической скорости бурения в м³/мин;

n — коэффициент, показывающий увеличение расхода воздуха, в зависимости от механической скорости, диаметра скважины и бурильных труб, в м³/мин на 1000 м; L — глубина скважины в тыс. м.

Для определения величин Q_0 и n служит табл. 87.

Пример. Определить потребный расход воздуха для бурения скважины диаметром 121 мм и глубиной 800 м при использовании бурильных штанг диаметром 73 мм.

Q_0 находим из табл. 87 для диаметра бурения 121 мм и бурильных труб 73 мм равном 6,48 м³/мин, n — при механической скорости 18,3 м/ч = 4,59. L — глубина скважины, равная 0,8 тыс. м.

Подставив вычисленные величины в формулу, получаем

$$Q = Q_0 + nL = 6,48 + 4,59 \cdot 0,8 = 10,15 \text{ м}^3/\text{мин}.$$

Для промежуточных диаметров скважины и бурильных труб величины Q_0 и n находят интерполированием.

ГЛАВА XIV

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ БУРЕНИЯ С ПРОДУВКОЙ ВОЗДУХОМ

Одно из решающих условий для широкого внедрения описываемого метода в практику буровых работ — его экономическая эффективность. Для разрешения указанного вопроса в крупных геологоразведочных партиях Узбекистана, где газообразный промышленный агент применяется в промышленных масштабах, были проведены хронометражные наблюдения по 78 скважинам общей глубиной 10 000 м. Из них пробурено с продувкой воздухом 8000 м и для сравнения основных показателей использованы данные о проходке 2000 м с глинистым раствором. Средние показатели по балансу рабочего времени при бурении диаметрами 132 и 112 мм в породах I—VII категорий приведены в табл. 88.

Таблица 88

Промышленный агент	Пробурено, м	Чистое бурение, %	Вспомогательные операции, %	Простой, %	Аварии, %	Монтаж и демонтаж, %	Переезды, %
Воздух	8000	43,8	28,7	2,3	0,2	9,6	15,4
Раствор	2000	34,0	21,8	7,0	5,5	12,8	18,9

Примечание. Расход времени на монтаж и демонтаж при продувке воздухом немного сокращается вследствие крупноблочности циркуляционной системы. Благодаря этому сокращается и время на переезды.

Как видно из табл. 88, простоев и аварий при промывке раствором значительно больше, чем при бурении с воздухом, а процент чистого бурения меньше. Время вспомогательных операций при продувке воздухом несколько больше, что объясняется затруднениями в процессе подъема спаряда по причине неполной очистки скважины от шлама (вследствие нарушения технологии) и частично — несовершенством конструкции превентора, а также недостаточным опытом бригады.

Надо полагать, что с применением лучших конструкций герметизаторов и освоением новой технологии технико-экономические показатели в дальнейшем намного улучшатся. Особо следует отметить малый процент аварий. По 54 скважинам со средней глубиной 130 м, пробуренных с очисткой воздухом, аварии составляли только 8 ч, т. е. 0,21% всего затраченного времени, тогда как при бурении в том же районе с глинистым раствором они составляли более 5%.

Из всех технико-экономических показателей наиболее важна скорость проходки — механическая, техническая и цикловая. Это один из решающих факторов в снижении стоимости работ. Данные о средней скорости проходки в зависимости от промывочного агента представлены в табл. 89.

Таблица 89

Промывочный агент	Диаметр бурения, мм	Классификация по ЕИЦ	Количество скважин	На станко-час чистого бурения			На станко-смену			На станко-месяц		
				м	т	ц	м	т	ц	м	т	ц
Воздух	112—132	I—VI	54	8,78	2,48	1,7	30,24	19,84	13,6	2721,6	1785,6	1224
Глинистый раствор	112—132	I—VI	54	3,00	1,60	1,0	13,28	6,60	4,0	1195	600	450

Примечание. м — механическая скорость, т — техническая скорость, ц — цикловая скорость, м/ч.

Как видно из табл. 89, механическая скорость бурения на станко-месяц с продувкой воздухом в 2,3 раза больше, чем с промывкой глинистым раствором, а цикловая — в 2,7 раза.

Для сопоставления себестоимости 1 м бурения с продувкой воздухом и промывкой глинистым раствором в табл. 90 представлен подсчет себестоимости (в руб.).

Таблица 90

Статьи расходов	Бурение	
	с воздухом	с глинистым раствором
Зарплата основная	3,25	4,44
Полевое довольствие	0,56	0,90
Материалы	0,69	0,84
Амортизация	0,94	0,68
Транспортные расходы	0,20	0,30
Услуги	0,56	0,71
Накладные расходы	1,03	1,31
Всего	7,23	9,18

Из табл. 90 видно, что при бурении с продувкой воздухом себестоимость 1 м проходки меньше по всем статьям, кроме амортизации. Расходы на амортизацию увеличиваются в связи с применением добавочного оборудования (компрессор, прелентор и др.) в сумме 0,26 руб. на 1 м бурения.

Снижение себестоимости 1 м бурения составляет 1,95 руб. Если же учесть расходы по транспортировке материалов и оборудования, то стоимость 1 м бурения с продувкой воздухом равняется 9,60 руб., а с глинистым раствором — 14,27 руб. Таким образом, общее снижение составляет 4,67 руб.

Снижение основной зарплаты при бурении с продувкой воздухом получается благодаря уменьшению численности бригады за счет рабочих, занятых приготовлением глинистого раствора. Общий состав бригады при бурении с глинистым раствором — 10 человек, а с очисткой забоя воздухом — 9; 3 сменных мастера, 3 старших рабочих и 3 дизелиста, в том числе старший. Дизелисты обслуживают компрессор и в то же время выполняют функции буровых рабочих.

При ассигновании 129 691 руб. на проходку 6030 м Устьюртская ГРП досрочно выполнила план бурения, сэкономив 73 829 руб., что составляет 57% общих затрат. Экономия получена главным образом по трем статьям: транспорту, зарплате и прочим расходам. Экономия по транспорту достигнута благодаря тому, что не требовалось подвозки глины и воды.

Сравнительная стоимость 1 м проходки (в руб.) с каждым видом промывочного агента при одинаковом метраже бурения на воду (6030 м) приводится в табл. 91.

Таблица 91

Промывочная среда	Затраты				Экономия на 1 м
	всего		на 1 м		
	по смете	фактически	по смете	фактически	
Глинистый раствор	129 691	129 691	21,50	21,50	—
Воздух	129 691	55 861	21,50	9,26	12,24

Таким образом, при бурении с продувкой воздухом достигнута экономия 12 р. 24 к. на 1 м проходки, или 57% сметной стоимости.

Механическая скорость на станко-месяц увеличилась в 2,3 раза, цикловая — в 2,7 раза.

Процент чистого бурения увеличился на 9,9, а процент аварий уменьшился с 5,5, до 0,2.

Расход коронок на 1 м проходки снизился на 35%.

Не потребовалось затраты средств и времени на опытные откачки, которые осуществляются параллельно с бурением.

Экономическая эффективность бурения с продувкой воздухом в многолетнемерзлых породах

За 1957—1960 гг. в Якутском геологическом управлении проводились хронометражные наблюдения, чтобы выявить технико-экономическую эффективность бурения с очисткой забоя сжатым воздухом в многолетнемерзлых породах. Всего пробурено 5446 м, из них с очисткой забоя воздухом 3646 м и с промывкой жидкостью 1800 м.

Для сравнительного анализа технико-экономических показателей приводится табл. 92 (из книги И. П. Елманова [13]).

Таблица 92

Показатели	Промывочный агент	
	жидкость	воздух
Пробурено, м	400	500
Чистое бурение, %	46	40
Вспомогательные операции, %	36	51
Монтаж и демонтаж, %	9,5	0,3
Простой, %	0,5	0,7
Ликвидация аварий, %	8	2
Выход керна, %	81	92
Проходка на стапко-смену, м	2,24	4,7
Механическая скорость бурения, м/ч	0,61	1,50
Сметная стоимость 1 стапко-смены, руб.	81,97	81,97
Фактическая стоимость 1 стапко-смены, руб.	77,00	81,00
Фактическая стоимость 1 м бурения, руб.	35,81	16,60

Из табл. 92 видно, что при бурении с продувкой воздухом снижаются простои и аварии, улучшается выход керна и более чем в 2 раза снижается стоимость бурения 1 м.

Экономическая эффективность при бурении дробью

В табл. 93 представлена механическая скорость бурения и расход дроби на 1 м проходки.

Как видно из табл. 93, механическая скорость бурения стальной дробью с продувкой воздухом против бурения с промывочным раствором увеличивается до 171%, а расход дроби снижается до 74% по отношению к расходу при бурении с промывкой.

Таблица 92

Категория пород по ЕНВ	Механическая скорость, м/ч			Расход дробей, кг					
				с продувкой воздухом		с промывкой раствором		снижение расхода, %	
	с продувкой воздухом	с промывкой раствором	увеличение, %	стальная	чугунная	стальная	чугунная	стальная	чугунная
VII—VIII	1,97	1,15	171	0,60	1,66	0,89	2,53	67	66
IX	0,87	0,55	158	1,52	2,05	2,37	4,29	64	48
X	0,54	0,32	169	2,01	2,24	3,61	3,00	56	74
XI	0,21	0,21	100	4,76	5,08	7,10	12,50	71	38.

**Технико-экономические показатели
по видам бурения и типам месторождений**

Сравнительный анализ технико-экономических показателей по видам бурения приводится в табл. 94.

Таблица 94

Вид бурения	Промывочный агент	Пробурено, м	Скорость проходки, м		Стоимость 1 м, руб.	Выход дробей, %
			на сталко- месяц	в 1 ч. чисто- го бурения		
Дробовое и победитовое	Жидкость	2 692,0	98	0,419	54,22	32
Дробовое и победитовое — то же — эжекторное	»	1 466,6	76	0,360	66,25	72
Алмазное	»	12 418,9	119	0,456	45,11	47
Бескерповое	Воздух	7 142,7	498	1,733	10,8	85
Бескерповое эжекторное	Жидкость	294,8	140	0,812	31,9	45

Из табл. 94 видно, что механическая скорость бурения с продувкой воздухом по сравнению с другими видами увеличивается в 3—4 раза, а стоимость проходки 1 м снижается в 4—5 раз.

Механическая скорость бурения по различным видам полезных ископаемых с продувкой воздухом и с промывкой раствором приведена в табл. 95.

Как видно из табл. 95, механическая скорость бурения с продувкой воздухом по всем видам полезных ископаемых значительно выше, чем при бурении с раствором.

Таблица 95

Месторождение	Категория пород по ЕНВ	Промысловый агент	Истирающий материал	Механическая скорость, м/ч	Выход пробы, %
Флюоритовое	VIII—IX	Вода	Дробь	0,34	27
		Воздух	Победит	2,43	61
Медно-молибденовое . . .	IX	Вода	Дробь	0,29	37
		Воздух	Победит	1,68	93
Золоторудное	VIII	Раствор	•	1,22	35
		Воздух	•	3,10	89
Медные «К»	VIII—X	Вода	•	0,27	65
		Воздух	•	2,24	95
Свинцово-цинковое . . .	VIII—IX	Вода	•	1,80	67
		Воздух	•	2,60	80
Редкометальное	IX—X	Раствор	Дробь	0,21	—
		Воздух	•	0,42	—
Медное «Д»	VII—X	Раствор	•	0,24	—
		Воздух	Победит	0,60	—

Механическая скорость бурения с продувкой естественным газом (азотом)

В табл. 96 приводятся результаты бурения скважин с продувкой естественным газом (азотом) в Южно-Казахстанской нефтегазодобывающей экспедиции.

Таблица 96

Циркулирующий агент	№ скважины	Средняя механическая скорость, м/ч	Проходка на одно долото, м	Число израсходованных дозот, шт.	Интервал бурения, м
Глинистый раствор	15	2,0	24,3	35	150—1000
Азот	10	8,7	119,8	8	150—1092
Глинистый раствор	21	4,12	21,0	41	177—1040
Азот	11	10,70	100,0	6	265—866

Бурение скв. 10 и 11 с глубины 300 м осуществлялось с водопроявлениями — вначале 1,2 л/сек и далее до 5 л/сек.

За счет сокращения срока бурения скв. 10 (с 77 до 30 суток) получена экономия 60 000 руб.

Таблица показывает большие скорости бурения и малый расход долот при бурении с продувкой газом.

Нетрудно представить, какие резервы таит в себе бурение с газопоздушной продувкой в части резкого повышения скорости проходки (в 3—8 раз) и удешевления стоимости 1 м (в 2—5 раз). Только на территории Средней Азии, в частности в Узбекистане, за последние 5 лет экономия от бурения с продувкой воздухом составила несколько миллионов рублей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдумажитов А. А. Опыт бурения с продувкой воздухом в обводненных породах. Бюлл. научно-техн. пиф., № 1, 1960.
2. Ахмеджанов Е. С. Опробование разведочных скважин в условиях низкого выхода керна в рудных месторождениях Средней Азии. Тр. САИГИМС, вып. 10. Госгеолтехиздат, 1962.
3. Бурение геологоразведочных скважин колошковым способом с очисткой забоя воздухом. Госгеолтехиздат, 1958.
4. Васильев А. П. Бурение дробью с очисткой забоя сжатым воздухом. Изв. высш. учебн. заведений, серия «Геология и разведка», № 8, 1960.
5. Воздвиженский Б. П. Разведочное колошковое бурение. Госгеолтехиздат, 1957.
6. Волков С. А., Сулакшин С. С. и Андреев М. С. Буровое дело, Изд-во «Недра», 1965.
7. Волков С. А. и Волков А. С. Справочник по разведочному бурению. Госгеолтехиздат, 1963.
8. Гейман М. А., Межлумов А. О. и др. Бурение скважин электробурами и турбобурами с промывкой забоя азириванной жидкостью. Нефт. хоз., № 4, 1961.
9. Гитциграт Э. Э. Бурение с очисткой забоя воздухом в США и Канаде. Информ. сб., № 14, ОИТИ, ВИТР, 1959.
10. Думаревский Л. А. Опыт дробового бурения с продувкой воздухом в Кызылжумах. Тр. ТаиПИ, вып. 25, новая серия, 1964.
11. Дурнов П. П. Насосы и компрессорные машины. Машгиз, 1960.
12. Елец В. П. и др. Насосы и компрессоры. Гостехиздат, 1960.
13. Елманов П. П. Бурение геологоразведочных скважин с продувкой воздухом в многолетнемерзлых породах. Изд-во «Недра», 1965.
14. Инструктивные указания по бурению скважин с очисткой забоя воздухом. Обмен опытом, вып. 35, ВИТР, 1960.
15. Исакович Р. Я. Контроль и автоматизация добычи нефти и газа. Гостехиздат, 1963.
16. Кирсанов А. П. и Кудряшов Б. Б. Рекомендации по бурению с продувкой воздухом в многолетнемерзлых породах. Якутск, 1960.
17. Козловский Е. А. Бурение разведочных скважин стальной дробью с очисткой забоя воздухом. «Разведка и охрана недр», № 12, 1959.
18. Кудряшов Б. Б. и Кирсанов А. П. Дробовое бурение с очисткой забоя воздухом в условиях Крайнего Севера. Обмен опытом, вып. 28, ВИТР, 1960.
19. Лактионов А. Т. Основы теории и техники бурения скважин с очисткой забоя воздухом и газом. Гостехиздат, 1964.
20. Магурдумов А. М. Опыт бурения скважин на воду с продувкой забоя сжатым воздухом. «Разведка и охрана недр», № 12, 1957.
21. Магурдумов А. М. Методика бурения с продувкой воздухом. Госгеолтехиздат, 1959.

22. Магурдумов А. М. Опыт бурения на воду в Кызылкумах с продувкой воздухом. Госгеолтехиздат, 1959.
23. Магурдумов А. М. Бурение геологоразведочных скважин с продувкой воздухом в безводных и пустынных районах Средней Азии. Госгеолтехиздат, 1960.
24. Магурдумов А. М. Опыт бурения скважин по водопоспым пескам с продувкой забоя воздухом. «Разведка и охрана недр», № 12, 1960.
25. Магурдумов А. М. Потери давления и расход воздуха при бурении скважин с продувкой воздухом. Тр. САИГИМС, вып. 3, 1960.
26. Магурдумов А. М. Бурение геологоразведочных скважин на воду с продувкой воздухом. ВСЕГИНГЕО, 1964.
27. Магурдумов А. М. Бурение с продувкой воздухом при водопроявлениях. Тр. ТашПИ, 1964.
28. Макаров Л. Н. О режимах твердосплавного бурения с продувкой забоя воздухом. Бюлл. научно-техн. инф., № 1, 1966.
29. Макурин Н. С. и Филатов Б. С. Бурение твердосплавными коронками с продувкой забоя воздухом. Изв. высш. учебн. заведений, серия «Геология и разведка», № 9, 1959.
30. Макурин Н. С. и Филатов Б. С. Аэродинамические характеристики циркуляционной системы скважин при колодезном разведочном бурении с продувкой. «Разведка и охрана недр», № 6, 1961.
31. Межлумов А. О. и Макурин Н. С. Бурение скважин с применением воздуха, газа и аэрированной жидкости. Изд-во «Недра», 1967.
32. Назаренко У. П. Эксплуатация воздушных поршневых компрессоров. Госнефтеиздат, 1963.
33. Пошечко А. В. О практическом расчете параметров воздушного потока при бурении скважин с продувкой. Бюлл. научно-техн. инф., № 1, 1966.
34. Преображенский В. П. Теплотехнические измерения и приборы. Госнефтеиздат, 1946.
35. Романов А. З. и др. Бурение с применением газообразных агентов вместо промывочной жидкости. ИНИТЭнефть, 1956.
36. Справочник — Автоматизация, приборы контроля и регулирования. Изд-во «Недра», 1964.
37. Страхович К. И. и др. Компрессорные машины. Госторгиздат, 1961.
38. Ткаченко А. П. Слесарь по контрольно-измерительным приборам на нефтяном промысле. Госнефтеиздат, 1955.
39. Филатов Б. С., Макурин Н. С., Гао Лу-Линь и Баженов В. С. Бурение скважин с применением поверхностно-активных веществ и аэрированной жидкости. ОНТИ ВИМС, 1962.
40. Филатов Б. С. и др. Бурение геологоразведочных скважин с продувкой воздухом. Изд-во «Недра», 1964.
41. Шамшев Ф. А. и др. Технология и техника разведочного бурения. Изд-во «Недра», 1966.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Глава I. Область применения бурения с продувкой воздухом	5
1. Сущность способа	5
2. Зарубежный опыт	5
3. Бурение с продувкой воздухом в СССР	10
4. Классификация пород по трудности бурения	12
5. Экономические предпосылки для бурения с продувкой воздухом	13
6. Особенности геологического разреза, где бурение с продувкой воздухом малоэффективно	14
Глава II. Оборудование и инструменты	15
1. Оборудование	15
2. Инструменты	22
Глава III. Оборудование для герметизации устья скважины и циркуляционной системы	41
1. Герметизирующие устройства	41
2. Оборудование циркуляционной системы	47
Глава IV. Схемы расположения оборудования и обвязки устья скважины	55
Глава V. Контрольно-измерительные приборы	62
Глава VI. Технология и режим бурения с продувкой воздухом	83
1. Режим бурения твердосплавными коронками	83
2. Бурение сплошным забоем	87
3. Дробовое бурение	90
4. Бурение алмазными коронками	99
5. Бурение с аэрированной жидкостью	106
6. Бурение двойной концентрической колонной бурильных труб	111
7. Опыт бурения с продувкой естественным газом	114
8. Бурение в условиях многолетней мерзлоты	117
Глава VII. Методика бурения с продувкой воздухом в труднопроходимых породах	125
1. Бурение по сухим пескам	126
2. Бурение по водоносным пескам	127
3. Бурение по влажным породам	129
4. Бурение по вязким и липким глинам	131
5. Бурение по трещиноватым породам	132
6. Бурение по галечникам	136
Глава VIII. Бурение в породах с водопроявлениями	139
Глава IX. Бурение гидрогеологических скважин	146
1. Условия бурения на воду	146
2. Вскрытие водоносных горизонтов	147
3. Опробование водоносных горизонтов	147

	Стр.
4. Установление величины повышения столба воды при помощи манометра	148
5. Измерение дебита воды при откачке	148
6. Изоляция водоносных горизонтов	148
<i>Глава X.</i> Подъем керна и шлама	150
<i>Глава XI.</i> Аварии и осложнения. Методы борьбы с ними	156
1. Аварии и осложнения в случаях прихвата снаряда сухим шламом	157
2. Прихват вследствие палипания влажного шлама на стенки скважины	159
3. Прихват при бурении по вязким глинам	160
<i>Глава XII.</i> Монтаж и эксплуатация компрессорных станций	162
<i>Глава XIII.</i> Определение параметров компрессора	178
<i>Глава XIV.</i> Техничко-экономическая эффективность бурения с продувкой воздухом	197
Литература	204

Магурдумов Аристогес Мартынович

**РАЗВЕДОЧНОЕ БУРЕНИЕ
С ПРОДУВКОЙ ЗАБОЯ ВОЗДУХОМ**

Редактор издательства *Н. А. Круглова*

Техн. редактор *В. В. Секолова*

Корректор *Т. Г. Фонарева*

Сдано в набор 25/XI 1969 г.

Подписано в печать 8/IV 1970 г.

Т-05074. Формат 60 × 90¹/₁₆. Печ. л. 13.0.

Уч.-изд. л. 13,17. Бумага № 2.

Индент 1—3—1. Заказ 1120/60—5.

Тираж 3000 экз. Цена 89 коп.

Издательство «Недра».

Москва, К-12, Третьяковский проезд, д. 1/19.

Ленинградская типография № 14

«Красный Печатник» Главполиграфпрома

Комитета по печати при Совете Министров СССР.

Московский проспект, 91.

