

## ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ БУРЕНИЯ РАЗВЕДОЧНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА В КРЕПКИХ ПОРОДАХ

В. М. МАТРОСОВ, С. С. СУЛАКШИН, А. И. ДЕРЕВЯННЫХ

(Представлена научным семинаром кафедры техники разведки)

В Советском Союзе ежегодно сооружаются тысячи буровых скважин, предназначенных для целей водоснабжения. При этом объемы бурения из года в год возрастают. Освоение новых и расширение старых площадей сельскохозяйственных объектов, строительство крупных промышленных центров требуют немедленного ввода в эксплуатацию новых источников водоснабжения. Огромная роль в этом деле принадлежит добыче подземных вод из буровых скважин. В этом случае вода может быть получена в необходимых количествах в районах, не имеющих поверхностных водоемов, при минимальных капиталовложениях. Следует также учесть, что воды, получаемые из буровых скважин, наиболее полно отвечают санитарно-гигиеническим требованиям.

Разведочно-эксплуатационные скважины на воду проходятся в самых разнообразных горнотехнических условиях и имеют свои специфические особенности. Так, например, от скважин колонкового разведочного бурения они отличаются гораздо большими диаметрами, а от скважин глубокого нефтяного бурения — тем, что нередко пересекают породы высокой твердости.

Одним из актуальных вопросов в бурении скважин с целью водоснабжения является технология проводки скважин большого диаметра в крепких породах вращательным способом. Разрешению этого важного вопроса и посвящена настоящая статья, написанная по материалам научно-исследовательских работ кафедры техники разведки ТПИ, выполненных в содружестве с трестом «Востокбурвод».

### Условия бурения скважин на воду и технико-экономические показатели

Районы работ треста «Востокбурвод» весьма обширны и простираются от Урала до Тихого океана, при этом подавляющее большинство скважин проходится вращательным способом с использованием установок УРБ-ЗАМ, УРБ-4П и УРБ-4Ш, а также ЗИФ-650А. Вращательное бурение в крепких породах осуществляется как сплошным забоем, так и колонковым способом, который дает неплохие результаты. Так, в Новосибирском СУ при бурении дробовыми коронками проходка за смену по породам IX—X категорий составила 1,0—1,3 м при диаметре скважин 168 мм. Ввиду отсутствия необходимых забойных наконечников и разработанной технологии бурение дробью пока не получило широкого

распространения и скважины в крепких породах бурятся в основном шарошечными долотами различных типов.

Глубины скважин колеблются в широких пределах: от нескольких десятков метров до тысячи и более. В табл. 1 приводятся данные о средних глубинах скважин за 1963 г. по отдельным специализируемым управлениям треста «Востокбурвод», пробуренных вращательным способом.

Т а б л и ц а 1

| Наименование СУ | Количество скважин | Средняя глубина в м |
|-----------------|--------------------|---------------------|
| Барнаульское    | 53                 | 267                 |
| Новосибирское   | 170                | 210                 |
| Красноярское    | 82                 | 152                 |
| Хабаровское     | 79                 | 87                  |
| Читинское       | 74                 | 153                 |
| Трест           | 458                | 180                 |

Скважины глубиной свыше 200 м, как правило, проходятся в относительно мягких породах, однако количество их сравнительно невелико. Поэтому, несмотря на небольшие средние глубины скважин, объем бурения в крепких породах значителен.

Распределение пробуренного метража по категориям пород и диаметрам скважин в СУ треста за 1963 г. приведено на рис. 1, а, б. Данные о процентном содержании крепких пород (VI—X категорий) сведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

| Наименование СУ   | Общий метраж вращательного бурения, пог. м | Содержание крепких пород |      |
|-------------------|--------------------------------------------|--------------------------|------|
|                   |                                            | пог. м                   | %    |
| Барнаульское      | 8587                                       | —                        | —    |
| Иркутский участок | 6285                                       | 741                      | 11,6 |
| Красноярское      | 4592                                       | 577                      | 12,3 |
| Новосибирское     | 25765                                      | 6394                     | 24,9 |
| Хабаровское       | 3616                                       | 1389                     | 38,0 |
| Читинское         | 2079                                       | 1108                     | 53,3 |
| Трест             | 50924                                      | 10209                    | 23,4 |

Анализ фактического материала показывает, что породы высоких категорий по буримости занимают в целом по тресту 23,4% от общего метража. Хотя относительное содержание высоких категорий сравнительно невелико, трудоемкость буровых работ, необходимых для их выполнения, значительно больше, чем для бурения остальных 76,6% метража в породах более низких категорий.

В наиболее трудных условиях в этом отношении находятся Читинское, Хабаровское и Новосибирское СУ. А если взять абсолютные цифры, то в Новосибирском СУ проходится крепких пород почти в 2 раза больше, чем во всех остальных СУ. Отсюда вытекает и необходимость

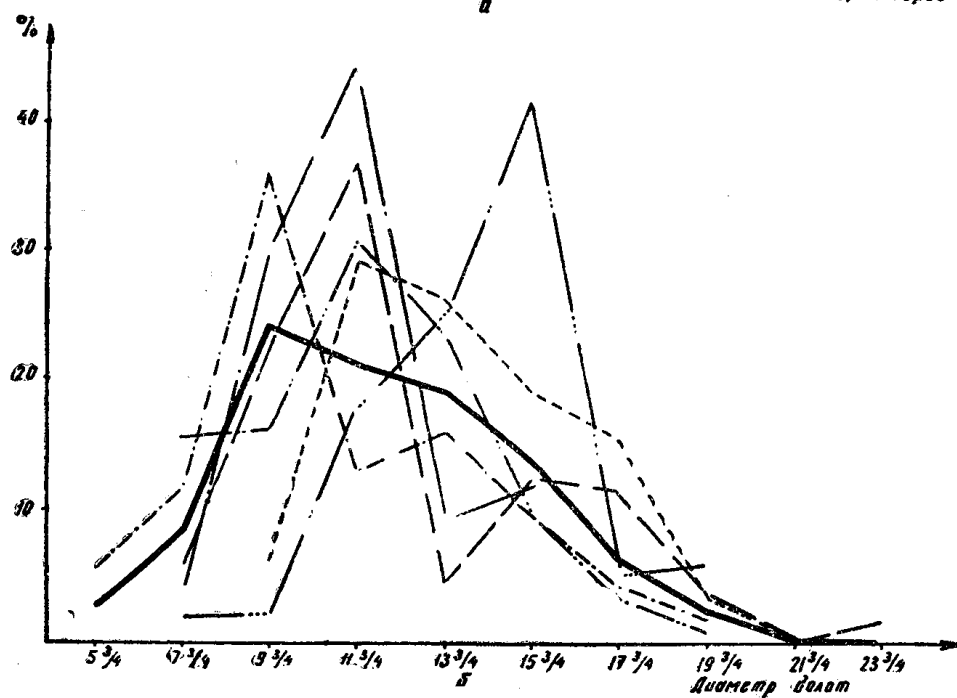
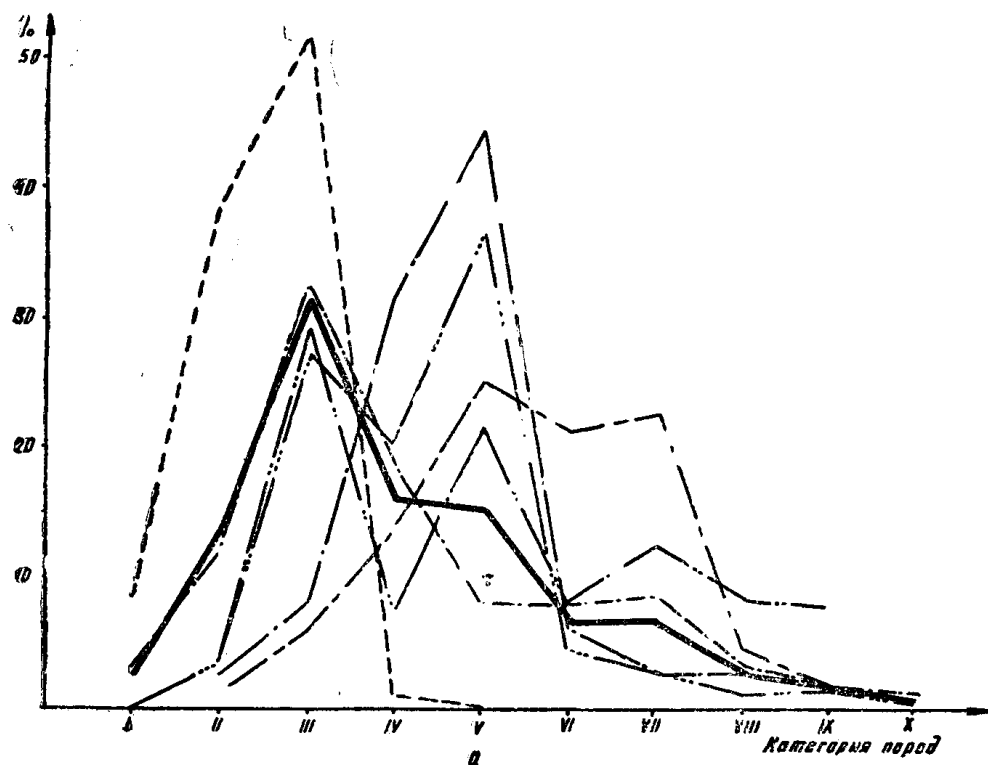


Рис. 1. Распределение пробуренного метража по категориям пород (а) и диаметрам скважин (б). — Новосибирское СУ; — Красноярское СУ; — Читинское СУ; — Барнаульское СУ; — Хабаровское СУ; — Иркутский участок; — трест „Востокбурвод“

разработки технологии и технических средств в первую очередь для указанных СУ.

Специфичность технологии бурения на воду особенно наглядно проявляется при рассмотрении диаметров скважин (рис. 1, б), которые изменяются в пределах от  $5 \frac{3''}{4}$  до  $23 \frac{3''}{4}$ . Характерными при этом яв-

ляются большие значения диаметров скважин и соответственно долот. Внутри отдельных СУ диапазон изменения и удельный вес отдельных диаметров различен, что обус-

ловлено условиями гидрогеологического порядка. В табл. 3 приведены данные о средних диаметрах скважин и категориях пород по отдельным СУ треста, из которых следует, что определенной зависимости диаметра скважин от категории пород не наблюдается. Например, в Барнаульском СУ и Иркутском участке средние диаметры близки, хотя категории пород резко различаются.

Для этих же подразделений треста характерны и наибольшие значения средних диаметров скважин, тогда как в целом по тресту они лежат в пределах  $9 \frac{3''}{4} - 15 \frac{3''}{4}$ .

Наиболее важным фактором, определяющим противоречия в технике и технологии бурения скважин на воду, является сочетание пород высоких категорий по буримости и больших диаметров скважин. Основными долотами при проходке крепких пород (VI—X категорий) являются: НСУ —  $5 \frac{3''}{4} - 9 \frac{3''}{4}$ ; КСУ —  $9 \frac{3''}{4} - 11 \frac{3''}{4}$ ; ЧСУ —  $7 \frac{3''}{4} - 11 \frac{3''}{4}$ ; ХСУ —  $7 \frac{3''}{4} - 13 \frac{3''}{4}$ ; ИУ —  $11 \frac{3''}{4} - 17 \frac{3''}{4}$ ; Трест —  $7 \frac{3''}{4} - 11 \frac{3''}{4}$ .

Для проходки указанных пород используются главным образом трехшарошечные долота различных типов. При этом долота, как правило, не нагружаются до оптимальных значений в процессе бурения. Невозможность создания оптимальных нагрузок на долото связана как с необеспеченностью треста утяжеленными бурильными трубами и трудностью проведения спуско-подъемных операций, так и с недостатками конструкции установки УРБ-ЗАМ. На малых глубинах, когда длина УБТ недостаточна, из-за отсутствия специального механизма подачи бурение ведется со значительной недогрузкой. Наоборот, при больших глубинах скважин и оптимальной длине УБТ вес бурового снаряда может превысить грузоподъемность установки УРБ-ЗАМ.

Осевая нагрузка при бурении крепких пород является важнейшим фактором, влияющим на механическую скорость бурения. Это обстоятельство ставит задачу модернизации установки УРБ-ЗАМ или же создание совершенно новой буровой установки для данных условий проведения скважин.

Недостаточная осевая нагрузка, а нередко и несоответствие долот буримым породам приводят к быстрому износу породоразрушающих на-

Т а б л и ц а 3

| Наименование СУ   | Средняя категория пород | Средний диаметр, дюйм |
|-------------------|-------------------------|-----------------------|
| Барнаульское      | 2,47                    | 14,12                 |
| Новосибирское     | 4,13                    | 11,32                 |
| Иркутский участок | 4,40                    | 14,62                 |
| Красноярское      | 4,65                    | 11,63                 |
| Хабаровское       | 5,17                    | 11,87                 |
| Читинское         | 5,70                    | 12,82                 |
| Трест             | 4,13                    | 12,25                 |

конечников. Например, при бурении скважин в пос. Чульман (ЯАССР) проходка на одно долото № 18 составила 0,10—0,17 м; в Новосибирском СУ при бурении крепких пород проходка на одно долото № 14 составляет около 2 м. Таким образом, износ существующих долот при проходке скважин большого диаметра в крепких породах крайне велик и существенно удорожает буровые работы.

Анализ технико-экономических показателей по скважинам, пробуренным в тресте «Востокбурвод» в 1960—64 гг., показывает, что с увеличением средней категории пород процент времени чистого бурения увеличивается, но одновременно возрастает и число аварий, а также время на их ликвидацию. Исходя из баланса рабочего времени организации треста «Востокбурвод» могут быть объединены в три группы по затратам времени на бурение:

I группа — Красноярское СУ, Читинское СУ и Хабаровское СУ, где процент времени бурения сравнительно высок (42—56%);

II группа — Новосибирское СУ, в котором процент времени бурения имеет среднее значение (33—36%);

III группа — Барнаульское СУ, где характерен низкий процент времени бурения (18—28%).

Наиболее полно характеризуют конструктивное совершенство буровой установки и правильность ведения технологического процесса скорости бурения, в частности, такие как: техническая, коммерческая и цикловая. Уровень указанных скоростей колеблется по СУ треста довольно в широких пределах, но значения технических скоростей закономерно изменяются обратно пропорционально средним категориям буримых горных пород. Так, наиболее высокие технические скорости бурения — в Барнаульском и Новосибирском СУ (6,0—7,0 м/ст-см), наиболее низкие — в Читинском и Хабаровском СУ (1,1—2,5 м/ст-см). Приняв техническую скорость в каждом СУ за 100%, можно проследить относительное падение коммерческой и цикловой скоростей бурения (рис. 2).

Из рассмотрения этого графика следует, что наибольшее падение коммерческой скорости бурения по отношению к технической наблюдается в Барнаульском СУ. Здесь имеет место высокий процент непроизводительных затрат (аварии, простои и т. д.). Соотношения цикловых скоростей бурения по сравнению с коммерческим для отдельных СУ резко нарушается, и лишь в Барнаульском СУ относительное падение уровня цикловой скорости еще более увеличивается. Важнейшим фактором этого обстоятельства является значительная продолжительность отказов.

Наконец, на экономичность бурения существенно влияет аварийность работ, которая связана главным образом с бурильными трубами. Большое количество указанных аварий обусловлено тем, что диаметр бурильных труб не соответствует диаметру скважин. Отношение диаметра скважин к диаметру бурильных труб доходит до 3,34—4,30, в то время как в колонковом бурении и бурении на нефть и газ это отношение составляет 1,50—2,40.

Все перечисленные факторы в той или иной степени влияют на стоимость буровых работ. Фактическая стоимость 1 пог. м скважин колеблется довольно в широких пределах среди спецуправлений треста, что связано с различием в условиях проведения работ. Например, в Красноярском СУ при проходке крепких пород стоимость 1 пог. м составляет 90—130 руб.; в Хабаровском СУ — 100—150 руб.; в Читинском СУ — 100—140 руб. В Новосибирском СУ (1962 г.) стоимость 1 пог. м для различных способов бурения составила: ударный — 96,3 руб., роторный — 59,5 руб., колонковый — 57,2 руб. Принимая во внимание, что роторным способом проходились скважины как в крепких, так и мягких породах, а колонковым — только в крепких, необходимость дальнейшей

разработки технологии бурения скважин на воду дробовым способом не вызывает сомнения.

Таким образом, проведенный анализ условий проходки скважин на воду в крепких породах вращательным способом показывает: 1) трудности и специфику этого вида работ; 2) недостатки техники и технологии бурения скважин; 3) причины тех или иных отрицательных явлений, снижающих эффективность проходки скважин.

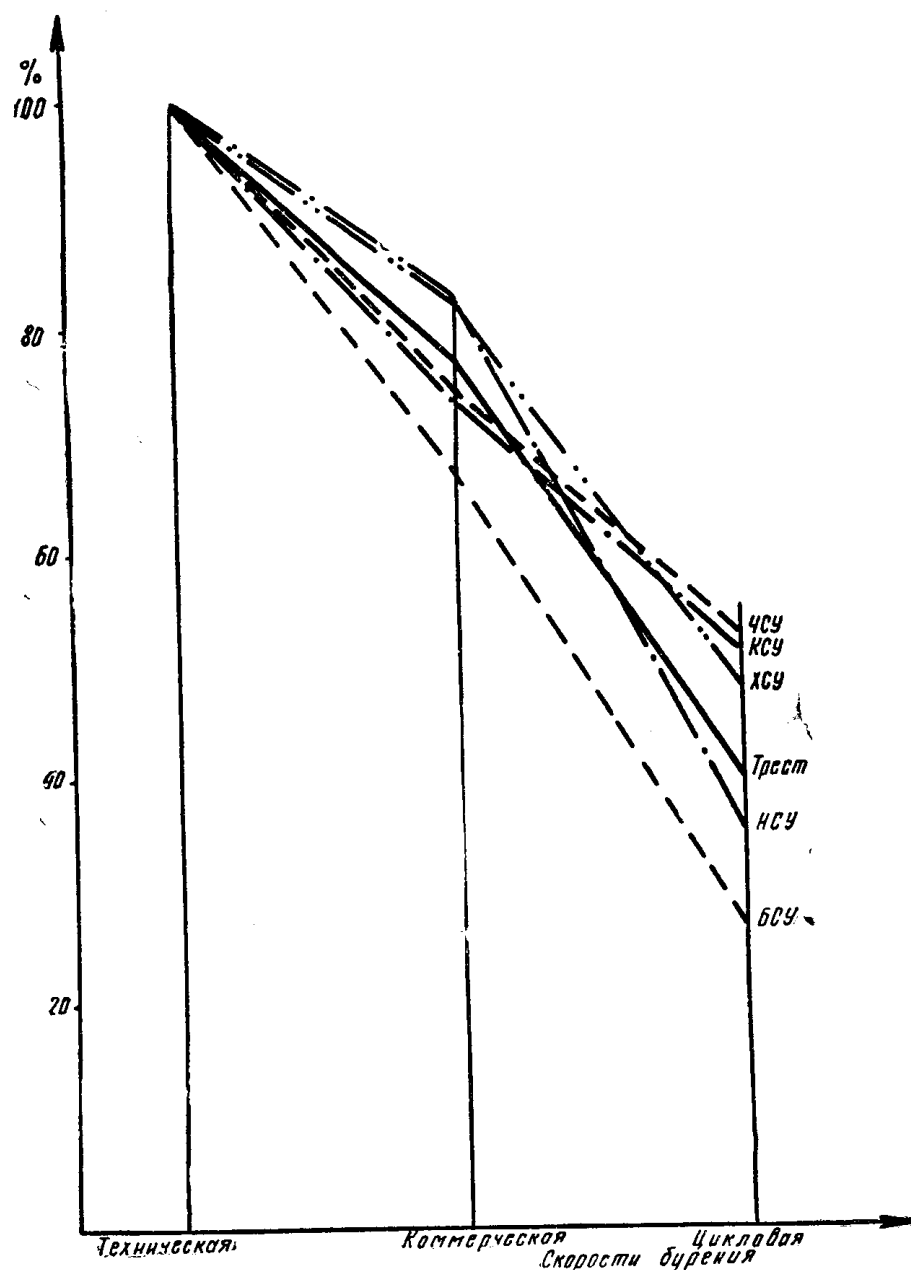


Рис. 2 Относительное падение скоростей бурения

На основе вышеизложенного определяются некоторые пути повышения производительности при проходке разведочно-эксплуатационных скважин в крепких породах.

## Основные пути повышения производительности буровых работ на воду в крепких породах

1. Гидроподача на установках УРБ-ЗАМ. На установках УРБ-ЗАМ при небольших глубинах, а также в случае отсутствия тяжелого низа невозможно создать требуемое осевое давление на забой скважины. В связи с этим возникает задача создания механизма принудительной подачи у этих установок.

Впервые чертежи такого механизма были разработаны в Казгидропроекте, по которым был изготовлен опытный образец, но результаты испытания нам неизвестны. Анализ разработанной схемы показывает, что она имеет два существенных недостатка: 1) наличие одного гидроцилиндра при принятом соединении его штока с ведущей штангой вызовет обязательный перекося траверсы, что не позволит осуществлять регулирование подачи. Об этом свидетельствует опыт работы на станках типа ЗИФ при отказе одного цилиндра; 2) один цилиндр не позволяет осуществлять регулировку нагрузки в больших пределах.

В связи с этим предлагается для разработки схема гидроподдачи к установке УРБ-ЗАМ с двумя цилиндрами и соответствующим изменением отдельных узлов (рис. 3).

Цилиндры гидроподдачи 9 от станка ЗИФ-300 монтируются на рабочей площадке 13 установки. Стойки 7, выполняющие роль направляющего штока, закрепляются также на рабочей площадке и, кроме того, в верхней части присоединяются к поясу мачты с помощью хомутов 3. Связь штоков гидроцилиндров с ведущей штангой 5 осуществляется посредством траверсы 6 и двух патронов 4 — верхнего и нижнего. Эти патроны связаны со штангой через шарикоподшипники так, что при ее вращении остаются неподвижными, но могут фиксироваться в положении, исключающем их перемещение по штанге в осевом направлении. Траверса при перекреплении откидывается, вращаясь на штоке одного из цилиндров.

Управление гидроцилиндрами установки осуществляется с распределителя 1 через систему рукавов высокого давления 11. При создании дополнительной нагрузки на забой гидроцилиндры будут работать как домкраты и могут создать усиление в 10 т. При весе всей установки УРБ-ЗАМ 13,6 т осевую нагрузку, возможно, придется несколько ограничить, чтобы не происходил отрыв задней части установки от земли.

Большинство узлов и деталей предлагаемой схемы гидроподдачи являются унифицированными. Необходимо лишь изготовить траверсу и оба патрона.

В настоящее время нет специализированных установок для бурения скважин большого диаметра в крепких породах. Поэтому создание гидроприставки к УРБ-ЗАМ непосредственно в производственных организациях является реальным путем повышения эффективности буровых работ на воду.

2. Дробовое бурение. В тресте «Востокбурвод» дробовое бурение на воду имеет небольшой удельный вес, но, как это показано ранее, технико-экономические показатели этого способа довольно высокие. Широкому распространению дробового бурения препятствует целый ряд факторов, таких как: отсутствие разработок по технологии бурения скважин большого диаметра, несовершенство конструкций коронок, вопросы отрыва керна и др.

Первостепенной задачей является создание рационального типа коронки большого диаметра. Чтобы исключить необходимость отрыва керна, целесообразно иметь коронку для бурения сплошным забоем, что приведет также и к увеличению продолжительности рейса. В разведоч-

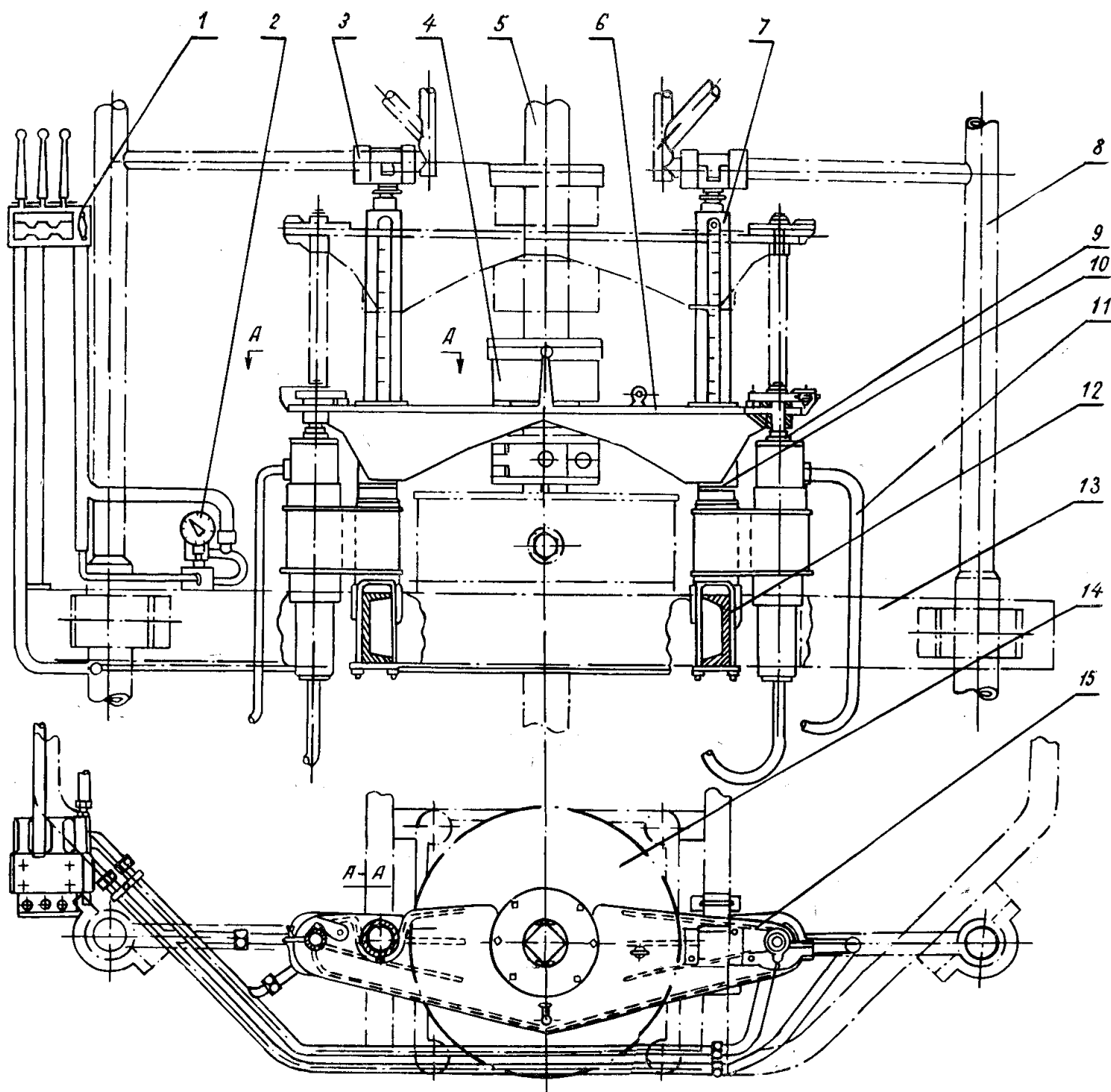


Рис. 3. Схема гидроснабжения к установке УРБ-3АМ:

1 — распределитель; 2 — манометр; 3 — хомут; 4 — патроны; 5 — ведущая штанга; 6 — траверса; 7 — стойка; 8 — мачта; 9 — гидравлический цилиндр; 10 — основание стойки; 11 — трубка высокого давления; 12 — швeller; 13 — платформа установки; 14 — ротор; 15 — ребра жесткости.



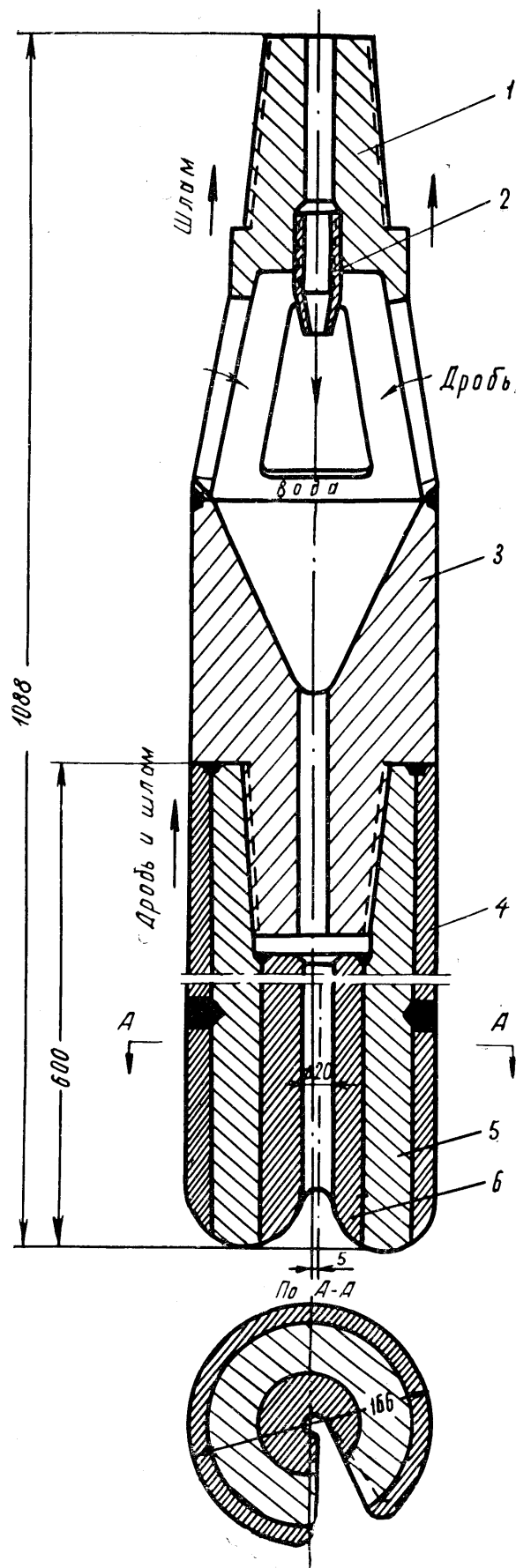


Рис. 4. Дробовая коронка для бурения сплошным забоем: 1 — верхняя часть корпуса; 2 — гидравлическая насадка; 3 — нижняя часть корпуса; 4 — коронка; 5 и 6 — втулки

ном бурении предложено много конструкций коронок сплошного забоя. Наиболее удачной следует признать конструкцию, предложенную В. Н. Павловским и Р. И. Остроушко. На ее основе предлагается коронка для скважин большого диаметра (рис. 4). Коронка предназначена для бурения скважин диаметром до 166 мм (с учетом разбурки стенок скважины до 180 мм). Отличительной особенностью коронки является то, что ввиду своих значительных размеров она изготавливается из отдельных частей бурового инструмента: верхняя 1 и нижняя 3 части корпуса — из замков, коронка 4 — из муфтовой заготовки, втулка 5 — из утяжеленных бурильных труб.

Принцип действия коронки ясен из схемы и заключается в принудительной циркуляции дробы под действием потока промывочной жидкости. Благодаря этому обеспечивается устойчивая подача на забой скважины дробы, что позволит работать на высоких удельных давлениях и оборотах.

3. Шарошечное ступенчатое долото. Большое значение в деле повышения эффективности бурения скважин большого диаметра имеет конструкция породоразрушающего инструмента. Известные конструкции шарошечных долот образуют при работе плоскую или близкую к плоской форму забоя. В результате зубья шарошек работают на раздавливание породы при одной обнаженной плоскости, что не позволяет в достаточной мере использовать некоторые механические свойства горных пород при разрушении. Известно, что прочность пород на скалывание в 2—10 раз меньше, чем на сжатие, а на изгиб и растяжение прочность пород еще более снижается. Кроме того, существующее расположение шарошек с большим углом наклона их оси к вертикали весьма неблагоприятно сказывается на работе подшипников и опорной части долота из-за больших изгибающих нагрузок.

С целью устранения указанных недостатков разработана специальная конструкция шарошечного ступенчатого долота, обеспечивающая работу каждого зуба шарошки на скалывание и раздавливание горной породы при наличии двух обнаженных поверхностей. Это достигается за счет уменьшения угла наклона оси шарошки к вертикали и изменения расположения зубьев.

На схеме (рис. 5) шарошечное ступенчатое долото показано в разрезе (в данном случае — трехшарошечное, хотя число шарошек не влияет на конструкцию такого долота). На цапфах 1, расположенных под острым углом к оси долота ( $20^{\circ}$ — $30^{\circ}$ ), крепятся шарошки 2 с помощью радиально-упорных подшипников 3 и шариковых замковых подшипников 4. Зубья 5 шарошек расположены на поверхности последних таким образом, что при вращении обеспечивают оптимальный угол встречи с поверхностями ступеней 6 забоя.

Таким образом, благодаря принятому расположению шарошек при бурении скважин образуется ступенчатый забой, а зубья взаимодействуют с породой при двух обнаженных поверхностях, что значительно улучшает условия разрушения породы. Малый угол между осью шарошек и вертикалью существенно уменьшает изгибающий момент на цапфах по сравнению с существующими долотами. Кроме того, радиальные усилия на подшипниках шарошек сведены к радиально-осевым, что дало возможность устанавливать радиально-упорные подшипники, характеризующиеся большим коэффициентом работоспособности.

Отмеченные положительные стороны шарошечного ступенчатого долота позволяют надеяться на повышение производительности и моторесурса забойного инструмента при бурении скважин любого диаметра в крепких породах.

4. Многоствольное бурение. Бурение скважин, имеющих

два и более стволов, широко используется в колонковом разведочном бурении, а также при бурении на нефть и газ. Такая методика дает значительный экономический эффект.

В практике бурения скважин на воду, и в первую очередь в крепких породах, перспективность многоствольного бурения очевидна. При бурении многоствольных скважин на воду можно решить по крайней мере

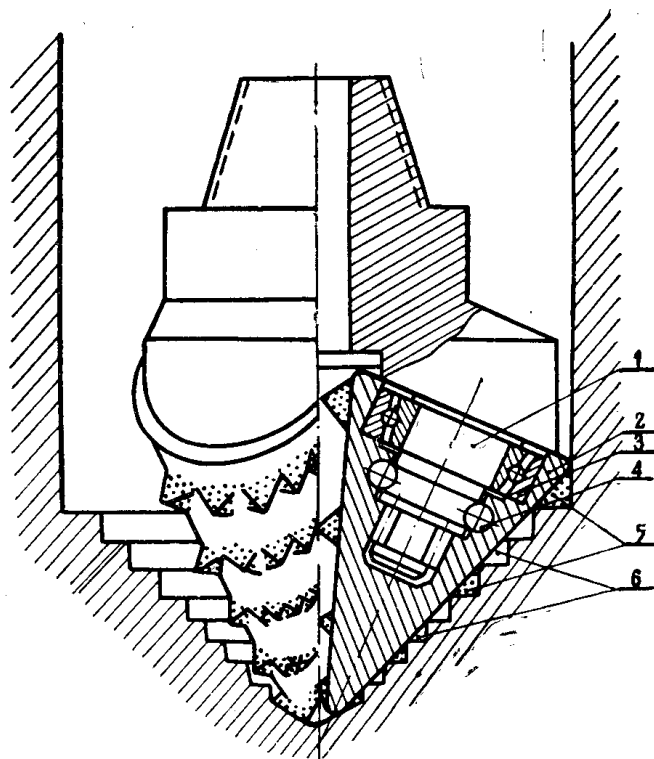


Рис. 5. Шарошечное ступенчатое долото: 1 — цапфа; 2 — шарошка; 3 — радиально-упорный подшипник; 4 — шариковый замковый подшипник; 5 — зубья шарошек; 6 — ступени забоя

две задачи: 1) увеличить дебит проектируемой скважины; 2) уменьшить диаметр скважины при сохранении проектного дебита. И то и другое, безусловно, будет способствовать повышению качества и производительности буровых работ, снижению их себестоимости.

Бурение двухствольной скважины в крепких породах может быть осуществлено по следующей схеме (рис. 6). Интервал «аб» проходится долотом, диаметр которого определяется габаритами водоподъемного оборудования. Глубина интервала должна выбираться исходя из положения динамического уровня воды в скважине. Следующий интервал «бв» бурится долотом значительно меньшего диаметра. В точке «в», положение которой будет находиться в зависимости от глубины залегания водоносного горизонта, производится отклонение ствола скважины с переходом на меньший диаметр. При этом могут использоваться как технические средства отклонения, так и естественные геологические факторы искривления скважин. Заканчивается бурение отклоненного ствола в водоносном горизонте.

Затем, используя жесткий снаряд с долотом того же диаметра, каким проходилась интервал «бв», продолжают бурение основного ствола скважины до точки «д». Учитывая, что в крепких породах скважина может не обсаживаться, предлагаемая методика является вполне реальной и может быть использована при бурении скважин на воду.

Используя клин, опускаемый в скважину на обсадных трубах, можно осуществить проходку 5—6 дополнительных стволов, что значительно увеличит водообильность разведочно-эксплуатационной скважины.

### Заключение

Проведенный анализ условий и технико-экономических показателей бурения скважин на воду в крепких породах позволил выявить некоторые резервы повышения производительности труда и наметить пути дальнейшего совершенствования техники и технологии проходки буровых скважин. Естественно, что перечисленные рекомендации не решают весь круг вопросов, связанных с бурением и тем более освоением разведочно-эксплуатационных скважин. Достаточно отметить перспективность использования гидроударного бурения в крепких породах, новейших способов — электрогидравлического, электроимпульсного и т. д. Тем не менее, учитывая недостаточное внимание к технологии бурения скважин на воду в крепких породах, поставленные вопросы и предложенные пути их решения должны способствовать повышению эффективности буровых работ.

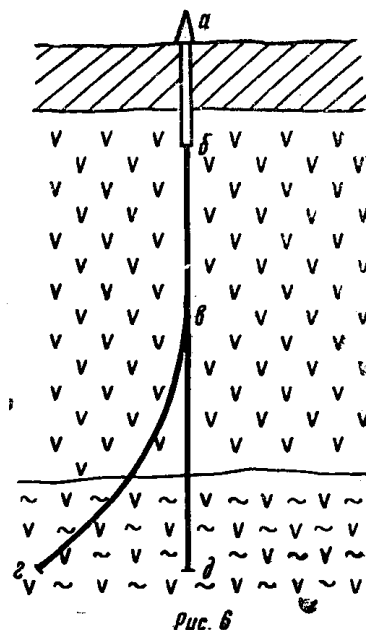


Рис. 6. Схема бурения двухствольной скважины