

П. М. ЕМЕЛЬЯНОВ

**МАШИНЫ
ДЛЯ БУРЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ СКВАЖИН
ПНЕВМАТИЧЕСКИМИ МОЛОТКАМИ**

ГОСГОРТЕХИЗДАТ 1963

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ АКАДЕМИИ НАУК СССР
Институт горного дела

П. М. ЕМЕЛЬЯНОВ

МАШИНЫ
ДЛЯ БУРЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ СКВАЖИН
ПНЕВМАТИЧЕСКИМИ МОЛОТКАМИ
НА ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ
И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Под редакцией канд. техн. наук Н. Н. ЕСИНА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ
Москва 1963

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
Введение	3
1. Классификация машин с пневматическими молотками	12
2. Конструктивные особенности бурильных машин с погружными молотками	16
3. Пути повышения производительности бурения взрывных скважин.	31
4. Выводы	35
Литература	37

Емельянов Петр Михайлович

Машины для бурения взрывных скважин пневматическими молотками

Редактор издательства *И. Д. Мелихов*

Техн. редактор *Л. Г. Лаврентьева*

Корректор *Л. М. Кауфман*

Сдано в набор 15/III 1963 г.

Подписано в печать 9/V 1963 г.

Формат бумаги 60×90^{1/16}

Печ. л. 2,25

Уч.-изд. л. 2,18

Тираж 1500 экз.

T-06721

Изд. № 59

Инд. к/7

Цена 11 коп.

Заказ № 137

Государственное научно-техническое издательство литературы по горному делу

ГОСГОРТЕХИЗДАТ

Москва, Грузинский вал, д. 35

Московская типография Госгортехиздата, Москва, Ж-88, Южно-портовый 1-й пр., 17.

ВВЕДЕНИЕ

При подземной разработке рудных месторождений основная доля трудовых и денежных затрат по отбойке руды падает на бурение взрывных скважин или шпуров. Трудоемкость буровых работ составляет в среднем 35—50% (в отдельных случаях до 70%) всех прямых затрат труда на очистной выемке. В связи с этим эффективность ведения очистных работ находится в непосредственной зависимости от степени совершенства буровой техники, от того, в какой мере средства бурения соответствуют условиям работы.

В настоящее время бурение скважин в рудах средней и высокой крепости осуществляется в основном с помощью машин, рабочим органом которых является пневматический молоток. Часто применяется штанговое бурение скважин колонковыми и телескопными перфораторами, но наибольшее распространение получило бурение погружными молотками (пневмоударниками). Широкое распространение этого метода объясняется его экономичностью и высокой производительностью, улучшением условий труда, повышением безопасности работ, простотой обслуживания машины и т. д.

Другие методы проходки взрывных скважин применяются на практике в значительно меньших масштабах. Большие работы проводятся в области бурения шарошечными долотами с твердосплавными зубками, но пока шарошечное бурение по крепким породам не дает ожидаемых результатов и в силу ряда специфических особенностей станков и инструмента имеет ограниченное применение. Дробовое бурение отличается низкой производительностью и высокой стоимостью, а также возможностью бурения скважин только одного направления. Вращательное бурение алмазными коронками при добыче руд в СССР не применяется. Поэтому дальнейшее усовершенствование машин для бурения взрывных скважин погружными молотками представляет собой задачу большого народнохозяйственного значения.

Машины с погружными молотками имеют большие резервы для повышения производительности бурения. Одно из направлений использования этих резервов заключается в увеличении скоростей бурения благодаря усовершенствованию молотков и бурового инструмента, другое не менее важное направление состоит в увеличе-

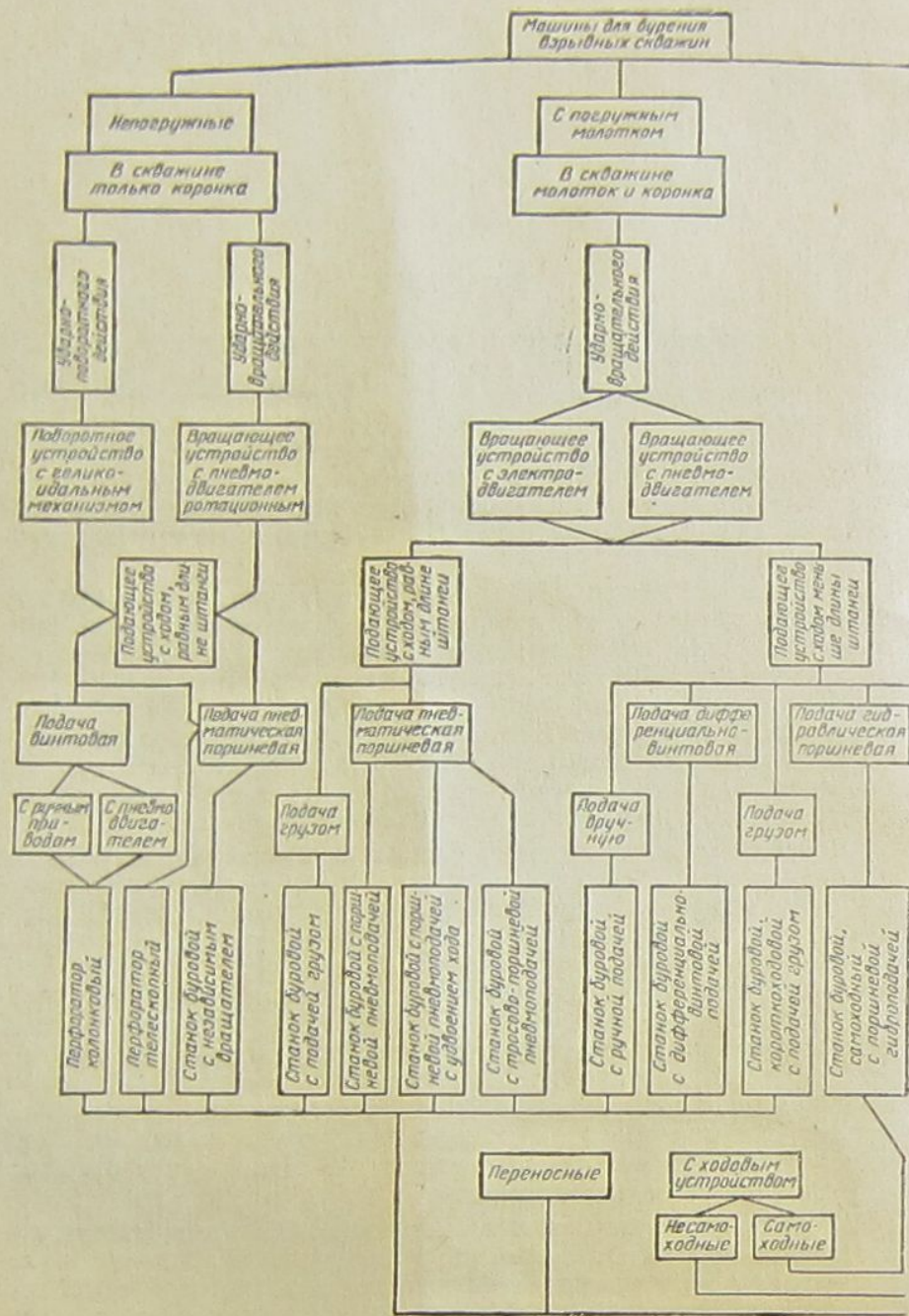
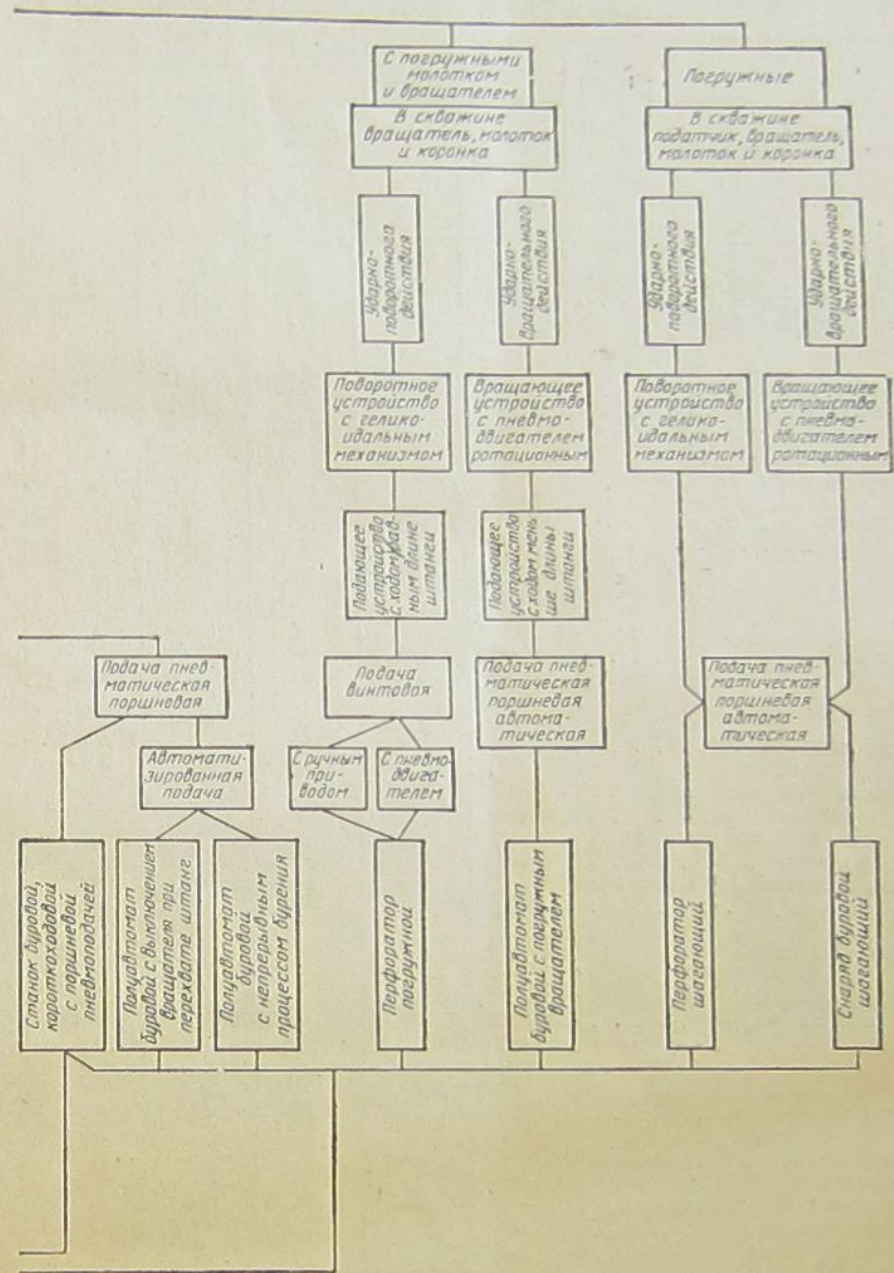


Рис. 1. Классификация машин для бурения взрывных



скважин пневматическими молотками в подземных выработках

Сравнительная характеристика машин для бурения взрывных

Показатели	Непогружные				Машины с погружным молотком
	Перфораторы			С независимым вращателем	
	Колошковые		Телескопные		
	КЦМ-4	КС-50			
Начальный диаметр скважины, мм	85	85	85	70—90	См. табл. 2 и 3
Глубина бурения, м	50	50	15	50	
Направление бурения	Горизонтальное		Вверх	От 0 до 90° вверх	
Тип молотка	КЦМ-4	КС-50	ПТ-36	АВ-1	
Энергия удара молотка, кг·м	8,5	9	9	14,6	
Число ударов в минуту	1750	1570	2900	2660	
Давление, кг/см ² :					
воздуха	5	5	5	5	
воды	3—4	3—4	3—4	3—4	
Вращатель:	Геликондальный механизм				
тип привода	—	—	—	Пневмодвигатель ротационный	
мощность, л. с.	—	—	—	4	
число оборотов двигателя в минуту	—	—	—	2600	
число оборотов инструмента в минуту	150	120	50	208	
максимальный крутящий момент, кг·см	250	235	210	1400	
Подающее устройство:					
тип податчика	Винтовой с приводом ручным или пневматическим двигателем		Пневматический поршень		
шаг подачи, мм	800	1000	650	800	
шаг автоматической подачи, мм	—	—	—	—	
диаметр цилиндра подачи, мм	—	—	76	100×2	
максимальное усилие подачи, кг	—	—	175	660	
Буровая штанга	Ø32		Ø25	Ø32/800	
Поддерживающее устройство	Колонка		—	Колонка	
Способ очистки скважины	Воздушно-водяной смесью				

Таблица 1

скважин пневматическими молотками на подземных горных работах

С погружным молотком и вращателем			Погружные					
Перфораторы погружные			С независимым вращателем	Перфораторы шагающие		С независимым вращателем		
ПШ-20	ПШ-50	УФ		ПЕС-1Н	ББ-10	ББ-9	БА-130	БС-130
100	150	115	105	140	140	130	130	125
50	50	20	60	40	40	35	35	35
От 0 до 90° вверх	От 0 до 90° вверх	Вниз	Любое	Вниз		Любое		Вертикально вверх и вниз ±20°
ПШ-20	ПШ-50	УФ-1	М1900	КС-50	КС-50	М1900	Ю-16	Любой с наружным Ø110 мм
7,6	16	5	8,5	9	9	8,5	3,6	
1770	2400	955	1940	1570	1570	1940	1750	
5	5	5	5	5	5	5	5	5
3—4	3—4	3—4	6—8	Без воды				
Геликондальный механизм			Погружной	Геликондальный механизм		Двигатель пневматический ротационный		
—	—	—	Пневмодвигатель ротационный	—	—	1,3	1,3	1,3
—	—	—	1,5	—	—	2750	2750	2750
—	—	—	3500	—	—	50	27,5	27,5
100	80	100	75 или 125	17	17	1820	3400	3400
90	300	120	1500 или 860	1650	1650	Автоматическое погружное		
Винтовой			Автоматическое	Пневматический поршневой				
1070	1070	—	Непрерывная подача	Непрерывная подача				
—	—	—	400	400	400	40	40	50
—	—	—	120×2	100	100	96	96	96
—	—	—	950	300	300	300	300	300
—	—	—	Ø50/1200	Приспособление для забуривания				
—	—	—	Колонка	Воздухом с отсосом пыли				
—	—	—	Воздушно-водяной					

Показатели	Непогружные				Машины с погружным молотком
	Перфораторы		С независимым вращателем	ЛБ-1	
	Колошковые				
	КЦМ-4	КС-50	ПТ-36	ЛБ-1	
Вес, кг:					
станка	65*	97*	48	310	
колонки	80	80	—	86	
машины	145	177	48	400	
Габариты станка, мм (длина × высоту × ширину)	—	1563 × ×262 × ×290	1400 × ×184 × ×320	1670 × ×420 × ×940	
Минимальный размер камеры, мм (по направлению бурения)	1370	1590	2050	2590	

* Вес молотка с податчиком.
** Диаметр корпуса.

Сравнительная характеристика станков с погружными

Показатели	БМК-2Б	БМД-50	„Урал-1“	БМК-4П
Начальный диаметр скважины, мм	105	105	105	105
Глубина бурения, м	35	50	50	35
Направление бурения	Вниз	Вертик. вверх ± 15°	Любое	
Тип погружного молотка	Ю-16	М1900	М1900	М1900УК
Энергия удара молотка, кг·м	7,5	8,5	8,5	8,5
Число ударов в минуту	2300	1940	1940	1940
Давление сжатого воздуха, кг/см ²	5	5	5	5
Давление воды, кг/см ²	—	—	6—8	6—8
Вращательный привод	Электродвигатель АО-41/4, Ф2	Электродвигатель взрывобезопасный	Электродвигатель АО-42/4	
мощность электрического, кВт, пневматического, л. с.	1,7	3,5	2,8	2,8
число оборотов в минуту	1420	1420	1420	1420
число оборотов шпинделя в минуту	22	36	76	41
необходимость реверса			Необходим	

Продолжение табл. 1

С погружным молотком и вращателем			Погружные					
Перфораторы погружные			С независимым вращателем	Перфораторы шагающие		С независимым вращателем		
ПШ-20	ПШ-50	УФ		ББ-10	ББ-9	БА-130	БС-130	БПА-125
62*	92*	33,6	152	105	115	Нет сведений То же »	90	84
30	80	13	70	93	95		50	219
150	260	63	254	198	210		140	303
1570 × ×234 × ×345	1875 × ×234 × ×345	775 × ×110	860 × 710 × ×720	1750 × ×400 × ×400	1950 × ×400 × ×400	2468 σ110**	2260 σ110**	3200 × 725 × ×400
1570	1675	775	2600	2000	2200	2468	2260	2472

Таблица 2

молотками с ходом подачи, равным длине штанги

ЛПС-3***	УК-1	ЛПБМ-1	БМ-100эл	БС-50	БМН-3А	БМН-5
155	60 или 75	75	105	85	105	105
35	20	35	50	20 горизонтально 10 вертикально	35	35
Любое						
П150	П60; П75	П75; М29	М1900	М29	М1900	М1900
9	2,7; 5,5	5,5; 5,0	8,5	5	8,5	8,5
2500	2500; 1700	1700; 2100	1940	2100	1940	1940
5	5	5	5	5	5	5
6—8	6—8	6—8	6—8	6—8	—	6—8
Пневматический ротационный двигатель	Пневматический шестеренчатый		Электродвигатель АО-42/4, Ф2**	Взрывобезопасный электродвигатель специальный		Электродвигатель КОМ 21/4 (АО-41/4)
4,5	3	5	2,8	3	1,4	1,7
2500	2500	4000	1420	2920	1450	1420
45	30	130	110	65	77	76,5
				Нет	Есть необходимость	

Показатели	БМК-26	БМД-50	Урал-1*	БМК-4П
Развертывание става штанг				
Поддающее устройство:				
тип податчиков	Вручную	Лебедкой ЛТ-2	Пневматический	
шаг подачи, мм	1300	1250	1000	1030
шаг автоматической подачи, мм	—	—	—	—
шаг подачи стоп-краном, мм	—	—	До 25	До 25
скорость подачи, м/мин	—	—	102×2	142
диаметр цилиндра подачи, мм	—	—	—	—
максимальное усилие подачи, кг	—	140×2	700	700
Буровая штанга:				
длина, мм	1300	1200	950	960
наружный диаметр, мм	89	57	50	60
вес, кг	14	7	6,5	7,2
Минимальное проходное сечение, см ² :				
штанги	—	5,7	7,1	—
муфты (или шпинделя)	4,5	3,6	7,1	6,2
Способ очистки скважины	Воздухом		Воздушно-	
Поддерживающее устройство	Станина	Две колонки	Колонка	
Салазки для передвижения		Нет	Есть	
Вес, кг:				
вращателя	70	—	—	86
податчика	74	—	—	135
станка и пульта	240	—	211	284
колонки или рамы	—	—	85	85
обесталливателя	30	30	—	—
машины (без штанг, шлангов и лебедки)	420	425	300	369
лебедки	—	180	—	—
Наибольший вес узла при транспортировке	74	—	200	135
Габариты станка (длина×высоту×ширину)×	2450× ×770× ×550	2900×1200× ×950	1200×550× ×440	2020×575× ×400
Минимальный размер камеры по направлению скважины, мм	—	—	—	—
Число обслуживающих рабочих	2500	2900	2150	2410
Проектная организация	2	2	2	2
Схема на рисунке	Кыштымский завод	КБНТ Дегтярского рудника	Нижне-Тагильский комбинат	Кыштымский завод

Рис. 7

*Показатели в скобках относятся к варианту станка БМН-6 с двигателем АО-41/4.
 **Вариант машины с шестеренчатым пневмодвигателем мощностью 5 л. с.—под шифром БМ-100ПН.
 ***Для бурения скважин диаметром 60—75 мм по типу ЛПС-3 был разработан станок ЛПС-6

ЛПС-3***	УК-1	ЛПЕМ-1	БМ-100эл	БС-80	БМН-3А	БМН-5
Вращателем						
поршневой		Пневматический поршневой с удвоенным ходом подачи		Пневматический тросово-поршневой		
1120	900	1000	750×2	600×2	1100	1150 (1300)*
—	—	—	—	—	—	—
До 25	До 25	До 25	До 30	До 30	До 25	До 25
138	65	100	205	130	142	142
660	140	330	730	250	700	700
1050	895	800	1450	1200	1000	1000 (1200)*
50	48	50	50	50	50	50
7,2	3,6	5,5	9,8	8,2	6,8	6,8 (8,2)*
8,0	2	8	7,1	8	5,3	5,3
8,0	2	8	7,1	8	7,1	7,1
водяной смесью				Воздухом		Воздушно-водяной смесью
Рама	Колонка	Манипулятор или колонка	Колонка			
				Нет		
102	39	60	100	82	115	105
175	36	56	183	52	115	101
356	75	160	301	164	241	206
140	28	—	85	66	85	79
—	—	—	—	—	30	—
496	103	—	386	230	356	285
175	39	60	183	53	115	105
2420× ×475× ×270	2230× ×260× ×230	2120× ×350× ×450	2200×660× ×760	1585×550× ×480	1730×590× ×400	1720×625× ×960
2600	2300	2150	2680	1860	1900	1900 (2020)
2	1	2	2	1	2	2
Ленингорский комбинат	Восток-маш завод	ВостНИГРИ и Кузнецкий машиностроительный завод	Гипроникель и ИГД СО АН СССР	ИГД СО АН СССР и Сибгипрогормаш	Норильский комбинат	

Рис. 7

Аналогична БМН-3А

и изготовлены опытные образцы.

нии чистого времени бурения в рабочем цикле машины путем сведения к минимуму времени вспомогательных операций.

Решение последней задачи связано с разработкой новых, более совершенных принципиальных схем и конструкций буровых станков, предусматривающих механизацию и автоматизацию тяжелых и трудоемких операций процесса бурения. Значительные возможности увеличения производительности машин заложены также в повышении их эксплуатационной надежности, что позволяет снизить простои из-за поломок и аварий (прежде всего это относится к буровым коронкам).

Настоящая брошюра имеет целью обобщить накопленный опыт работ по созданию машин для бурения взрывных скважин пневматическими молотками и наметить рациональные пути дальнейшего повышения их производительности.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ МАШИН С ПНЕВМАТИЧЕСКИМИ МОЛОТКАМИ

На подземных горных работах бурение глубоких взрывных скважин по породам крепостью больше 7—8 единиц (по шкале проф. Протодьяконова) ведется преимущественно машинами с пневматическими молотками. Комплект такой машины обычно состоит из следующих основных узлов: молотка, вращателя, податчика, става штанг и коронки; имеется также поддерживающее (установочное) устройство для закрепления станка на рабочем месте, обеспечивающее проходку скважины в нужном направлении.

В зависимости от расположения основных механизмов во время работы буровые машины можно разделить на четыре группы:

- 1) машины непогружные;
- 2) машины с погружным молотком;
- 3) машины с погружным молотком и вращателем;
- 4) машины погружные.

На рис. 1 дана классификация, отражающая уровень современного развития каждой группы машин; в табл. 1 приводятся характеристики основных машин каждого типа.

К первой группе относятся обычные колонковые (КЦМ-4 Ижевского завода и КС-50 завода «Коммунист») и телескопные перфораторы (ПТ-36 завода «Коммунист»), изготовляемые серийно, и буровые станки ударно-вращательного действия с независимым вращением бурового става, например, опытный образец станка ЛБ-1 Криворожского института Гипрорудмаш (рис. 2). В этих машинах вращающее устройство и молоток, выполненные в виде одного механизма, приводятся в действие сжатым воздухом и во время работы находятся вне скважины. Подающее устройство приводится в действие вручную или сжатым воздухом.

Машины первой группы характеризуются наличием между молотком и буровой коронкой става штанг, передающего ударные импульсы. Штанги вызывают значительные потери энергии, для возмещения которых приходится увеличивать ударную мощность молотка. Например, энергия удара бурового молотка машины АБ-1 14,6 кГм, а погружного молотка М29 для скважины того же диаметра 85 мм (табл. 2) 5 кГм (частота ударов обоих молотков примерно одинакова).

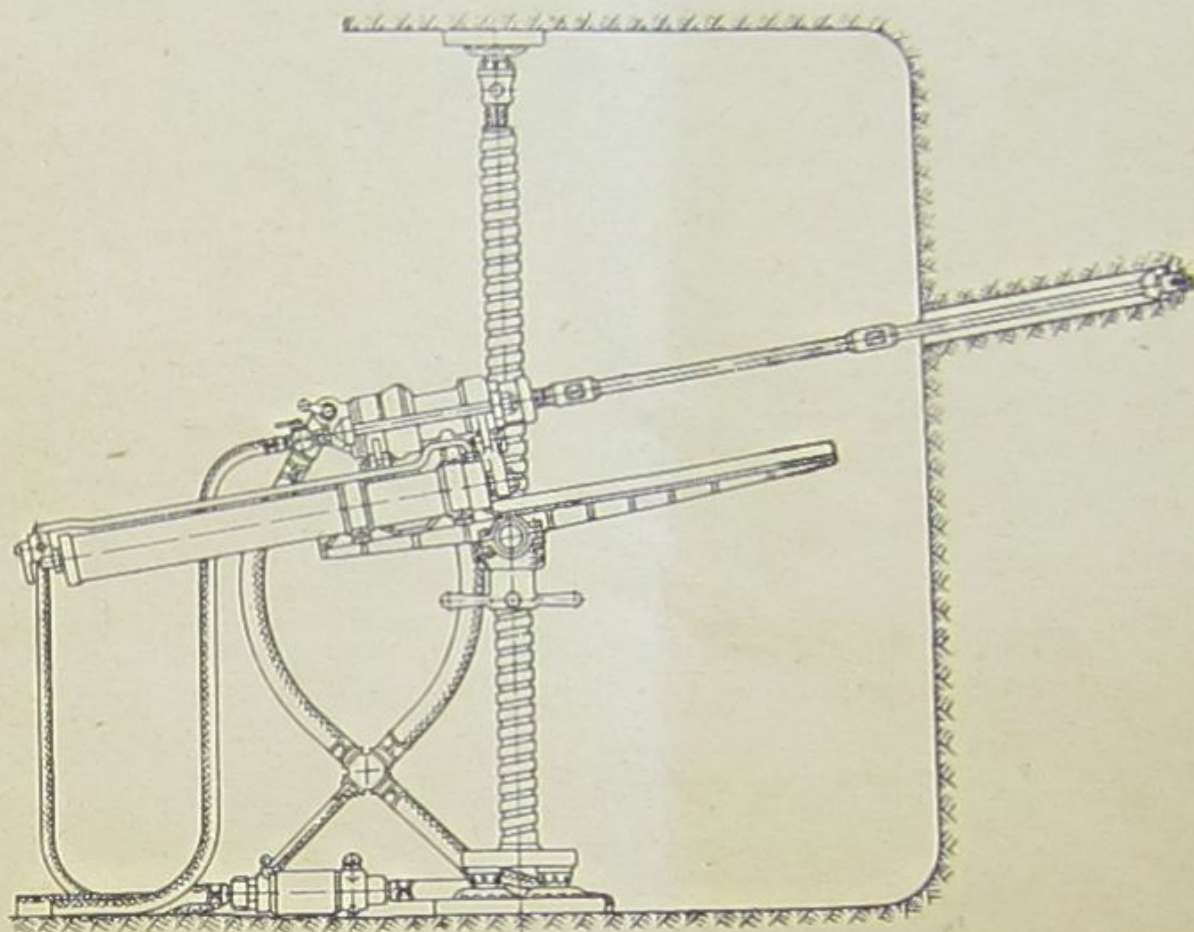


Рис. 2. Буровой станок АБ-1

При бурении непогружными машинами приходится ограничивать глубины скважин или работать при низкой скорости бурения, так как при повышении энергии удара молотка прочность буровых штанг недостаточна. Повышение производительности бурения глубоких скважин машинами такого типа сдерживается главным образом частыми поломками буровых штанг.

Машины с погружными молотками получили наибольшее распространение. К этой группе относится, например, буровой станок БА-100 (рис. 3) конструкции Института горного дела Сибирского отделения АН СССР и Кузнецкого металлургического комбината. Это машина ударно-вращательного действия, у которой станок с

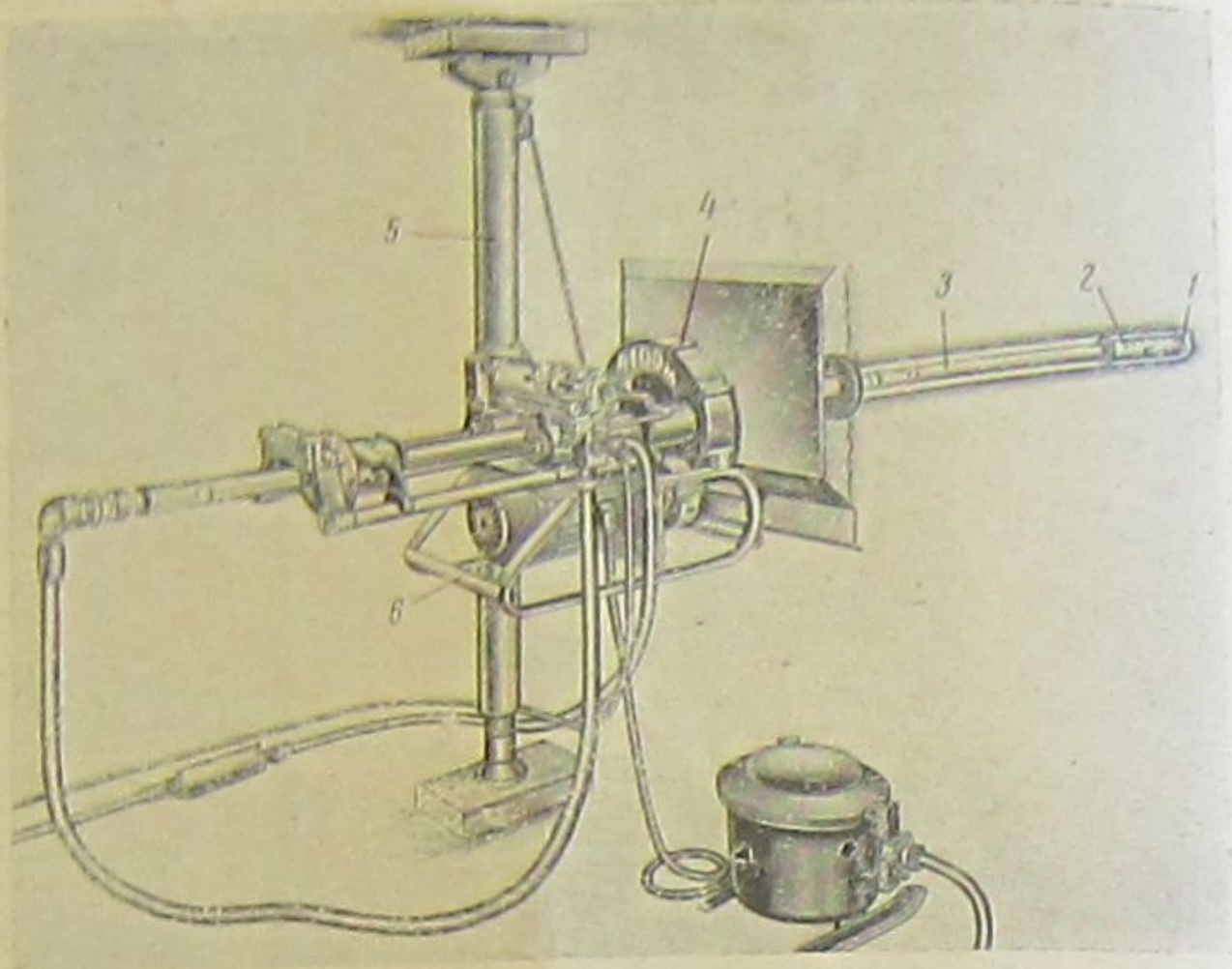


Рис. 3. Буровой станок БА-100 с погружным молотком:
 1 — коронка, 2 — погружной молоток, 3 — став, 4 — станок, 5 — колонка,
 6 — свлязки

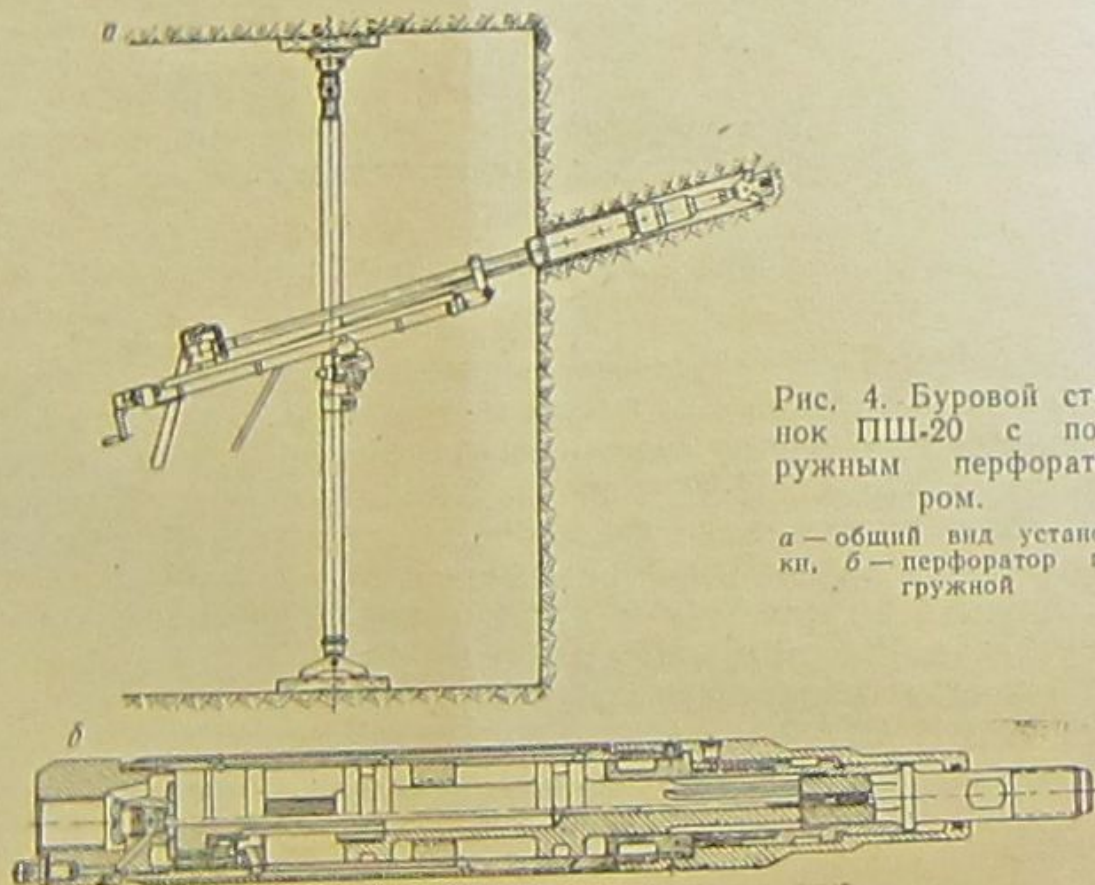


Рис. 4. Буровой станок ПШ-20 с погружным перфоратором.

а — общий вид установки, б — перфоратор погружной

вращающим и падающим устройствами находится вне скважины, а молоток погружается в нее вслед за коронкой. Молоток наносит удары непосредственно по коронке, поэтому скорость бурения мало зависит от глубины скважины.

В машинах подобного типа имеются значительные резервы повышения производительности. Анализ их основных особенностей приводится ниже.

К третьей группе относятся буровые станки с погружными перфораторами, например ПШ-20 и ПШ-50 завода «Коммунист»

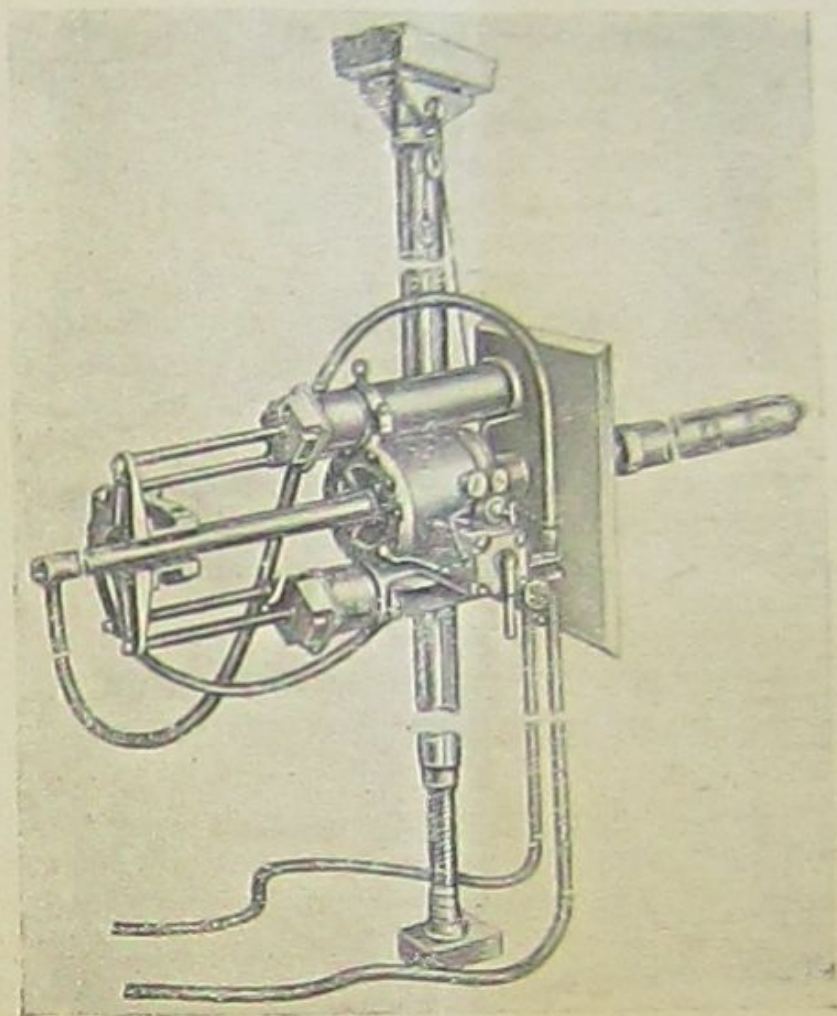


Рис. 5. Буровой станок ПБС-1Н с погружным молотком и вращателем

(рис. 4), УФ, сконструированный институтом Гипроуглемаш и рудоуправлением им. Кирова (изготовлена опытная партия этих станков), а также машина ударно-вращательного действия с независимым погружным вращателем ПБС-1Н института Нипигормаш (опытный образец) (рис. 5). Вращающее устройство и молоток в этих машинах приводятся в действие сжатым воздухом. Во время работы они погружаются в скважину следом за коронкой; вне скважины остается только податчик, установленный на колонке.

Податчик приводится в действие вручную или сжатым воздухом; на станке ПБС-1Н подающее устройство работает автоматически.

В принципе — это прогрессивное направление развития буровой техники, позволяющее достигнуть сравнительно малого веса и небольших габаритов машины. Корпус молотка и штанги мало изнашиваются, так как они не вращаются при бурении и не истираются о стенки скважины. Главная трудность в получении работоспособной машины заключается в создании вращателя, вписывающегося в ограниченные габариты скважины и развивающего необходимый крутящий момент. Например, поворотный механизм перфоратора ПШ-20 достаточно прочен, но развиваемый им крутящий момент очень мал, — примерно в 50 раз меньше, чем у станка БА-100, хотя машины предназначены для бурения скважин одного диаметра. Крутящий момент вращателя ПБС-1Н достаточен, но редуктор не в состоянии передать такой момент и очень часто ломается. Поэтому машины с погружными вращателями пока находятся в стадии экспериментирования.

К четвертой группе относятся погружные буровые машины с шагающей подачей ББ-9 и ББ-10 Норильского комбината, БС-130 Джекказганского рудоуправления (рис. 6), БА-130 института Гипроникель и БША-125 Карпинского завода, целиком работающие в скважине; изготовлены опытные образцы этих машин. Эти машины довольно сложные, обеспечить их работоспособность еще труднее, чем погружных перфораторов, в связи с чем они представляют интерес только с точки зрения потенциальных возможностей развития буровой техники.

2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БУРИЛЬНЫХ МАШИН С ПОГРУЖНЫМИ МОЛОТКАМИ

Из рассмотренных выше классов машин для бурения глубоких скважин широкие перспективы развития имеют станки с погружными молотками. Таких машин разработано к настоящему времени довольно много. В табл. 2 и 3 даны сравнительные характеристики, а на рис. 7, 8, 9 приведены принципиальные схемы.

Несмотря на обилие созданных конструкций, четко выявились основные направления в конструировании этих машин.

Вращающие устройства у всех машин в принципе мало отличаются: они состоят из пневматического или электрического двигателя и шестеренчатого редуктора (в отдельных случаях предусмотрена взаимозаменяемость электрического и пневматического двигателя). Только на опытном образце станка УК-1 (рис. 7) применен храповой редуктор, работоспособность которого на такой машине требует еще очень тщательной проверки, так как механизм за каждый оборот двигателя должен повернуть буровой став только на 3° и передать момент, изменяющийся от нуля до максимума. В этих условиях деформация штанг и зазоры в звеньях механизма нарушат нормальный режим бурения, а переменная

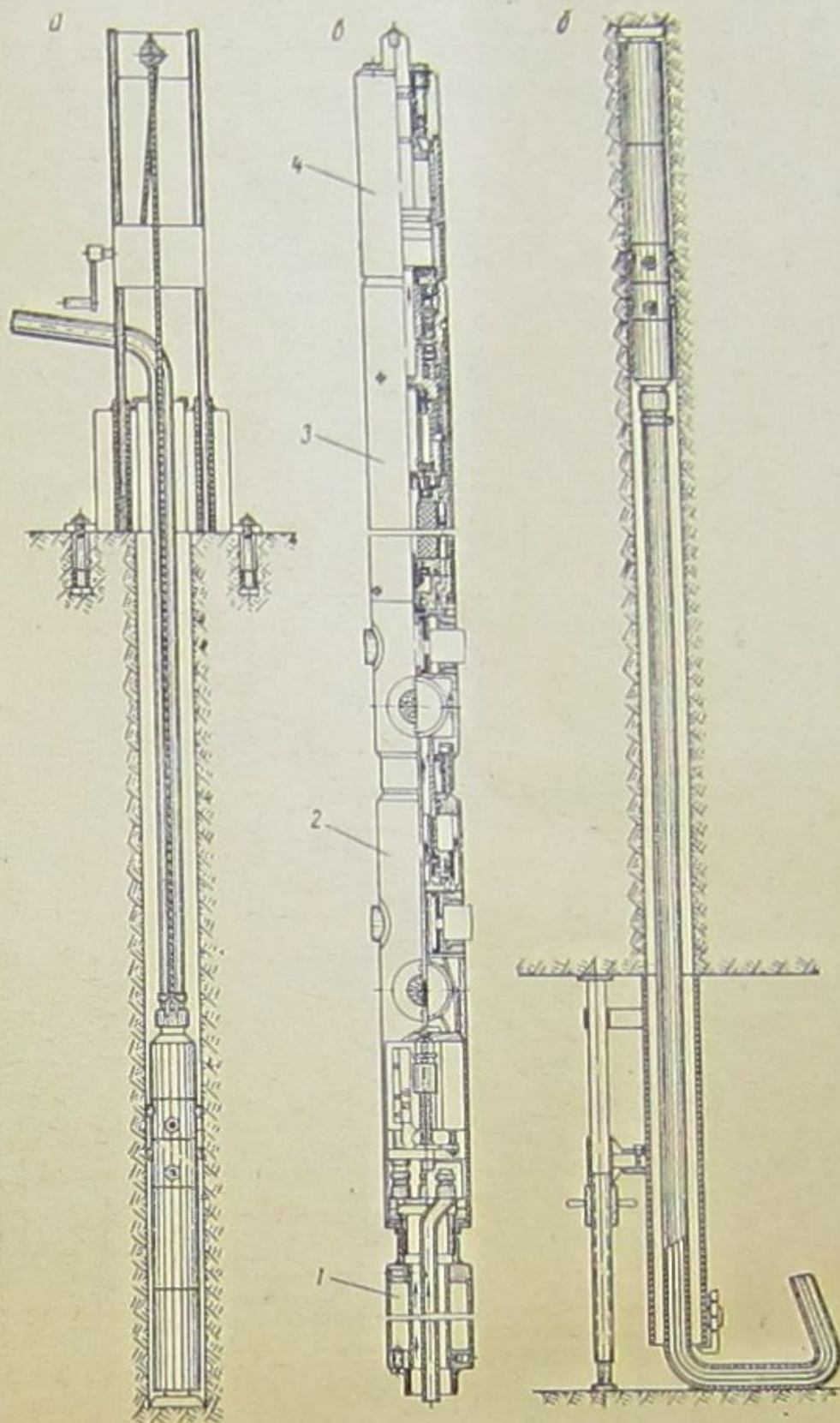


Рис. 6. Шагающий буровой снаряд БС-130:

a — бурение вниз, *б* — бурение вверх, *в* — продольный разрез буровой машины, 1 — маслянка, 2 — податчик, 3 — вращатель, 4 — молоток

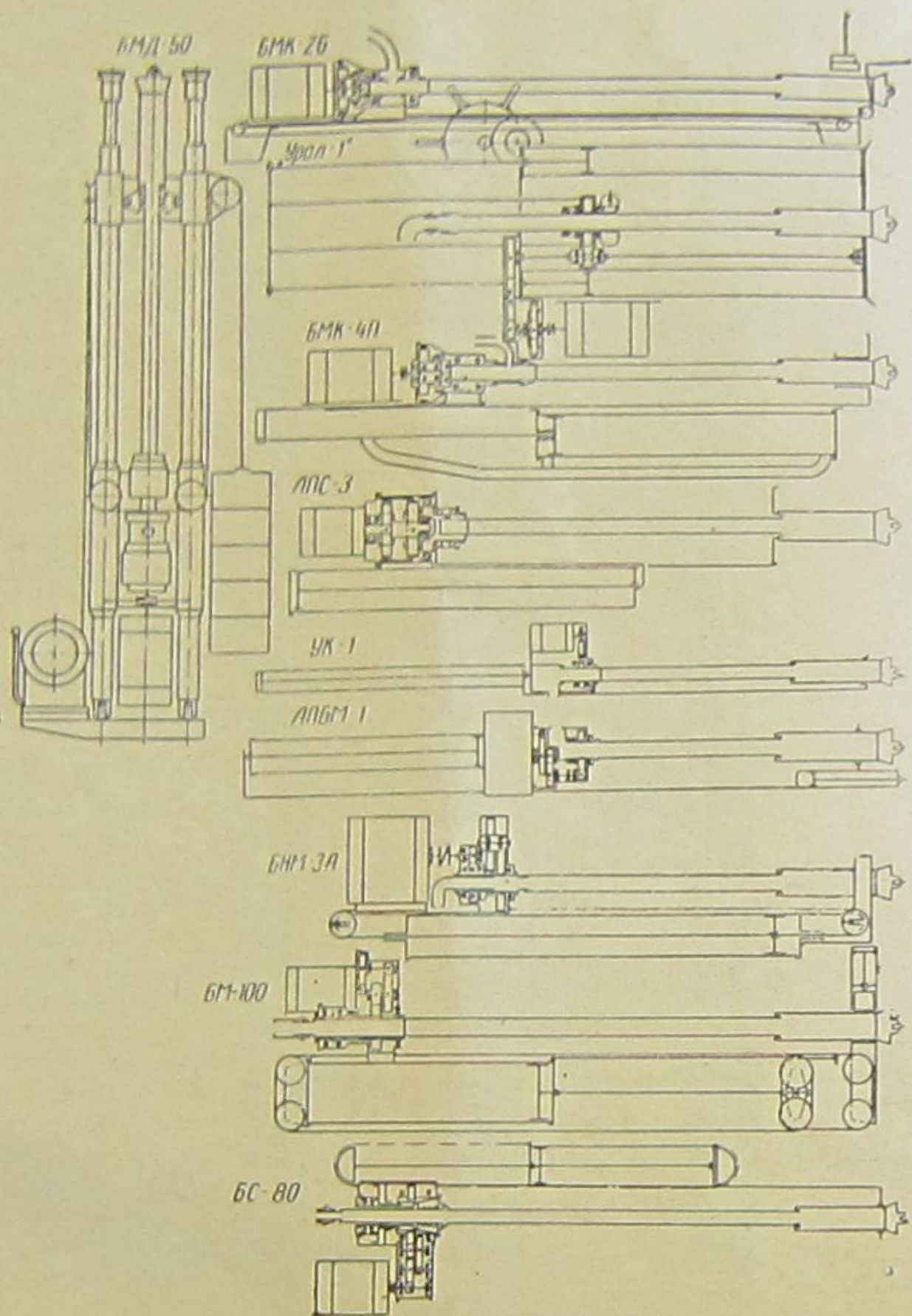


Рис. 7. Схемы станков с ходом подачи, равным длине штанги

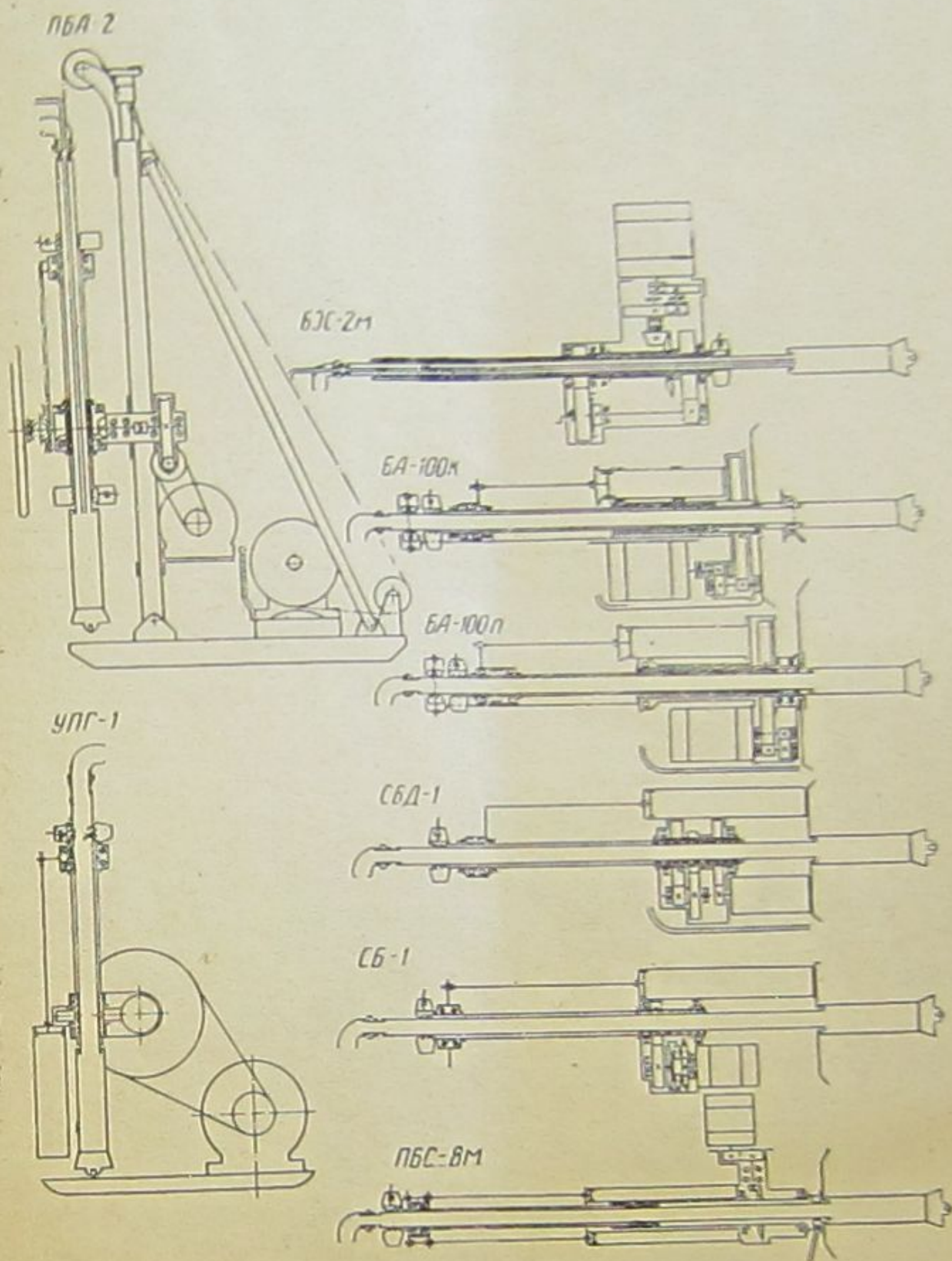


Рис. 8. Схемы станков с укороченным ходом подачи

нагрузка вызовет преждевременные поломки штанг и храпового устройства.

Лучшим типом редуктора для вращателя является шестеренчатый, а двигатель должен устанавливаться электрический с возможностью замены его пневматическим. Применение пневмодвигателя позволяет плавно менять число оборотов бурового става и подбирать наиболее производительные режимы бурения. Станки, приведенные в табл. 3, отличаются отсутствием необходимости реверса вращателя.

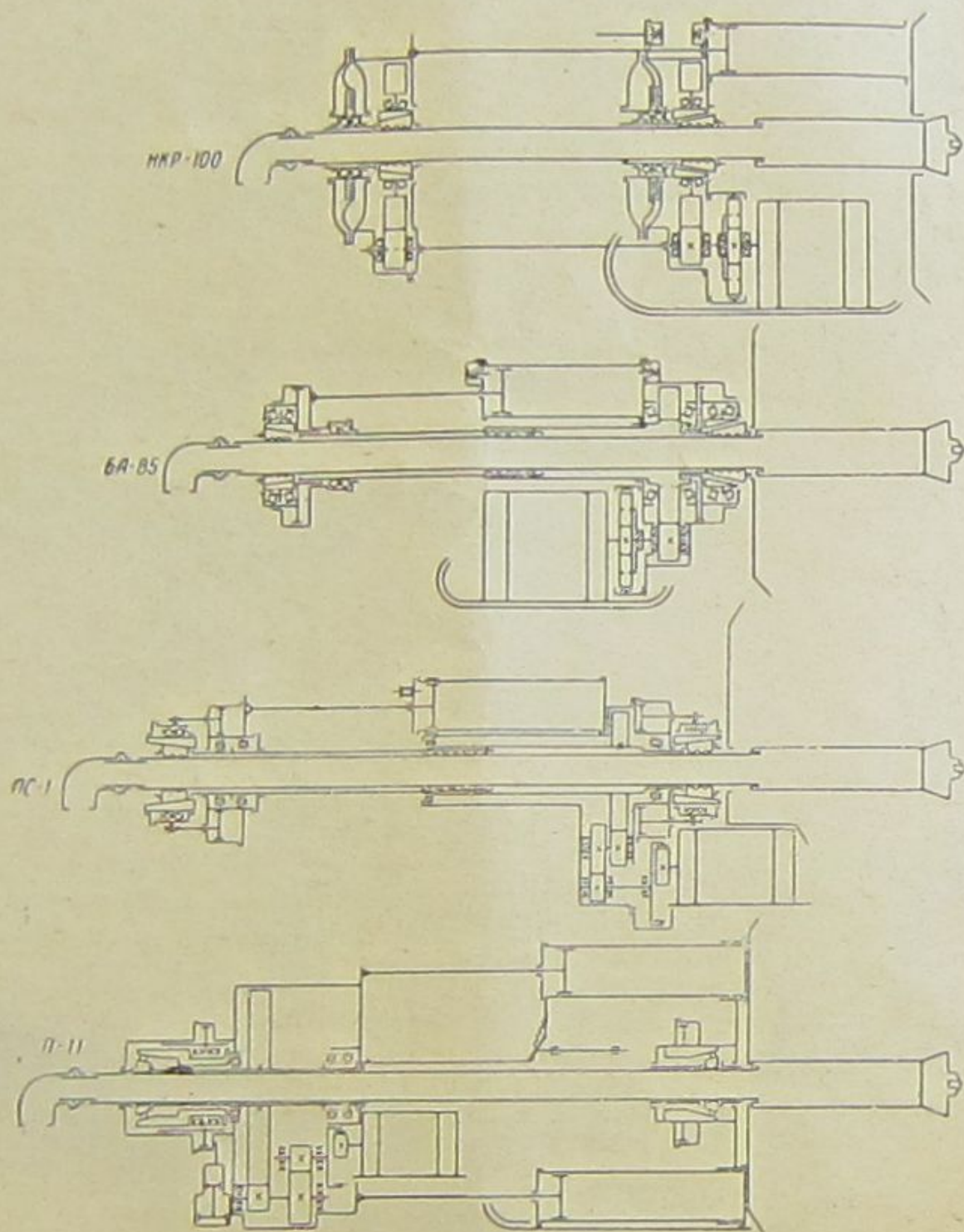


Рис. 9. Схемы станков-полуавтоматов

Подающие устройства в большинстве машин представляют собой поршневые пневматические податчики, обеспечивающие постоянное усилие при различной скорости подачи. Такое устройство обеспечивает эластичность подачи, что способствует повышению производительности и снижает износ буровых коронок. Дифференциально-винтовая подача, обеспечивающая постоянную скорость при изменяющемся усилии, ухудшает условия работы инструмента и на современных станках с погружными молотками не применяется. По этой же причине едва ли найдет распространение гидравлическая подача, примененная институтом Гипрорудмаш на экспериментальном станке АБС (табл. 3).

Недостаток пневматических поршневых податчиков в увеличенных габаритах, так как они предназначены для работы при низком давлении сжатого воздуха (5—6 атм). Величина усилий подачи при бурении погружными молотками сравнительно невелика, поэтому таким податчиком следует отдать предпочтение.

Существенное значение имеет величина хода подачи. По этому признаку все станки можно разделить на две подгруппы: с ходом подачи, равным длине штанги (рис. 7), и с укороченным ходом подачи (рис. 8). Первые обеспечивают безостановочное бурение скважины до наращивания следующей штанги, но габариты податчиков у них получаются настолько большими, что приходится уменьшать длину штанги, снижая достоинства этих машин. Например, длина станка ЛПС-3 (табл. 2) на метр больше, чем у БА-100, а длина штанги -- на 150 мм меньше.

Стремление снизить габариты податчиков при достаточно длинной штанге привело к разработке податчиков с удвоением хода подачи (БМ-100, БС-80) или с тросовопоршневой подачей (БМН-3А). Податчик последнего типа прост и имеет малые габариты, но, как показывает опыт эксплуатации, уплотняющие устройства быстро разрушаются вследствие коррозии троса под действием шахтных вод.

У длинноходовых машин (ЛПС-3 и БМН-3А) штанги соединяются с вращателем на резьбе. Конструкция получается простой, но в этом случае при использовании двигателя для развертывания штанг необходимо сначала отвернуть штангу от става и только потом — от вращателя. Однако штанга может отвернуться произвольно в одном из двух резьбовых соединений, что приводит к неопределенности в порядке работы и выполнению части операций вручную. Для снятия одной штанги со става нужно соединить вращатель со ставом и затем развернуть два резьбовых соединения, т. е. выполнить три операции соединения или разъема резьбовых соединений; при соединении с вращателем требуется осторожность, чтобы не повредить резьбу, и в конечном счете все это приводит к ускоренному износу резьбы штанг.

Станки с укороченным ходом подачи требуют дополнительное время на укрепление става в патроне, но габариты этих машин сравнительно невелики. Создание станка НКР-100, у которого

Сравнительная характеристика станков с погруж

Показатели	ПВА-2	ВЭС-2м	БА-100к	БА-100П (П-1)	СБД-1	СВ-1
Начальный диаметр скважины, мм	150	115	105	105	105	105
Глубина бурения, м	50	50	50	50	50	50
Направление бурения	От 0 до 90° вниз	От 0 до 90° вверх	Любое		От 30°	вверх до
Тип погружного молотка	ЛПК	ПУ9	М1900	М1900 под маркой П2	М1900	М1900
Энергия удара молотка, кг/м	6,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
Число ударов в минуту	2000	1150	1940	1940	1940	1940
Давление сжатого воздуха, кг/см ²	5	5	5	5	5	5
Давление воды, кг/см ²	3—4	3—4	6—8	6—8	6—8	6—8
Вращатель: *	Выключается при перехвате штанг					
привод	Электрический АД42/4	Электрический	Электрический АО-42/4	Электрический АОС42/4, Ф2	Пневматический ротационный	
мощность электрического, кВт, пневматического, л. с.	5,8	4,5	2,8	2,8	7	4,5
число оборотов в минуту	1420	950	1420	1420	2500	2500
число оборотов шпинделя в минуту	35	51	83	75	135	81
Развертывание става штанг	Вручную					
Подающее устройство; тип податчиков	Ручной	Дифференциально-винтовой		Пневматический		
шаг подачи, мм	580	700	400	400	530	550
шаг автоматической подачи, мм	—	—	—	—	—	—
шаг подачи стопкраном, мм	—	—	—	—	—	—
скорость подачи, м/мин	Подача вручную	0,704	До 25	До 25	До 25	До 25

ными молотками с укороченным ходом подачи

Таблица 3

УПГ-1	ПВС-8м	БСПА-3	БСП-1	АВС	Ставки полуавтоматы			
					П-11	НКР-100	БА-85	ПС-1 (ПВС-9)
105	50	105	105	105	85; 105	85; 105; 155	85; 105	105
50	50	50	50	60	40	80	50	50
90° вниз	Любое		Горизонтальное	Вертикальный вверх	Любое			
УУ2 по типу М1900	М1900	М1900	М1900	М1900	М80; П2 (М1900)	М29; М1900; М32	П3; М1900 (М29)	П1-75
8,5 1940	8,5 1940	8,5 1940	8,5 1940	8,5 1940	5; 8,5 1700; 1940	5; 8,5; 12 2100; 1940; 2400	5; 8,5 2100; 1940	9,0 2300
5 6—8	5 6—8	5 6—8	5 —	5 6—8	5 6—8	5 6—8	5 6—8	5 6—8
				Вращение непрерывное	Выключается при перехвате		Вращение непрерывное	
Электродвигатель А-61/8	Пневмодвигатель МП-1	Электродвигатель АОЛ-51/4		Электрический	Пневмодвигатель ротационный	Электродвигатель АОЛ42/4, Ф2 или пневматический ротационный	Пневмодвигатель ротационный	
4,8	4,5	4,5	4,5	2,8 или 4	4	2,8 или 7	7	7
730	900	1420	1420	1420	1500	1420 1500	1500	2400
75	120	140	140	77 или 193	98	78 80	80	123
				Вращателем	Вращателем			
поршневой				Гидравлический поршневой 750	Пневматический поршневой автоматизированный			
400	400	600	400	750	1200	1200	1200	1200
—	—	—	—	—	400	365	250	300
—	—	—	—	—	—	0—365	0—250	0—300
До 25	До 25	До 25	До 25	~10	До 25	До 25	До 25	До 25

Показатели	ГВА-2	БЭС-2м	БА-100ж	БА-100П (П-1)	СВД-1	СВ-1	Ставки полуавтомата						
							П-11	НКР-100	БА-85	ПС-1 (ПЭС-9)			
диаметр цилиндра подачи, мм	—	—	95×2	95×2	95×2	95×2							
максимальное усилие подачи, кг	—	540	600	600	600	600							
Буровая штанга:													
длина, мм	1300	1500	1200	1180	1200	1200							
наружный диаметр, мм	50	42	50	50	50	50							
вес, кг	8,8	12,7	8,2	11,32	8,2	8,2							
Минимальное проходное сечение, см ² :													
штанги	5,3	2,0	8	6,15	8	8							
муфты (или шпинделя)	5,3	3,1	8	7,1	8	8							
Способ очистки скважины													
	Водой и воздухом					Воздушно-водя							
Поддерживающее устройство													
	Рама на салазках	Две колонки	Колонка	Одна колонка на 2 станка	Колонка								
Салазки для передвижения													
	Нет		Есть			Нет							
Вес, кг:													
працателя	—	—	—	—	—	—							
податчика	—	—	—	—	—	—							
станка и пульта	737	305	270	258	191	145							
колонки или рамы	275	35×2	85	85	110	85							

УПГ-1	ПЭС-8м	ЕСПА-3	ЕСТ-1	АЭС	Ставки полуавтомата			
					П-11	НКР-100	БА-85	ПС-1 (ПЭС-9)
97×2	Кольцевой 160/92	—	—	75×2	95×2	95×2 или 95×4	95×2	95×2
630	600	1000	1000	1400	600	600 или 1200	600	600
1180	1200	2400	3000	1500	1180	1200	1200	1200
50	50	60	60	63	50	63*	50	50
11,32	8,2	18	22,5	12	11,32	9,5	8,2	8,2
6,15	8	—	—	6,15	6,15	12,6	8,0	8,0
7,1	8	—	—	7,0	7,1	12,6	8,0	8,0
ной смесью			Воздухом	Воздушно-водяной смесью	Воздушно-водяной смесью			
Станина с распорной стойкой	Колонка	Рама	Тележка на колесном ходу	Самоходный на гусеничном ходу	Колонка			
Есть	Нет	—	—	—	Есть			Нет
—	—	—	—	—	120	—	—	—
—	—	—	—	—	158	—	—	—
697	153	600	1600	—	282	247	170	245
—	57	~300	—	—	110	85	65	85

Показатели	ПБА-2	БЭС-2м	БА-100к	БА-100П (П-1)	СБД-1	СВ-1
обеспыливателя . . .	—	—	—	—	—	—
машинны (без штанг, шлангов и лебедки)	737	400	355	343	301 с од- ним стан- ком	230
лебедки	180	—	180	180	—	—
Наибольший вес узла при транспортировке	737	169	270	258	191	145
Габариты станка, мм (длина×высоту×ши- рину)	1600× ×2580× ×930	1190× ×430× ×670	1450× ×735× ×650	1435× ×735× ×700	835× ×540× ×570	1000× ×500× ×500
Минимальный размер камеры по направле- нию скважины, мм	2580	2840	2880	2880	2870	2480
Число обслуживающих рабочих	2	2	2	2	2	2
Проектная организация	Ленино- горский комбинат	НИГРИ	ИГД СО АН СССР и завод «Ком- мунист»	ИГД СО АН СССР и ВНИИБТ	Гипрорудмаш	
Схема на рисунке . . .					Рис. 8	

* Станок НКР-100 может работать также со штангой $\varnothing 50$ мм.

перехват штанг автоматизирован (рис. 9), позволило совместить достоинства обоих видов станков и дало новые положительные качества, такие, как механизация спуско-подъемных операций и развертывания штанг. Механизация спуско-подъемных операций значительно повышает производительность бурения.

У станков с укороченным ходом подачи конструктивное исполнение соединения штанги со станком сложнее, но захват выполняется за наружную поверхность става, поэтому при разборке развертывается только одно резьбовое соединение, а при соответствующих габаритах камеры можно разбирать став свечами по две штанги.

УПГ-1	ПВС-8м	ЕСПА-3	БСП-1	АБС	Станки полуавтоматы			
					П-11	НКР-100	БА-85	ПС-1 (ПВС-9)
—	—	—	1200	—	—	—	—	—
697	210	900	2800	4900	392	332	235	330
180	—	—	—	—	—	—	—	—
542	60	300	1600	—	150	82	65	60
1370× ×950× ×900	1347× ×510× ×650	1800× ×850× ×1200	3650× ×1730× ×1450	2400× ×770× ×890	1180× ×725× ×760	1295× ×650× ×612	1290× ×580× ×540	1700× ×880× ×600
2325	3110	~3700	—	2600	2900	2580	2950	2900
2	2	2	2	2	1	1	1	1
Перво- уральский завод	НИГРИ	Комбинат «Апатит»	Гипро- рудмаш	ВНИИБТ	ИГД СО АН СССР и завод «Комму- нист»	Завод «Ком- мунист»	НИГРИ	

Рис. 9

Следовательно, независимо от величины хода подачи следует отдать предпочтение соединению станка со штангой за ее наружную поверхность; при этом необходимо полностью механизировать операцию разборки, спуска и подъема става при рациональной степени автоматизации этого процесса.

Поддерживающее устройство, с помощью которого станок устанавливается для бурения скважины в заданном направлении и закрепляется на рабочем месте, в большинстве случаев представляет собой одностоечную колонку с рукавом для крепления станка (рис. 3). Колонка позволяет быстро установить станок по направлению любой скважины вертикального или горизонтального

всера. В этом отношении колонка имеет предпочтение по сравнению с рамой (станок ЛПС-3, рис. 13) или станиной, которые громоздки и не допускают установку станка на скважину без перестановки поддерживающего устройства при бурении горизонтальных скважин.

Для установки на новый всер скважин станки большинства типов передвигают вручную и только станок АБС — с помощью самоходного устройства. Механизация передвижения станка снижает затраты времени на его перестановку и обеспечивает обслуживание машины одним рабочим. Буровой станок должен иметь достаточно простое ходовое устройство.

Существенное значение имеют минимальные размеры выработки, требующейся для размещения бурового станка. Чтобы не приходилось вести дополнительные буровзрывные работы, станок должен обеспечивать возможность наращивания буровых штанг в габарите 1,8—2,0 м.

Большая длина штанг отрицательно влияет на размеры выработки, но при более длинных штангах реже нужно наращивать

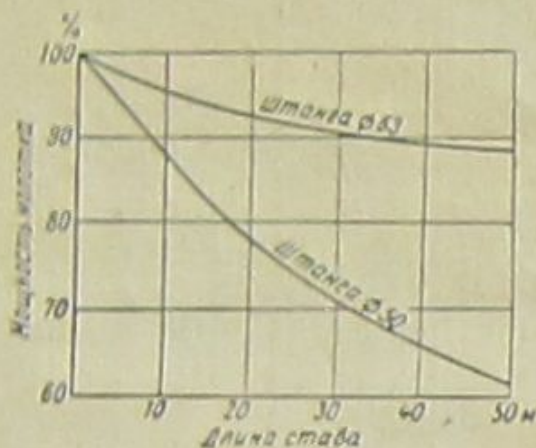


Рис. 10. Изменение мощности погружного молотка М-1900 в зависимости от диаметра штанг и длины става

став, повышается производительность и уменьшается число резьбовых соединений в стае. Практика ведения буровых работ показала, что наиболее выгодны штанги длиной 1200 мм.

Наружный диаметр штанг 50 мм для применяемых в настоящее время молотков, работающих на воздушно-водяной смеси, недостаточен, так как гидравлические сопротивления в таких штангах весьма значительны, что приводит к большим потерям давления в буровом стае. Целесообразно применять штанги диаметром не менее 63 мм.

На рис. 10 показано, как снижается мощность погружного молотка при увеличении длин става штанг.

Из рассмотренных буровых станков в серийном производстве находятся только два типа: БА-100, который применяется на большинстве рудников Советского Союза и экспортируется за границу, и постепенно заменяющий его более совершенный станок НКР-100 (рис. 11), созданный Институтом горного дела Сибирского отделения Академии наук СССР и заводом «Коммунист» Приднепровского СНХ.

На рудниках Норильского комбината применяется разработанный конструкторами комбината станок БМН-3А (рис. 12). Особые условия работы в Норильске нашли отражение в конструкции этой машины. Станок приспособлен для работы во взрывоопасной среде и в условиях вечной мерзлоты, поэтому на нем установлен

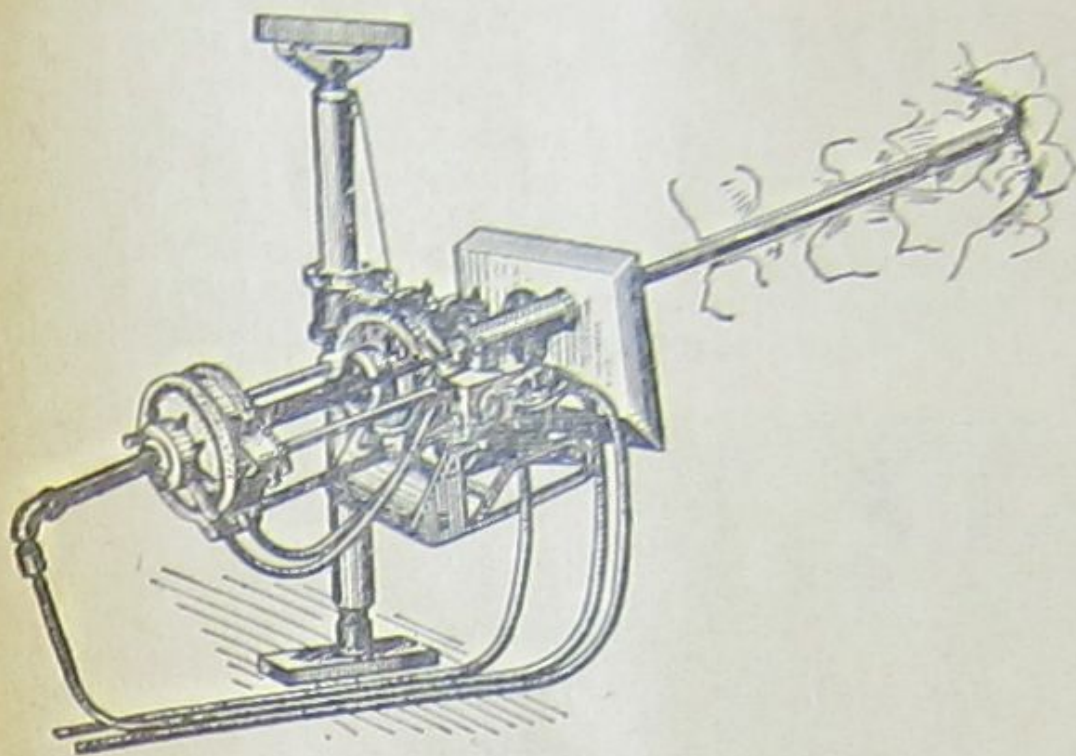


Рис. 11. Буровой полуавтомат НКР-100

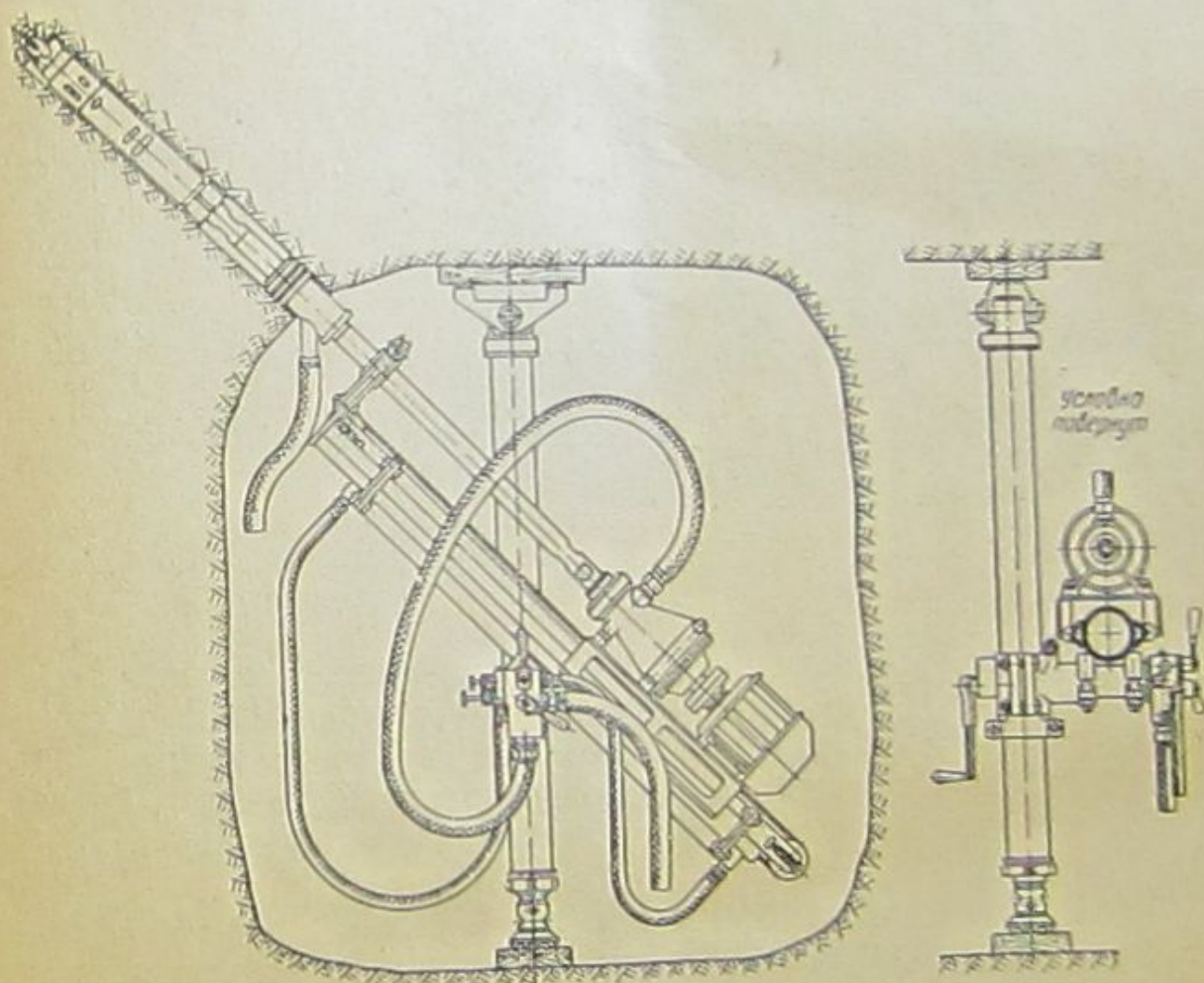


Рис. 12. Буровой станок БМН-3А

взрывобезопасный двигатель и бурение ведется без подавления пыли водой. Этот станок не рассчитан для работы в других рудных бассейнах, так как мощность его двигателя в два раза меньше принятой на других машинах. На эту мощность рассчитана и прочность редуктора. При переходе на работу с водой скажется отсутствие надежных защитных устройств от попадания воды в редуктор, а также влияние коррозии на работу тросового податчика.

Ленинградским комбинатом для собственных нужд выпускается станок ЛПС-3 (рис. 13), рассчитанный на бурение скважин диа-

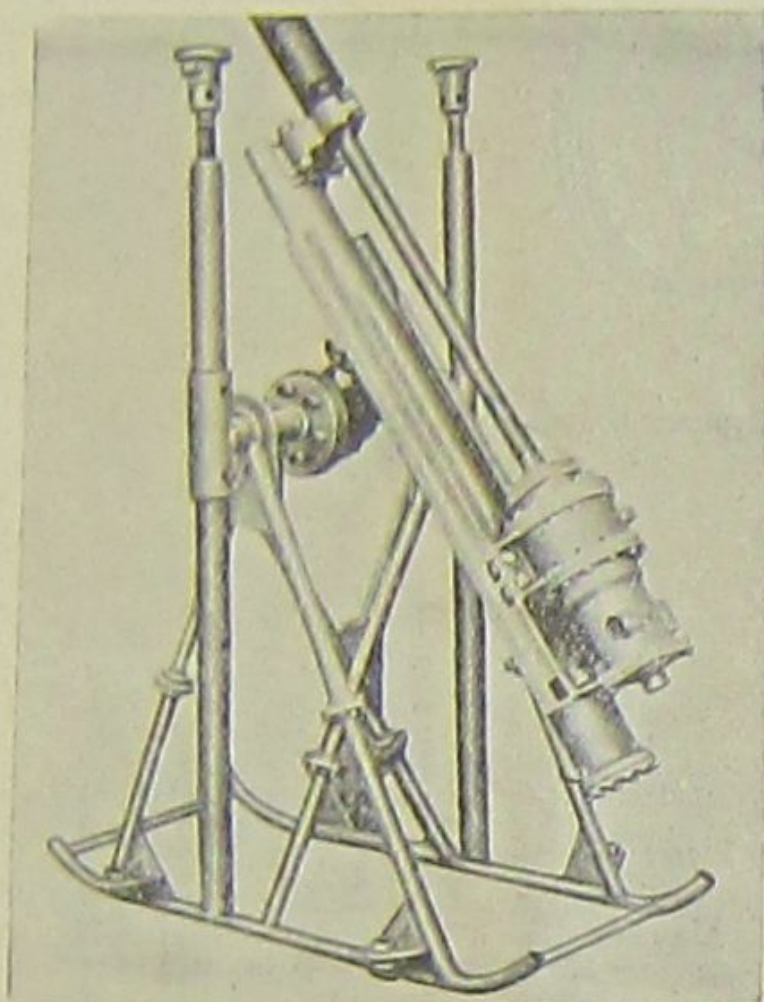


Рис. 13. Буровой станок ЛПС-3.

метром 150 мм. Недостатки станка — укороченная штанга, соединение ее с вращателем на резьбе, неполная механизация спуско-подъемных операций, малая предельная глубина скважин (35 м), большой габарит по длине (в два раза больше НКР-100), большой вес и т. д. — все это сдерживает широкое применение этой машины.

Опыт эксплуатации буровых станков БА-100 и НКР-100 показал, что они успешно применяются также и при вращательном бурении скважин по породам низкой крепости, превосходя по производительности специализированные станки.

3. ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БУРЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ СКВАЖИН

Для выявления основных резервов повышения производительности бурения рассмотрим, от каких факторов она зависит и что ограничивает возможности ее увеличения.

Сменная производительность станка с погружным молотком по данным Криворожского научно-исследовательского горнорудного института (НИГРИ) определяется из следующего выражения:

$$N = \frac{T_{оп}}{t_{ос} + t_{вс}}, \text{ м/смену,}$$

где $T_{оп} = 310$ мин — оперативное время работы;

$t_{ос}$ — чистое время бурения 1 м скважины, мин;

$t_{вс}$ — продолжительность вспомогательных операций, отнесенная к 1 м скважины;

$$t_{ос} = \frac{1000}{v_{скв}}, \text{ мин/м,}$$

где $v_{скв}$ — скорость бурения погружным молотком, мм/мин;

$$t_{вс} = P(0,5t_4H + t_1) + \frac{t_2}{h_2} + \frac{t_3}{h_1} + \frac{t_5}{H} + t_6, \text{ мин/м,}$$

где P — количество рейсов бурового инструмента;

$t_1 = 3$ мин — продолжительность замены коронки;

t_2 — продолжительность перекрепления патрона, мин;

t_3 — продолжительность наращивания штанги, мин;

t_4 — продолжительность спуска и подъема 1 пог. м штанг, мин;

$t_5 = 18,3$ мин — время на переход к бурению очередной скважины веера (с забуриванием);

t_6 — продолжительность промывки нисходящей скважины, мин;

H — глубина скважины, м;

h_1 — длина штанги, м;

h_2 — ход подачи, м.

Производительность можно повышать, увеличивая скорость бурения погружным молотком, что снижает $t_{ос}$. Но если повышать только эту скорость, не совершенствуя другие элементы машины и инструмента, то производительность будет расти медленно. Для станка БА-100 увеличение чистой скорости бурения в четыре раза дает общий прирост производительности только на 55%.

Производительность повышается также при снижении коэффициента P , зависящего от стойкости буровой коронки, при совершенствовании бурового станка и снижении трудоемкости вспомогательных операций, т. е. при сокращении затрат времени t_2 , t_3 , t_4 и t_5 . В каждом отдельном случае рост производительности бу-

дет такого же порядка, как и вышеприведенном примере. При решении задачи комплексно, одновременно повышая скорость бурения, стойкость коронки и сокращая время вспомогательных операций, усовершенствуя буровой станок, увеличение влияния каждого из указанных факторов вдвое позволит повысить производительность до 255% (рис. 14).

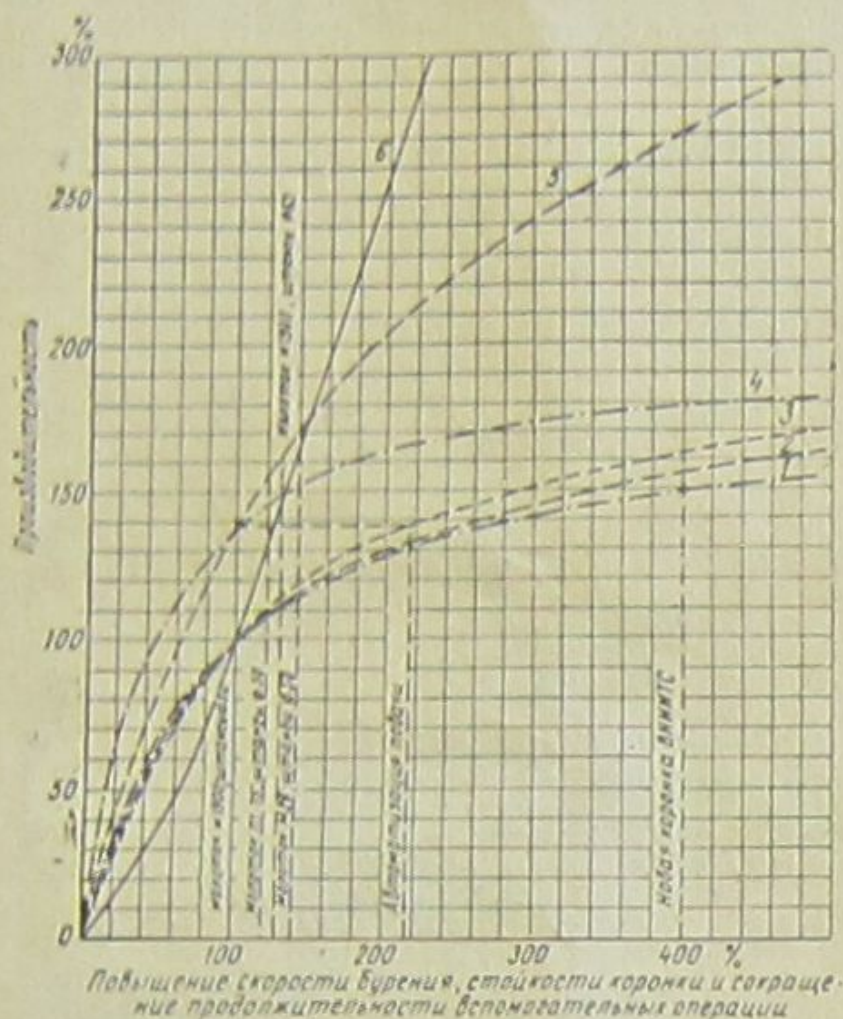


Рис. 14. Влияние усовершенствований буровых станков и инструмента на производительность бурения:

1, 4 — повышение стойкости коронки соответственно для БА-100к, и НКР-100; 2, 5 — повышение скорости бурения соответственно для станка БА-100к, НКР-100; 3 — сокращение продолжительности вспомогательных операций; 6 — комплексное решение

Каковы в настоящее время реальные возможности совершенствования каждого из перечисленных элементов?

Основным погружным молотком для бурения скважин диаметром 100 мм остается пока молоток М1900 (некоторые заводы выпускают его под маркой П-2 или УУ-2). Криворожский завод «Коммунист» начал производство молотка П-1-75 конструкции НИГРИ, который должен бурить со скоростью на 20% выше, чем М1900. Однако, как показывает опыт эксплуатации, этот молоток очень чувствителен к износу и довольно быстро снижает скорость бурения. Другим недостатком П-1-75 является низкая прочность ударника — он быстро ломается при бурении по породам средней и высокой крепости.

Дальнейшее совершенствование погружных молотков сдерживается низким качеством твердых сплавов для армирования бу-

ровых коронок. По этой причине приходилось ограничивать энергию удара погружного молотка величиной порядка 8—9 кГм (для скважин диаметром 100 мм) и повышать скорость бурения только увеличением частоты ударов. В настоящее время имеется ряд решений, позволяющих создать новые молотки с более высокими скоростями бурения, а при условии освоения новых марок твердых сплавов задача повышения скорости бурения погружными молотками в полтора-два раза может быть успешно решена в ближайшем будущем.

Большие резервы заложены в *усовершенствовании буровых коронок* путем изменения их конструкции и технологии изготовления, а также применения нового сортамента твердосплавных пластин. Для бурения скважин диаметром 100 мм до сих пор применяется трехперая коронка К100в с опережающим лезвием, армированная твердым сплавом ВК-15. По данным Всесоюзного научно-исследовательского института твердых сплавов¹, опытные образцы новых коронок, армированных сплавом ВК-8В, имеют стойкость в несколько раз выше серийных. Опыт применения твердых сплавов за рубежом показывает, что полученные ВНИИТС результаты не являются пределом.

Немалые возможности повышения производительности бурения могут быть реализованы путем дальнейшего *усовершенствования буровых станков*. Уже налажен серийный выпуск нового бурового полуавтомата НКР-100, который показал значительно большую сменную производительность по сравнению со станком БА-100. Как видно из графика рис. 14, только за счет механизации спуско-подъемных операций вспомогательное время сократилось в 2 раза и производительность бурения повысилась на 39%. Применение штанг диаметром 63 мм позволило повысить скорости бурения, так как снизились потери давления воздуха в ставе, производительность машины увеличилась до 162%. Сокращение продолжительности вспомогательных операций создало условия для более эффективного использования новых типов погружных молотков и коронок.

Благодаря автоматизации подачи и механизации разборки става штанг станок НКР-100 может обслуживать один рабочий вместо двух.

Полуавтоматом НКР-100 не исчерпываются все возможности повышения производительности бурения путем совершенствования станков. НКР-100 позволил исключить затраты времени на перекрепление патрона t_2 и снизить продолжительность спуска и подъема t_4 . Автоматизация наращивания штанг позволяет исключить время t_3 и еще больше снизить t_4 , а механизация операции установки станка на новую скважину даст возможность снизить время на переход к новой скважине t_5 . Поэтому главное направление

¹ Доклад Н. А. Кудря на Всесоюзном научно-техническом совещании по режимам бурения и буровому инструменту, сделанный 21—23 марта 1962 г. в Госкомитете Совета Министров СССР по автоматизации и машиностроению.

дальнейшего сокращения вспомогательного времени — это полная механизация всех операций и автоматизация процесса бурения (включая наращивание штанг).

Внедрив в производство новые буровые коронки, обладающие стойкостью в 4—5 раз выше существующих, новые погружные молотки, превосходящие М1900 по скорости бурения в 1,5—2 раза, и станки с автоматическими подачей и наращиванием штанг, можно поднять производительность бурения в два раза по сравнению со станком НКР-100 и в четыре раза по сравнению с БА-100 (рис. 15).

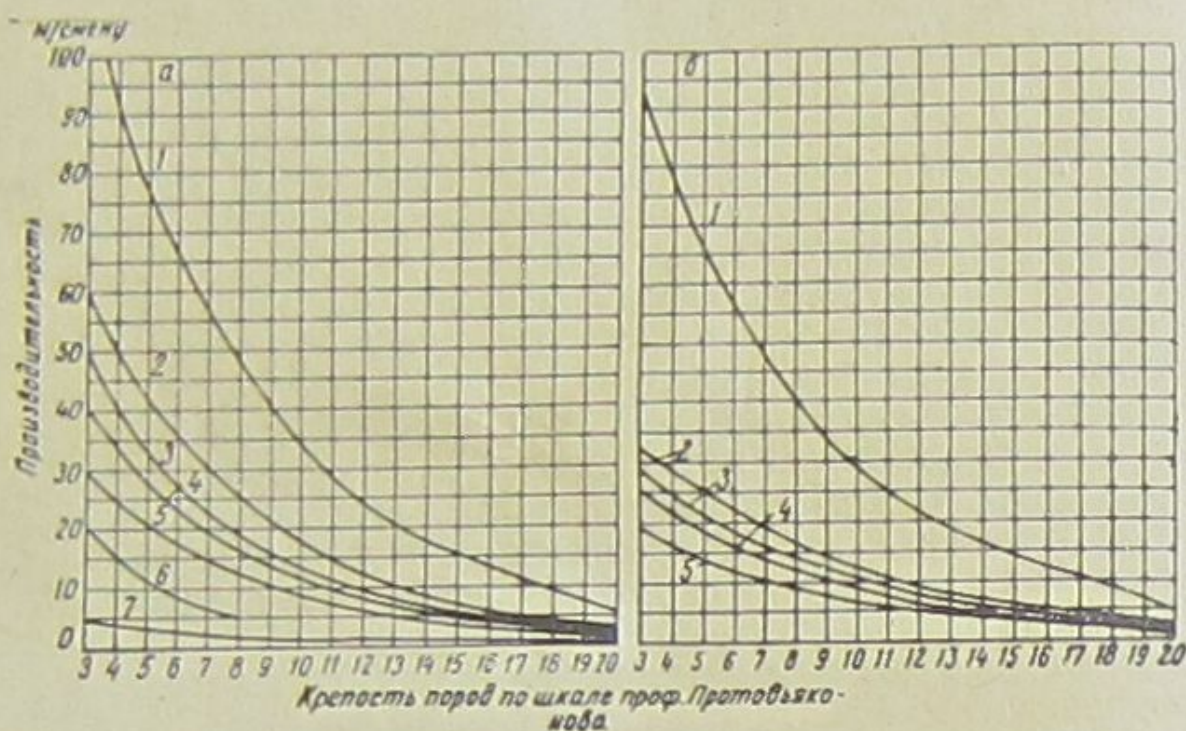


Рис. 15. Производительность буровых станков при бурении по породам различной крепости в зависимости от проведенных усовершенствований при бурении скважин диаметром 105 мм, глубиной 50 м; а — бурение горизонтальных скважин; б — бурение вертикальных скважин: 1 — буровой автомат с молотком, скорость бурения которого вдвое выше, чем у молотка М1900; 2 — НКР-100; М26, штанга \varnothing 63 мм; 3 — НКР-100, М1900, штанга \varnothing 63 мм; 4 — НКР-100, М1900, штанга \varnothing 50 мм; 5 — БА-100К; 6 — АБВ-1; 7 — КС-50

Производительность машины определяется не только операциями, непосредственно связанными с процессом бурения. На производительность влияют также затраты времени на перестановку машины на новое рабочее место и на его подготовку. Поэтому создание самоходного станка, который один бурильщик сможет переставлять за 10 мин, и уменьшение рабочих габаритов машины, чтобы обойтись без рассечки специальных камер, — это значительный резерв повышения производительности.

Большое влияние на фактическую среднесменную производительность бурения оказывает эксплуатационная надежность станка, молотка и коронок, безаварийность их работы. Поэтому необходимо, чтобы все элементы машины безотказно работали в течение сроков, гарантированных заводами-изготовителями.

ВЫВОДЫ

1. Наиболее перспективным и производительным способом бурения взрывных скважин на подземных горных работах является бурение погружными пневматическими молотками.

2. Машины с погружными молотками имеют следующие резервы повышения производительности бурения:

а) путем механизации всех производственных операций и автоматизации процесса бурения (успешному решению этих задач способствуют такие особенности бурения погружными молотками, как небольшие величины необходимого усилия подачи и крутящего момента);

б) путем усовершенствования погружных молотков для повышения скоростей бурения в 1,5—2 раза по сравнению с М1900;

в) путем повышения стойкости буровых коронок в 4—5 раз, улучшением их конструкции и технологии изготовления, а также изменением сортамента твердых сплавов.

3. Буровой станок для подземных работ должен удовлетворять следующим основным требованиям:

а) бурить скважины диаметром 85 и 105 мм, а в случае необходимости и 155 мм;

б) бурить скважины глубиной до 100 м;

в) возможность замены электрического привода вращателя пневмодвигателем;

г) иметь подающее устройство с пневматическим поршневым податчиком, дающим постоянное усилие при меняющейся скорости подачи;

д) быть самоходным, чтобы продолжительность перехода к месту бурения нового веера скважин (расстояние 6—10 м) не превышало 10 мин;

е) работать в горных выработках, не требуя подготовки специальных расщечек;

ж) основные операции процесса бурения должны быть автоматизированы, а все вспомогательные операции полностью механизированы с тем, чтобы обслуживать машину (включая перестановку на новый веер скважин) мог один рабочий.

Из существующих машин требованиям, предъявляемым к буровому станку для подземных работ, наиболее полно отвечает буровой полуавтомат НКР-100.

Ведущиеся рядом организаций работы по дальнейшему развитию и усовершенствованию автоматизированных станков для бурения взрывных скважин дают основания надеяться, что в ближайшее время будет создана машина, полностью отвечающая перечисленным выше требованиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агошков М. И., Бронников Д. М., Красавин Г. А. Буровые агрегаты с погружными молотками. «Механизация трудоемких и тяжелых работ», 1958, № 2.
2. Бобров Д. П. Машины для бурения глубоких скважин. Системы разработки мощных рудных месторождений (материалы научно-технического совещания в г. Лениногорске). Металлургиздат, 1957.
3. Бронников Д. М., Гагулин М. В. Станки для бурения взрывных скважин при подземной добыче руд. ЦИИЦветмет, 1961.
4. Бронников Д. М., Красавин Г. А. Буровые агрегаты с пневмоударниками и опыт их применения при добыче руд. Metallurgizdat, 1956.
5. Бронников Д. М., Красавин Г. А. Буровые агрегаты с погружными пневматическими молотками. Сборник «Из опыта работы предприятий цветной металлургии». ОБНТИ Гипроцветмета, 1962.
6. Воздвиженский Б. И., Скорняков А. Л. Бурение взрывных скважин. Госгортехиздат, 1960.
7. Горные машины и автоматика. Научно-технический сборник. ЦИТИ угля, 1961.
8. Емельянов П. М. Универсальный буровой полуавтомат НКР-100. Госгортехиздат, 1963.
9. Емельянов П. М., Закаблукровский Н. Г., Суксов Г. И. Результаты сравнительных испытаний агрегатов для бурения глубоких скважин. Труды горногеологического института ЗСФАН СССР, 1956.
10. Закаблукровский Н. Г., Суксов Г. И. Испытание опытного образца высокопроизводительного агрегата для бурения глубоких скважин в крепких породах. «Горный журнал», 1954, № 12.
11. Зиновьев А. А. Исследование работы погружного молотка на воздушно-водяной смеси. Известия Сибирского отделения АН СССР, 1960, № 9.
12. Иванцев В. В. Буровой станок БМК-4. Бюллетень ЦИИИЦМ, 1960, № 8.
13. Ключин С. М., Борохов П. Х., Губина В. И. Буровой станок БА-100 м. ЦБТИ Свердловского СНХ, 1958.
14. Кыштымский механический завод им. М. И. Калинина. Буровая машина БМК-4, ЦИТИ угля, 1961.
15. Легеза В. Д., Борохов П. Х. Применение станков с погружными перфораторами на рудниках Нижне-Тагильского комбината. «Горный журнал», 1960, № 4.
16. Научно-исследовательский горнорудный институт (НИГРИ). Нормы выработки на бурение глубоких скважин и скреперную доставку руды. Кривой Рог, 1962.
17. Серов Я. С., Осипов Л. Д. Легкая пневматическая буровая машина ЛПБМ-1. Труды ВостНИГРИ, 1961.
18. Сорокин Г. В., Кирьянов А. А. Бурение взрывных скважин пневмоударными агрегатами ЛПС-3. Алма-Ата, 1961.
19. Харламов Т. Ф. Бурение глубоких скважин буровой машиной БМЮ-16. «Горный журнал», 1954, № 1.
20. Харламов Т. Ф., Абрамсон М. Г. Новые буровые станки для подземных работ. «Горный журнал», 1962, № 2.
21. Ямковой Г. Т. Станок для бурения глубоких скважин в крепких породах. «Горный журнал», 1955, № 8.

Цена 11 коп.