

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ НА СКОРОСТЬ БУРЕНИЯ МЕЛКИХ СКВАЖИН В МЯГКИХ И РЫХЛЫХ ПОРОДАХ ВРАЩАТЕЛЬНЫМ СПОСОБОМ И РАСХОД МОЩНОСТИ

С. С. СУЛАКШИН

Опыт работы отдельных стахановских бригад, перевыполняющих нормы при бурении мелких скважин в 2—3 раза и более, указывает на наличие больших резервов в повышении скоростей бурения скважин.

Изучая работу станков в производственных условиях, мы пришли к определенному выводу, что повышение скорости проходки мелких скважин зависит не только от правильной, наиболее рациональной организации труда, но в значительной степени и от рационально выбранных технологических режимов бурения, от рациональности конструкций используемого оборудования и буровых инструментов.

Надо сказать, что до сих пор все достигнутые результаты в производственных условиях основывались, главным образом, на более четкой организации труда и на рациональном подборе бурового инструмента. Технологическим режимом в большинстве случаев не управляют. Он определяется, как правило, имеющимся буровым оборудованием: станками с определенным числом оборотов, насосами определенной производительности и т. д. Часто этого режима нельзя изменить по техническим причинам. Поэтому в опубликованной литературе мы не находим правильно обоснованных рекомендаций по режимам бурения в мягких и рыхлых породах.

Наоборот, в некоторых случаях и в настоящее время по этому вопросу имеются прямо противоположные суждения. Так, например, существует мнение, что рациональным числом оборотов при бурении змеевиками и ложками надо считать не более 20—30 об/мин. Отсюда в литературе укоренился даже специальный термин „медленновращательное бурение“, а большинство исследователей пытаются механизировать ручное бурение, копируя присущие ему режимы.

Наши исследования показывают, что это совершенно нерационально. Скорость бурения змеевиками или ложкой, напротив, резко возрастает с повышением числа оборотов.

Так же обстоит дело и с безнасосным способом бурения. В одних случаях [1] рекомендуется бурить при 60—100 об/мин с осевым давлением не более 150—200 кг и числом качаний в зависимости от удельного веса породы и скорости бурения в пределах от 10 до 18 в минуту.

В других случаях авторы ограничиваются только общими рассуждениями о режиме безнасосного бурения. Так, в памятке сменному буровому мастеру [2] написано: „При безнасосном способе бурения снаряд должен вращаться с различной скоростью в зависимости от проходимых полезных ископаемых. Давление на забой скважины должно быть тем больше, чем больше диаметр скважины. При определении величины давления снаряда на забой

скважины необходимо учитывать следующие факторы". Далее перечисляется ряд факторов, ограничивающих величину давления, но, кроме того, что давление "не должно быть большим", в этой памятке никаких конкретных указаний нет. Стахановцы треста "Укруглегеология" при бурении "всухую" по углю [3] доводили давление на коронку до 500—900 кг, получая высокие скорости проходки.

Число оборотов при безнасосном бурении в районе строительства Сталинградской ГЭС достигало 150 об/мин, что приводило также к заметному повышению скорости бурения.

При исследованиях, проведенных на Алтае, на Волге и в Загорске, нам пришлось работать на различных станках, часто с ограниченными техническими возможностями. Поэтому при выявлении рациональных режимов иногда сравниваются показатели одного и того же бурового наконечника, которым работали на различных станках. Это сказывается определенным образом на получаемых результатах, но решающей роли, как нам кажется, в конечных выводах не играет.

При исследовании режимов бурения различными способами были выявлены следующие факторы, существенно влияющие на скорость бурения скважин в мягких и рыхлых породах:

- 1) число оборотов бурового снаряда;
- 2) количество подаваемой в скважину жидкости (при бурении с промывкой) или частота расхаживания и высота подъема бурового снаряда (при бурении безнасосным способом);
- 3) величина осевого давления на забой;
- 4) мощность буровой установки.

Бурение кольцевым забоем с промывкой

Этот вид бурения изучался, главным образом, в производственных условиях и в незначительном объеме на учебном буровом полигоне в Загорске. Бурение осуществлялось простыми колонковыми снарядами в песчано-глинистых рыхлых отложениях I и II категорий. Частично бурение проводилось в твердых породах осадочного или изверженного комплекса V—VIII категорий. При бурении использовались зубчатки и коронки, заправленные твердыми сплавами-резцами восьмигранной и игольчатой формы. Промывочная жидкость нагнеталась при помощи поршневых насосов типа 100/30, 45/15 или шестеренчатых типа ШГН—За. Осевое давление создавалось весом снаряда. В связи с тем, что скважины имели небольшую глубину, давление на забой изменялось в незначительных пределах.

Влияние числа оборотов

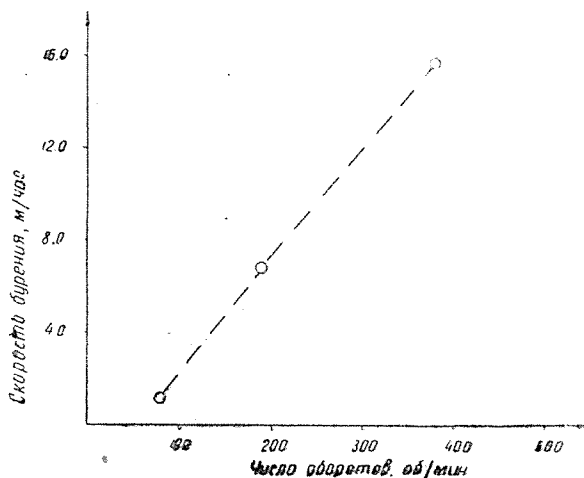
В табл. 1 приводятся средние данные результатов исследования влияния числа оборотов на скорость углубки при бурении на станках КА-2М-300, ЗИВ-75 и БС-16 в песчано-глинистых породах I—II категорий.

Зависимость между скоростью бурения и числом оборотов имеет явно линейный характер, как это видно на графике (фиг. 1). При этом скорость бурения возрастает быстрее, чем растет скорость вращения.

Следовательно, чтобы увеличить скорость бурения в мягких и рыхлых породах, нужно прежде всего увеличивать скорости вращения бурового снаряда. Но при этом необходимо учитывать, что на больших скоростях имеет место повышенный износ бурового оборудования.

Таблица 1

№ пп	Наименование показателей	Единица измерения	Числовые значения показателей		
1	Количество наблюдений . . .		12	17	12
2	Число оборотов снаряда . .	об/мин	70—90	160—200	360—400
3	Количество промывочной жид- кости	л/мин	60—80	40—60	40
4	Осевое давление	кг	от веса снаряда		
5	Среднее время чистого бурения в рейсе	мин	56,0	37,0	16,0
6	Средняя проходка за время чистого бурения	пог. м	1,09	4,25	4,18
7	Скорость бурения	м/час %	1,2 100,0	6,9 576,0	15,7 1301,0



Фиг. 1. График зависимости скорости бурения от числа оборотов колонкового снаряда при бурении с промывкой в рыхлых породах

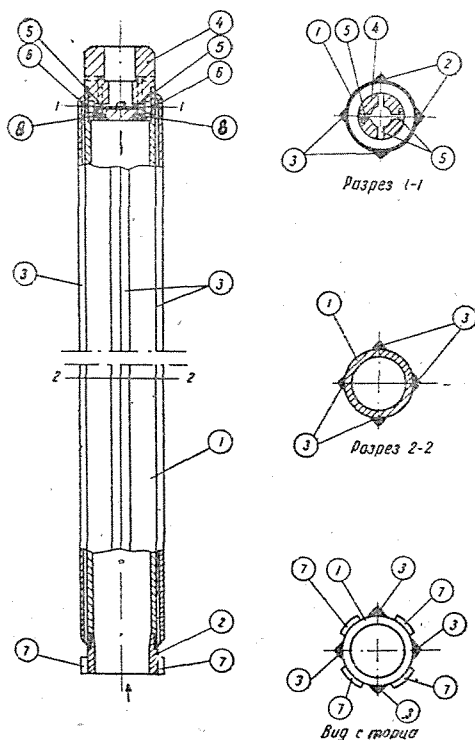
Влияние количества промывочной жидкости

В табл. 2 приведены данные результатов исследования, из которых видно, что скорость бурения значительно возрастает с увеличением количества нагнетаемой в скважину жидкости. Здесь следует отметить, что на скорость бурения обратное влияние оказывало уменьшение числа оборотов, которое имело место при этом опыте по техническим причинам. Вероятно, при одинаковых числах оборотов увеличение скорости бурения имело бы значительно большую величину. В данном же случае мы имеем примерно одинаковую скорость бурения при 130 об/мин с промывкой в 78 л/мин и при 180 об/мин, но с промывкой в среднем 50 л/мин. Кроме того, бурение с повышенным количеством промывочной жидкости производилось коронками типа „БК“, мало пригодными для этих условий. Следовательно, чтобы увеличить скорость бурения в рыхлых породах, надо повышать производительность насоса.

Таблица 2

№ пп	Наименование показателей	Единица измерения	Числовые значения показателей		
1	Количество наблюдений . . .		17	12	8
2	Количество промывочной жид- кости	л/мин	40—60	78	156
3	Число оборотов	об/мин	160—200	131	115—131
4	Осевое давление	кг	от веса снаряда	188	188,0
5	Время чистого бурения в рейсе	мин	37,0	11,5	12,4
6	Проходка за время чистого бурения	пог. м	4,25	1,41	2,03
7	Скорость бурения	м/час %	6,9 100,0	7,3 106,0	9,1 131,6

При повышенном количестве промывочной жидкости, нагнетаемой в скважину, увеличивается скорость ее движения, а с ней растет и кинетическая энергия потока, который участвует в разрушении мягкой породы и выносит



Фиг. 2. Схема колонкового снаряда для бурения по мягким и рыхлым породам с промывкой

выбуренные частицы. Но, кроме забоя, разрушаются еще и стенки скважины и керн. Поэтому оптимальное количество подаваемой в скважину жидкости должно устанавливаться в каждом конкретном случае в неразрывной связи с выходом керна.

В целях повышения кинетической энергии струи промывочной жидкости при сохранении керна может быть предложен снаряд следующей конструкции (фиг. 2). К колонковой трубе 1 и коронке 2 навариваются четыре полосы 3 уголкового железа малого диаметра (полками к трубе). В переходнике 4, не имеющем проходного отверстия, и в колонковой трубе высверливаются каналы 5 и отверстия 6, по которым жидкость попадает в полости уголков 3, как это показано на фигуре. Коронка 2 несет наваренные утолщения 7, которые заправляются, так же как и торец коронки, резцами из твердых сплавов. С успехом может применяться и зубчатка с разведенными зубьями. В этом случае давление, нагнетаемая насосом, будет с большой силой вырывать из четырех каналов. Весь удар направляется на забой скважины. Керн же будет сохраняться полностью от размывающего действия потока.

Для выхода жидкости и воздуха из колонковой трубы при ее заполнении керном в переходнике делаются два обратных клапана 8.

Производительность насоса при бурении в рассматриваемых условиях может изменяться от 30—40 до 130—200 л/мин в зависимости от устойчивости пород и конструкции снаряда.

Влияние величины осевого давления

Как показали исследования, осевое давление при бурении в мягких и рыхлых породах играет незначительную роль. Это естественно, так как сопротивление мягких пород проникновению режущего инструмента невелико. Для этого обычно достаточно одного веса снаряда.

Напротив, очень часто давление необходимо уменьшать, особенно при малом числе оборотов и недостаточном количестве промывочной жидкости, так как забой скважины не успевает разбуриваться на глубину погружения резцов. В этом случае повышается давление на манометре насоса и прекращается вращение снаряда. Поэтому подача снаряда при бурении по мягким и рыхлым породам должна увязываться в каждом отдельном случае с количеством прокачиваемой жидкости и числом оборотов.

Практически величина осевого давления при бурении в мягких породах может быть порядка 250—400 кг на коронку диаметром 91—130 мм.

Расход мощности при бурении с промывкой кольцевым забоем

Расход мощности на бурение с промывкой составляет сравнительно небольшую величину. Здесь следует отметить, что на расход мощности при бурении в рыхлых породах сильно влияет состояние скважины, глубина и диаметр бурения и число оборотов снаряда. Кроме того, обычно наблюдается увеличение расходуемой мощности к концу рейса и резкое возрастание во время затирки керна, без которой в этих условиях обойтись нельзя.

В табл. 3 приводятся некоторые данные по затрате мощности при бурении в суглинках. Замеры производились при помощи двух ваттметров, показания которых записывались в специальных листах.

Следует отметить, что здесь не учитывалась мощность, затрачиваемая на работу насоса.

Как видно из приведенной таблицы, мощность на бурение кольцевым забоем с промывкой весьма невелика. Но при затирке керна мощность увеличивается в 2—3 раза.

Таблица 3

Диаметр забойного инструмента в мм	132	219	
Количество наблюдений	10	12	6
Число оборотов снаряда в минуту	115	131	115*
Расход мощности при бурении, в квт	1,22	1,9	2,28
Расход мощности при затирке, в квт	2,28	4,46	—

Бурение кольцевым забоем безнасосным способом с обратной циркуляцией жидкости

Изучение процессов бурения этим способом проводилось, главным образом, при инженерно-геологических исследованиях в районе строительства Сталинградской ГЭС.

Бурение осуществлялось снарядами различных конструкций в породах II—IV категорий.

Бурение велось на станках КА-2М-300 с приводом от электромоторов, что позволило взять замеры расхода мощности. Несмотря на узкий диапазон изменения режима бурения, оказалось возможным выявить определенную зависимость скорости бурения от различных режимов.

Влияние числа оборотов

Изменение числа оборотов происходило в пределах от 90 до 150 об/мин при диаметрах снарядов 130 и 115 мм.

В табл. 4 приводятся усредненные сравнительные данные, характеризующие скорость бурения безнасосным способом в зависимости от числа оборотов.

Таблица 4

Наименование пород	Песок		Песчано-алевритовая порода		Алевриты		Аргиллиты	
Количество наблюдений	26	12	28	16	32	21	20	12
Число оборотов, об/мин.	92— —106	120— —135	95— —120	130— —160	90— —120	120— —140	90— —120	120— —150
Среднее время чистого бурения, мин.	104,0	56,0	269,0	188,0	1040,0	903,0	287,0	205,0
Средняя проходка за время чистого бурения, пог. м	5,01	2,97	13,63	16,33	25,62	45,03	3,77	3,87
Средняя скорость бурения, м/час	2,9	3,18	3,04	5,2	1,48	3,00	0,79	1,13
%	100	110,0	100,0	171,0	100,0	227,0	100,0	143,0

Как видно из этой таблицы, скорость бурения, сильно зависящая от свойств породы, с увеличением чисел оборотов на небольшую величину (20—40 об/мин) возрастает от 1,5 до 2 с лишним раз.

Характерно, что для рыхлой несвязной породы (песка) эта зависимость проявляется весьма незначительно.

Следует отметить, что получаемый при этом керн вполне удовлетворяет исследователей. Очевидно, для менее ответственных случаев, например, при обычном геологическом картировании, скорость вращения инструмента можно увеличить еще больше.

Для инженерно-геологических исследований, повидимому, необходимо провести специальные исследования по выяснению зависимости сохранности структуры керна от числа оборотов.

Влияние частоты расхаживания и высоты подъема бурового снаряда

Из рассмотрения сущности этого вида бурения видно, что благодаря расхаживанию снаряда в скважине создается обратная циркуляция жидкости. Основные функции промывки в этом случае заключаются в удалении частиц разрушенной породы с забоя и охлаждении бурового наконечника. Естественно, что чем больше разрушается породы в единицу времени, тем интенсивнее должна она удаляться, т. е. тем интенсивнее должен быть поток промывочной жидкости и тем больше должно быть качаний (ходов в минуту).

Так как скорость бурения зависит прежде всего от твердости пород, то выявляется общая закономерность: чем мягче породы, тем интенсивнее должно быть расхаживание. Как было установлено, скорость бурения увеличивается с повышением числа оборотов. Следовательно, и в этом случае должно происходить увеличение числа качаний снаряда, чтобы обеспечить удаление с забоя более интенсивно образующийся шлам.

Кроме этого, скорость выноса частиц разбуренной породы зависит от ее удельного веса. Поэтому для повышения эффективности выноса шлама, состоящего из частиц породы с большим удельным весом, необходимо также увеличивать число качаний.

Данные по выявлению зависимости скорости бурения от числа качаний снаряда при бурении по породам с удельным весом около 2,7 в примерно одинаковых условиях приведены в табл. 5, 6, 7, 8 и 9. Отсюда видно, что:

а) при бурении по рыхлым несвязным породам (пескам) расхаживание должно быть практически непрерывным—до 50 ходов в минуту;

б) при бурении в породах песчано-алевритового типа со слабым цементом число качаний также должно быть повышенным—до 30 ходов в минуту;

в) в алевролитах максимальная скорость бурения достигается при числе ходов 14—19 в минуту;

г) при бурении в песчаниках интенсивность расхаживания будет зависеть от твердости породы; чем слабее песчаник, тем больше должно быть расхаживание и, наоборот, чем порода крепче, тем реже можно поднимать инструмент.

Т а б л и ц а 5

Изменение скорости проходки в зависимости от числа качаний инструмента при бурении по песку

Число качаний снаряда в 1 мин.		Высота подъема снаряда	Проходка за 5 мин. чистого бурения в среднем по 19 наблюдениям		
1 мин	%	см	пес. м	%	
10—30	100,0	1—7	0,26	100,0	
32—50	320,0—165,0	3—9	0,81	312,0	
60	620,0—200,0	2—4	1,12	430,0	

Таблица 6

**Изменение скорости проходки в зависимости от числа качаний
инструмента при бурении в песчано-алевритовых породах**

Число качаний снаряда, в 1 мин.		Высота подъёма снаряда	Проходка за 5 минут чистого бурения в среднем по 56 наблюдениям	
l мин.	%	см	пог. м	%
8—13	100	2—7	0,37	100,0
14—19	175—146	1—6	0,42	114,0
20—25	150—192	2—7	0,44	119,0
26—30	825—230	1—8	0,65	178,0

Таблица 7

**Изменение скорости проходки в зависимости от числа качаний
инструмента при бурении в алевритах**

Число качаний снаряда в 1 мин.		Высота подъёма снаряда	Проходка за 5 мин. чистого бурения в среднем по 61 наблюдению	
l мин	%	см	пог. м	%
8—13	100	2—10	0,32	100,0
14—19	175—146	1—10	0,52	162,0
20—25	250—192	1—6	0,36	112,0
30—33	375—254	3—8	0,32	100,0

Таблица 8

**Изменение скорости проходки в зависимости от числа качаний
инструмента при бурении по аргиллитам**

Число качаний снаряда в 1 мин.		Высота подъёма снаряда	Проходка за 5 мин. чистого бурения по 18 наблюдениям	
l мин	%	см	пог. м	%
4—8	100	2—10	0—13	100,0
12—16	300—200	1—12	1—12	92,5
18—32	450—400	1—8	0—15	115,0

Таблица 9

**Изменение скорости проходки в зависимости от числа качаний
инструмента при бурении по песчаникам**

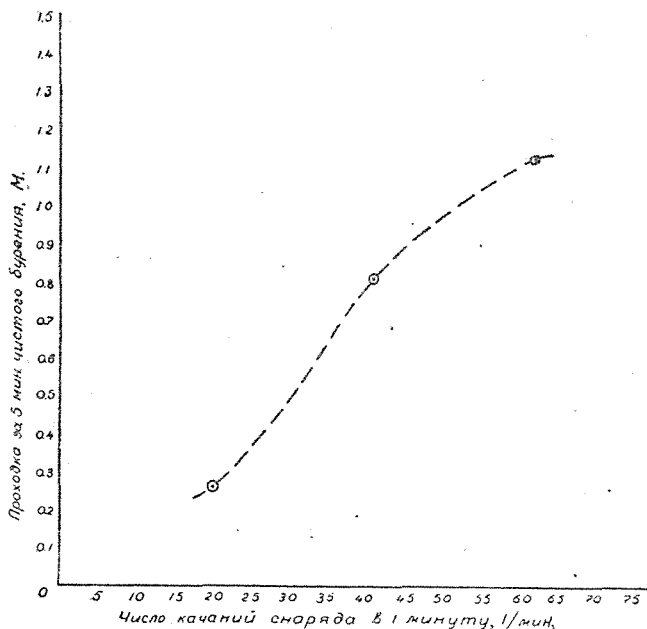
Число качаний снаряда в 1 мин.		Высота подъёма снаряда	Проходка за 5 мин. чистого бурения по 19 наблюдениям	
l мин	%	см	пог. м	%
11—12	100	3—6	0,22	100,0
14—18	127—128	3—5	0,29	132,0
25—36	227—257	1—5	0,19	86,0

Средняя величина числа ходов может быть принята в пределах 14—18 в минуту;

д) при бурении по рудным полезным ископаемым, дающим тяжелый шлам, инструкцией по взятию керна [1] рекомендуется число качаний в минуту от 12 до 17.

При бурении по аргиллитам в наблюдаемых пределах зависимость скорости бурения от числа качаний проявляется менее четко (табл. 8). Это, правда, можно объяснить недостаточностью количества наблюдений, тем более, что средние величины выводятся по работе различными снарядами и коронками. Поэтому последние цифры не следует принимать за количественную характеристику рассматриваемой зависимости, а только за качественную и то до некоторой степени—предварительную. Здесь следует отметить, что безнасосное бурение в глинистых породах вообще протекает ненормально и малоэффективно.

Зависимость скорости бурения от числа качаний инструмента наглядно иллюстрируется графиками (фиг. 3 и 4).



Фиг. 3. График зависимости скорости бурения по песку от числа качаний колонкового снаряда при безнасосном бурении

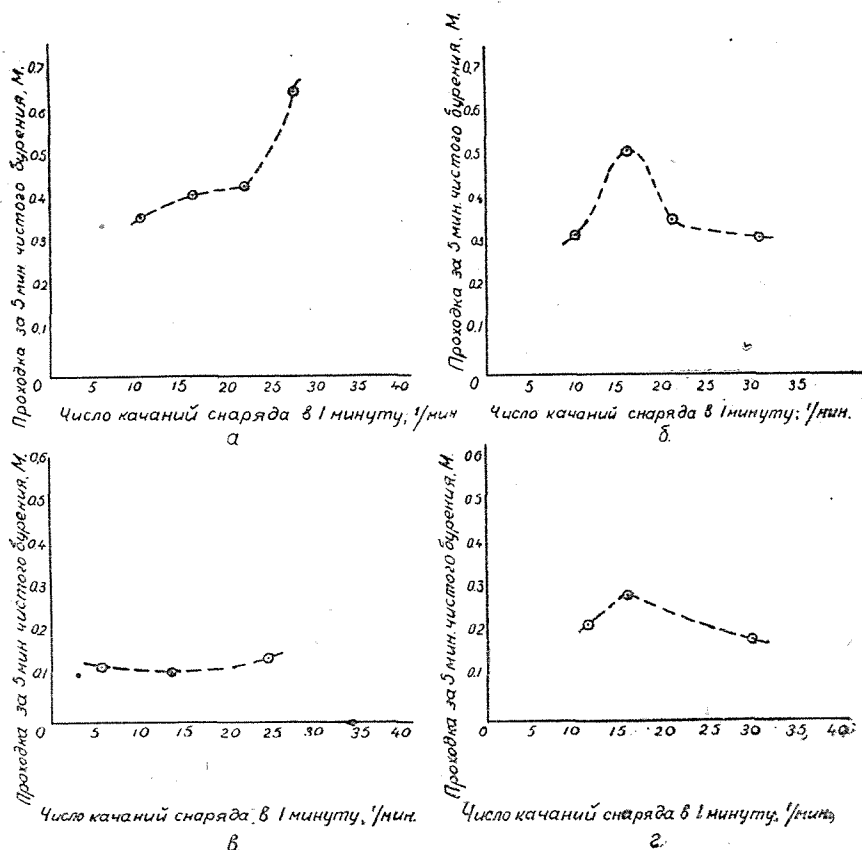
Учитывая, что увеличение числа качаний снаряда приводит часто к более быстрому подъему керна к переходнику, а следовательно, к прекращению циркуляции жидкости, чрезмерной интенсивности расхаживания снаряда следует избегать.

Как показали исследования, бурение безнасосным способом в глинистых породах и особенно в глинах является весьма малоэффективным, так как циркулирующий с недостаточной скоростью раствор очень быстро сгущается, глинистая масса начинает обволакивать колонковую трубу, особенно изнутри, образуется „сальник“, и циркуляция жидкости по существу прекращается, а следовательно, углубка происходит замедленными темпами.

Такое же явление наблюдается даже при бурении с промывкой при недостаточном количестве подаваемой в скважину жидкости. Поэтому, в случае необходимости бурения по глинистым породам безнасосным способом

следует, если это разрешается, чаще подливать в скважину чистой воды или производить чистку скважины от мелкого шлама, увеличивающего вязкость жидкости.

Бурение в глинистых породах необходимо вести с более интенсивным расхаживанием. Например, заметное увеличение скорости бурения по аргиллитам получилось при числе качаний в пределах 18—32 в минуту.



Фиг. 4. Графики зависимости скорости бурения от числа качаний снаряда при безнасосном бурении:

а — для песчано-алевритовых пород; б — для алевритов;
в — для аргиллитов; г — для песчаников

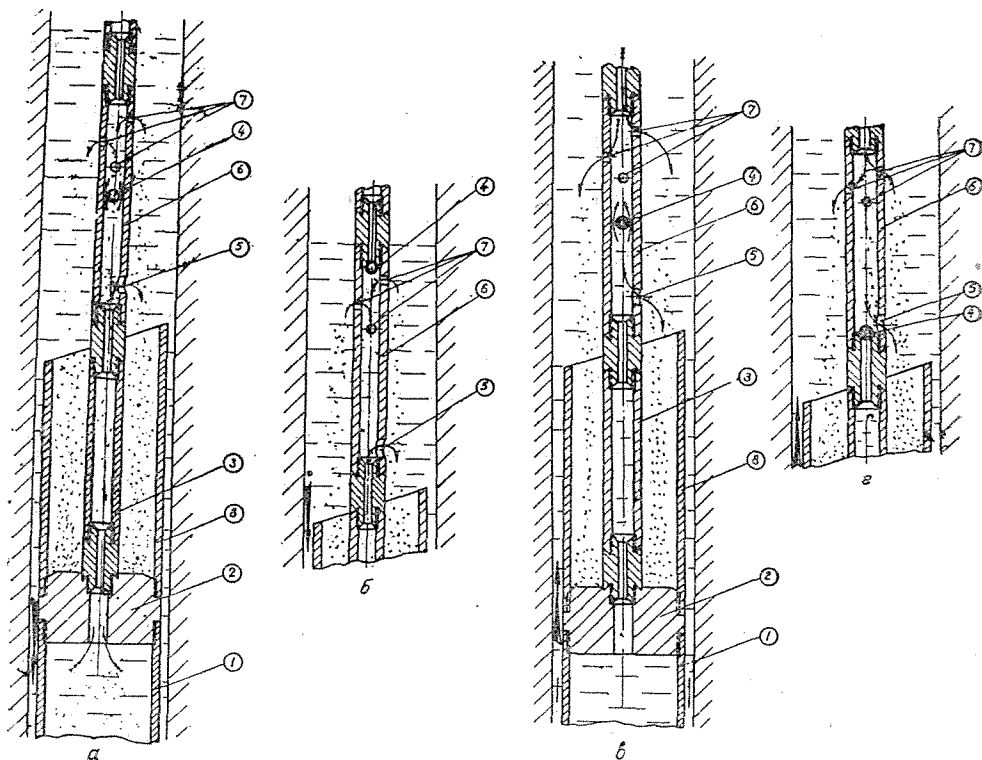
При бурении неглубоких скважин и при наличии достаточного притока жидкости можно рекомендовать бурение с обратной циркуляцией с отводом жидкости на поверхность через колонну штанг, сальник и шланг. В этом случае в штангах отверстий не делается.

Высота поднятия снаряда в процессе безнасосного бурения колеблется практически в интервале от 2—3 до 8—10 см и зависит, главным образом, от состояния раствора в скважине. Чем чище раствор, тем меньше может быть высота подъема.

Основным недостатком безнасосного бурения является малая величина проходки на рейс из-за зашламования зазоров между керном и колонковой трубой и в особенности шарового клапана, что приводит к прекращению циркуляции промывочной жидкости.

С целью устранения указанных недостатков нами был предложен и испытан снаряд для безнасосного бурения, несколько отличающийся от извест-

ных конструкций. Данный снаряд состоит из следующих основных частей: колонковой трубы длиной $4\frac{1}{2}$ м, коронки, переходника, открытой шламовой трубы, штанги, соединенной с переходником, ниппеля, коротенькой штанги с отверстиями и с шариком. Отличительной особенностью снаряда является совершенно иное расположение отверстий в трубке, где помещается шаровой клапан (фиг. 5).



Фиг. 5. Схема работы снаряда для безнасосного бурения конструкции Сулакшина:

1—колонковая труба; 2—переходник; 3—штанга; 4—шарик;
5—окно; 6—короткая штанга; 7—отверстия; 8—шламовая труба

Как это видно из чертежа, непосредственно над шариком 4 прорезается овальное окно 5 размером 10×20 мм. В верхнем конце трубки 6 просверливается еще 2—3 отверстия 7, диаметр которых 6—8 мм. Такое расположение отверстий обеспечивает четкую и в большинстве случаев бесперебойную работу клапана.

Удаление шлама из шламовой трубы легко осуществляется при помощи обычного промывочного шприца.

Много проще в этом снаряде осуществляется и извлечение керна. Для этого достаточно отсоединить трубку 6 с шариком 4 и присоединить штангу с сальником и шлангом от насоса. Все это легко может проделать даже

один рабочий. Включить насос и выдавить керн—дело одной минуты. Значительно проще в этом случае осуществляется и часто практикуемое встряхивание керна, так как подпрыгивающий при встряхивании снаряда шарик открывает доступ воздуху через окно, расположенное непосредственно над шариком. Благодаря этому разряжение, образующееся при выходе керна из колонковой трубы, быстро компенсируется воздухом.

При работе этим снарядом почти совсем прекратилось засорение клапана, значительно реже подсасывался керн к переходнику и резко улучшился весь процесс бурения. Это отмечалось всеми буровыми мастерами, работавшими данным снарядом в Сталинградской экспедиции.

Все перечисленные улучшения, по нашему мнению, были получены благодаря применению клапанного устройства предложенной системы, обеспечившего благоприятные условия для работы шарика. Действительно, при движении снаряда вниз (фиг. 5а) вытесняемая из колонковой трубы 1 жидкость устремляется вверх через проходное отверстие в переходнике 2 и по штанге 3, приподнимая шаровой клапан 4. Промывочная жидкость, насыщенная шламом, начинает изливаться через окно 5 в штанге 6. Часть жидкости, обгоняя шарик, выходит через дополнительные отверстия 7. Через эти же отверстия изливается и жидкость, которую гонит перед собой движущийся шарик. В колонне штанг уровень воды, если и повышается, то весьма незначительно. В последующий момент шарик закроет верхнее отверстие в штанге 6 (фиг. 5б), и вся промывочная жидкость вместе со шламом начнет изливаться только из окна 5 и отверстий 7, попадая в шламовую трубу 8.

Как только снаряд встанет на забой, шарик упадет вниз (фиг. 5в). Жидкость из колонны штанг, если уровень ее был несколько выше, чем в скважине, будет выливаться через те же отверстия. В дальнейшем жидкость при движении снаряда кверху (фиг. 5г), продолжая изливаться из окна 5, будет омыwać шарик 4 сверху, не допуская оседания на нем шлама. Таким образом, используются обратные токи жидкости в штангах. Весь шлам, поступающий из колонковой трубы и находящийся в столбе жидкости, расположенном над снарядом, осаждается в шламовую трубу 8, чего не происходит в снарядах с закрытой шламовой трубой.

В случае, если в трубку 6 засасываются крупные обломки породы, то они легко проходят через окно 7, когда шарик 4 находится в верхнем крайнем положении. За все время работы снаряда был отмечен только один случай, когда в окне 7 застрял кусочек породы продолговатой формы размером $48 \times 22 \times 15$ мм.

Итак, к достоинствам описанной конструкции снаряда можно отнести:

а) безотказность работы шарового клапана, с чем связана более эффективная работа снаряда в скважине и увеличение проходки на рейс;

б) простоту сборки и разборки снаряда и легкость чистки шламовой трубы и клапана;

в) легкость извлечения керна из колонковой трубы при малом количестве связанных с этим операций.

Улучшения, сделанные в снаряде для безнасосного бурения, увеличили производительность этого способа бурения, что видно из приведенных сравнительных данных по работе снарядов различных конструкций (табл. 10).

Влияние осевого давления

Осевое давление, как и при всех других способах, существенно сказывается на скорости бурения только по твердым породам. В данном случае большое значение имеют удары коронки по забою, получающиеся в момент сбрасывания снаряда при его расхаживании. Поэтому при бурении в более

твердых породах осевое давление следует создавать по общим правилам для колонкового бурения.

Таблица 10.

№ пп	Тип бурового снаряда Наименование показателей и един. измерения	Обычный наряд без шламо- вой трубы	Снаряд с закры- той шламо- вой трубой	Снаряд системы Сулак- шина	Снаряд с закрытой шламовой трубой и клапан- ным устройством системы Сулакшина
1	Углубка на рейс в м	1,3	1,45	1,64	1,43
2	„ в %	100,0	111,6	126,2	110,0
3	Скорость проходки в час чистого бурения в м	3,12	3,26	3,62	3,48
4	„—„ в %	100,0	104,5	116,0	111,5

В настоящее время принято считать, что с увеличением осевого давления нарушается естественная структура керна. Поэтому при бурении инженерно-геологических скважин величина осевого давления рекомендуется в пределах 150—200 кг.

Опытным путем зависимости между осевым давлением и сохранностью структуры керна никто до сих пор не устанавливал. Возможно, что при малом числе оборотов повышенное осевое давление будет сказываться отрицательно. Но нам кажется, что увеличение осевого давления до 300—400 кг не будет влиять на структуру керна. А этого давления при бурении по мягким породам, даже скважин больших диаметров, вполне достаточно.

Расход мощности

Расход мощности при безнасосном бурении измерялся по показаниям двух ваттметров через каждые 5 минут чистого бурения. Замеры мощности производились в различных породах. Как видно из данных, полученных при этом, на расход мощности в исследованных пределах глубина бурения почти не влияет. Больше влияют характер пород, определяющих состояние скважины, тип коронки и число оборотов снаряда.

В табл. 11 приведены средние данные, характеризующие затрату мощности на различные процессы. Как видно из таблицы, наибольшая мощность затрачивается на затирку керна—в среднем 8,0 квт. Максимальные значения достигают в этом случае 10 и более квт. Большая мощность требуется для подъема снаряда. В среднем она достигает 5,5 квт при глубине скважины 26—46 м. Максимальные значения иногда превышают 10 квт.

При бурении затрачивается обычно небольшая мощность 2,8—3,4 квт. Причем в эти цифры входит мощность, расходуемая на холостое вращение бурового снаряда и на вращение самого станка, что отнимает до 1,3 квт. Следовательно, на разрушение пород забоя и трение рабочего инструмента о забой в среднем расходуется 1,5—2 квт, а часто и менее того.

Здесь следует отметить, что иногда электромотор мощностью в 10 квт не справлялся с максимальной нагрузкой и останавливался. Это дает основание считать, что в некоторых случаях действительно требуется мощность больше 10 квт. Бурение безнасосным способом снарядом диаметром 8" успешно обеспечивалось мотором мощностью 19 квт.

Таблица 11

№ пп	Наименование показателей	Единица измерения	Наименование породы													
			Песок				Песчано-алевритовые				Алевролит		Аргил- лит	Песчаник		Суглин- ки
			Диаметр коронки	132		115	132		116	101	116		112	132	1 6	132
				Число оборотов в минуту	120	96	120	100	96	120	120	120	96	120	97	120
1	Глубина скважины	м		28,0— 29,0	14—17	29,0	14,0— 17,0	17—22	24—28	22—26	32—45	26—37	43—44	20—22	22—26	1—5
2	Расход мощности на холо- стом ходу станка	квт		0,84	0,96	—	—	—	0,66	—	1,3	0,72	—	—	—	—
3	Расход мощности на вра- щение инструмента	квт		—	—	—	—	—	1,26	—	1,0	—	—	—	—	—
4	Расход мощности при буре- нии	квт		2,0	2,7	—	2,34	1,7	2,24	1,6	2,84	1,18	1,76	2,67	2,28	3,4
5	Расход мощности при за- тирке керна	квт		6,0	4,67	6,3	5,45	7,8	6,1	2,0	5,45	4,65	8,01	—	6,68	—
6	Расход мощности на подъем	квт		4,9	3,27	—	—	6,1	4,9	3,3	6,06	3,66	—	—	6,48	—

Бурение сплошным забоем без промывки (всухую) ложковыми и спиральными бурами

Этот вид бурения изучался при работе на Алтае и в Загорске. Бурение осуществлялось ложками и змеевиками различных диаметров в рыхлых отложениях: суглинках и глинах I—II категорий, на станках КА-2М-300 и БС-16 с приводом либо от бензиновых двигателей, либо от электромоторов. В последнем случае брались замеры расхода мощности.

На основании полученных данных была установлена зависимость скорости бурения от числа оборотов, осевого давления, глубины скважины и характера пород.

Влияние числа оборотов

При бурении ложкой этот фактор сказывается меньше, чем, например, осевое давление. В табл. 12 приводятся усредненные данные зависимости скорости бурения ложкой в суглинках от числа оборотов снаряда.

Таблица 12

№ пп	Наименование показателей	Единица измерения	Числовые значения показателей		
1	Количество наблюдений		2	37	5
2	Число оборотов	об/мин	104—105	113—134	225—252
3	Осевое давление	кг	69,7	60,0	44,1
4	Диаметр буровой ложки	мм	145	145	145
5	Среднее время чистого бурения в рейсе	мин	4,6	4,9	0,9
6	Средняя углубка за время чистого бурения	пог. м	0,24	0,33	0,31
7	Скорость бурения	м/час %	3,12 100,0	4,05 130,0	9,2 294,0

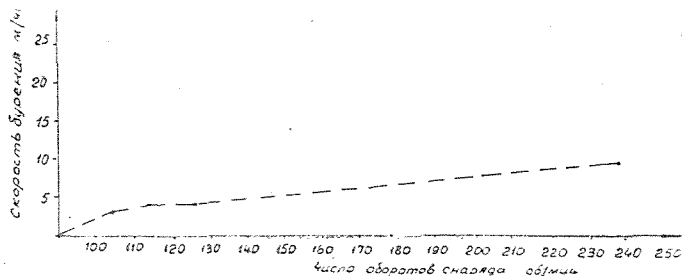
Отсюда видно, что при увеличении числа оборотов снаряда вдвое скорость бурения ложкой возрастает почти в три раза (294,0%). Более наглядно это можно представить себе графически (фиг. 6).

При бурении змеевиком в суглинках и глинах наблюдается несколько иная картина, что видно из приведенных данных (табл. 13).

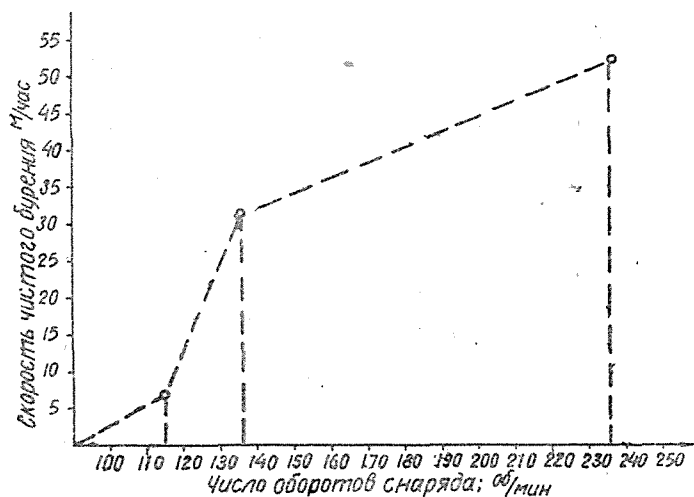
Таблица 13

№ пп	Наименование показателей	Единица измерения	Числовые значения показателей			
1	Количество наблюдений		14,0	24,0	18,0	12,0
2	Число оборотов	об/мин	45	100—120	127— —146	242— —250
3	Осевое давление	кг	58,0	43,0	43,0	43,0
4	Диаметр змеевикового бура	мм	108	108—145	145	145
5	Среднее время чистого бурения в рейсе	мин	6,4	7,6	1,0	0,65
6	Средняя углубка за время чистого бурения	пог. м	0,54	1,17	0,53	0,56
7	Средняя скорость бурения	м/час %	5,1 100,0	8,1 162,0	31,2 610,2	51,7 1015,0

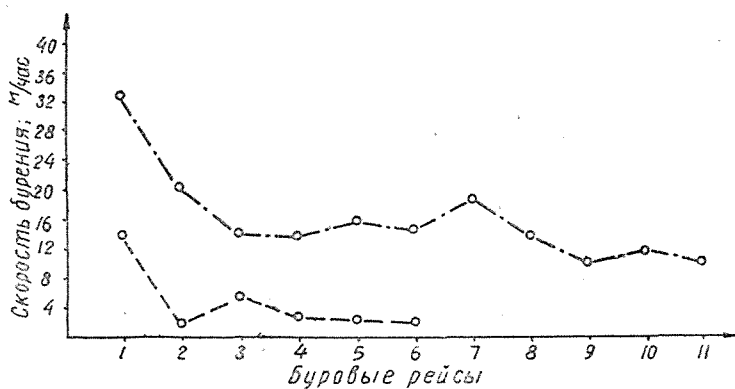
При увеличении числа оборотов в три раза скорость бурения возрастает в 6 раз, а увеличение числа оборотов в 5,5 раза приводит к увеличению скорости бурения более чем в 10 раз. Это наглядно иллюстрируется следующим графиком (фиг. 7).



Фиг. 6. График зависимости скорости бурения ложкой от числа оборотов



Фиг. 7. График зависимости скорости бурения змеевиком от числа оборотов



Фиг. 8. График зависимости скорости бурения ложкой от осевого давления.

Среднерейсовая скорость бурения при 118—134 об/мин и осевом давлении 40—75 кг. Среднерейсовая скорость бурения при 115—134 об/мин и осевом давлении 120—150 кг

Влияние осевого давления

Осевое давление для бурения ложкой имеет такое же существенное значение, как число оборотов для бурения спиральными бурами, что видно из приведенных цифр (табл. 14). При бурении ложкой в суглинках увеличение давления в два раза повышает скорость бурения более чем вчетверо. Для бурения в рыхлых породах спиральными бурами осевое давление не имеет существенного значения.

Таблица 14

№ пп	Наименование показателей	Единица измерения	Числовые значения показателей			
			8	10	12	6
1	Количество наблюдений		8	10	12	6
2	Осевое давление	кг	60,0	128,0—142,0	43,6—65,0	151,0
3	Число оборотов	об/мин	118—134	127—134	113—115	115—119
4	Диаметр буровой ложки	мм	145	185	245	185
5	Среднее время чистого бурения в рейсе	мин	4,5	1,4	5,1	2,2
6	Средняя углубка за время чистого бурения	пог. м	0,30	0,42	0,35	0,31
7	Скорость бурения	м/час %	4,0 100,0	18,0 450,0	4,1 100,1	8,4 205,0

На фигуре 8 эта зависимость наглядно выражена графически.

Следовательно, чтобы получить высокие скорости бурения спиральными бурами, надо переходить на большие числа оборотов, а для буровых ложек—увеличивать число оборотов и осевое давление.

Исследования этих факторов позволяют рекомендовать для механического бурения змеевики и ложки длиной в 1,5—2,0 м, что значительно увеличит проходку на рейс и, следовательно, производительность труда в 2—3 и более раза. Кроме того, при бурении в песчанистых грунтах и даже в глинах, не сильно увлажненных, можно применять шнековое бурение на высоких оборотах.

Использование шнеков можно осуществить и при проходке плавунцов по такой схеме: колонна обсадных труб, наращиваемая трубами небольшой длины (1,5—2,0 м), погружается при помощи вибратора [4], а удаление породы из труб производится с помощью колонны шнеков, вращаемой ротором. Это исключит необходимость применения ручного труда для обсадки труб и заменит мало производительный процесс желонения.

Расход мощности

Замеры расхода мощности производились через каждые 0,25 м углубки.

В табл. 15 приводятся средние значения расхода мощности при бурении ложками двух диаметров в суглинках.

При увеличении числа оборотов примерно в 2,1 раза расход мощности возрастает в 1,88 раза. Кроме того, затрачиваемая мощность увеличивается в 1,6 раза при увеличении диаметра бурового наконечника (145—185 мм).

При бурении змеевиками в суглинках эта картина по существу повторяется, что видно из табл. 16.

Здесь при увеличении числа оборотов в 2,1 раза мощность увеличивалась также в 1,88 раза.

Таблица 15

№ пп	Наименование показателей	Един. измер.	Диаметр буровой ложки, мм				
			145		185		
1	Число оборотов	об/мин	113—115	113—115	245	115— —134	115—134
2	Глубина скважины	м	0,0—10,0	10,0—15,0	0,0— 10,0	0,0— —5,0	5,0—10,0
3	Расход мощности на вращение инструмента	квт	—	—	1,8	—	—
4	Расход мощности при бурении	"	2,51	3,89	4,71	4,06	4,2
5	Расход мощности на подъем	"	2,90	2,98	1,68	—	4,15

Очевидно, что такая закономерность будет проявляться и при дальнейшем изменении основных показателей.

Из приведенных данных видно, что для бурения змеевиком требуется большая мощность, чем для бурения ложкой.

Таблица 16

№ пп	Наименование показателей	Единица измерения	Диаметр змеевика, мм		
			145		
1	Число оборотов	об/мин	115	115	245
2	Глубина скважины	м	0,1—10,0	10,0—15,0	0,0—10,0
3	Расход мощности на холостом ходу станка	квт	0,54	—	—
4	Расход мощности на вращение инструмента	"	—	—	1,92
5	Расход мощности при бурении	"	3,28	3,75	6,18
6	Расход мощности при затирке	"	—	6,00	—
7	Расход мощности на подъем	"	—	2,28	5,3

Выводы

На основании экспериментальных исследований, результаты которых приводятся в данной статье, можно сделать важные практические выводы.

1. При бурении в мягких и рыхлых породах колонковыми снарядами и змеевиками скорость углубки, а следовательно, и производительность определяются главным образом числом оборотов снаряда. При этом скорость бурения возрастает в два раза быстрее, чем число оборотов снаряда (число оборотов увеличивается в 2,5 раза, а скорость бурения в 5 раз, число оборотов в 5 раз, а скорость бурения в 10 раз и т. д., что видно из данных, приведенных в таблицах 1 и 13).

2. При бурении с промывкой скорость углубки существенно возрастает с увеличением количества нагнетаемой в скважину жидкости (табл. 2).

3. При бурении безнасосным способом (с местной циркуляцией жидкости) скорость углубки зависит от числа расхаживаний (качаний) снаряда в единицу времени. При этом для разных пород существуют оптимальные значения числа качаний.

4. При бурении ложковыми бурами скорость углубки зависит как от осевого давления, так и от числа оборотов почти в прямой пропорции.

5. Максимальные значения мощности, затрачиваемой при бурении мелких скважин в мягких и рыхлых породах, достигают 8—10 *квт* и только в отдельных случаях больше в 2—2,5 раза.

6. Мощность на подъем при данных глубинах почти не превышает мощности, затрачиваемой на бурение, значения их довольно близки.

7. Мощность двигателя в 15—20 *квт* вполне обеспечит бурение скважин с начальным диаметром до 8" и конечным около 3—4 $\frac{1}{2}$ " на глубину до 100 м при форсированных режимах бурения любым способом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Министерство геологии. Временная инструкция по взятию керна при колонковом бурении. Госгеолиздат, 1950.

2. Россиус П. А. и Степанов Г. И. Безнасосное бурение. Памятка сменному буровому мастеру, Госгеолиздат, 1951.

3. Опыт работы стахановцев геологической службы. Работа стахановских буровых бригад. Трест Укруглегеология. Госгеолиздат, 1949.

4. Пальянов П. Ф. Обсадка скважин трубами с помощью вибратора. Журн. „Разведка недр“, № 5, Госгеолиздат, 1952.