

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



П.В. Перетяка, А.Н. Давиденко, П.П. Полищук

**ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКА РАЗВЕДОЧНОГО БУРЕНИЯ
СКВАЖИН НА РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ**

Монография

Днепропетровск
НГУ
2013

УДК 622.143
ББК 33.131
П 27

Рекомендовано до видання вченою радою Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» (протокол № 6 від 02.07.2013).

Рецензенти:

О.І. Калініченко, д-р техн. наук, проф. кафедри технології і техніки розвідки геологорозвідувальних робіт (Донецький національний технічний університет).

В.Ф. Ганкевич, канд. техн. наук, доц. кафедри гірничих машин та інжинірингу (Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет»).

Перетяка П.В.

П 27 Технология и техника разведочного бурения скважин на россыпных месторождениях : монография / П.В. Перетяка, А.Н. Давиденко, П.П. Полищук; М-во образования и науки Украины, Нац. горн. ун-т. – Д. : НГУ, 2013. – 72 с.

ISBN 978–966–350–450–6

Представлено обоснование оптимальных параметров режима бурения скважин с обратной циркуляцией очистного агента, при определении которых учитываются физико-механические свойства горных пород и характеристики очистного агента.

Изложена разработанная методика расчета очистных каналов породоразрушающего инструмента эжекторного типа с учетом пластических свойств горных пород.

Отражены результаты разработки и опробования в производственных условиях комплекта бурового инструмента, технологии бурения с обратной циркуляцией очистного агента на россыпных месторождениях.

Для специалистов, которые занимаются буровыми работами, а также будет полезна студентам технических вузов, в частности геологоразведочного профиля.

© П.В. Перетяка, О.М. Давиденко,
П.П. Поліщук, 2013

ISBN 978–966–350–450–6

© Державний ВНЗ «НГУ», 2013

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
1. ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПНЕВМОУДАРНОГО БУРЕНИЯ СКВАЖИН	7
1.1 Технические средства для проведения пневмоударного бурения разведочных скважин.....	7
1.2 Технология получения и применения газожидкостных систем при бурении разведочных скважин.....	12
2. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН С НЕПРЕРЫВНЫМ ВЫНОСОМ КЕРНО-ШЛАМОВОГО МАТЕРИАЛА.....	17
2.1 Буровые комплексы с гидротранспортом керна серии КГК.....	17
2.2 Технические средства для бурения с непрерывным выносом керна-шламового материала	19
3. ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОЖИДКОСТНЫХ СИСТЕМ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН С ОБРАТНОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ОЧИСТНОГО АГЕНТА	24
3.1 Особенности применения газожидкостных систем при бурении скважин по валунно-галечным отложениям.....	24
3.2 Технические средства для бурения с обратной циркуляцией газожидкостных систем на россыпных месторождениях	34
3.3 Методика расчета и построения расчетной схемы очистки породоразрушающего инструмента.....	40
3.4 Расчет напряжений и обоснование формы твердосплавных элементов породоразрушающего инструмента.....	46

.....

4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН С ОБРАТНОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ОЧИСТНОГО АГЕНТА	51
4.1 Технологические параметры эжекторных устройств в компоновке с породоразрушающим инструментом.	51
4.2 Технические средства и технология бурения с обратной циркуляцией очистного агента на россыпных месторождениях	54
Заключение	68
Список литературы	69

ПРЕДИСЛОВИЕ

Успешное развитие экономики Украины невозможно без мощной минерально-сырьевой базы, для создания которой необходимо увеличение объемов и производительности основного вида геологоразведочных работ – бурения скважин. На основании этого перед геологоразведочной отраслью страны поставлена задача расширения работ на базе ускорения научно-технического прогресса и всесторонней интенсификации производственных процессов.

Решающая роль в повышении технико-экономических показателей при поисках и разведке россыпных месторождений принадлежит новым методам и способам бурения, к числу которых можно отнести способ бурения с гидротранспортом керна, пневмотранспортом и гидропневмотранспортом забойного материала, применением высококачественных механических, гидродинамических и пневматических излучателей импульсов энергии.

Наряду с применением новых технических средств весьма перспективным является использование нетрадиционных видов высококачественных очистных агентов для интенсификации процесса бурения скважин.

За последние годы в мировой практике широкое распространение получил метод бурения скважин с обратной циркуляцией очистного агента с целью выноса на поверхность керна и разрушенной породы для последующего изучения и опробования. В нашей стране накоплен положительный опыт эксплуатации высокопроизводительных комплексов с гидротранспортом керна КГК-100 и КГК-300, предназначенных для бурения скважин глубиной соответственно 100 и 300 м по породам II-IV категорий буримости. Как показал опыт работ, производительность на один комплекс КГК-100 в несколько раз выше, чем другими типами буровых установок.

В настоящее время основной объем геологоразведочных работ на россыпных месторождениях России, Украины и других стран приходится на ударно-канатный способ бурения, производительность которого при этом составляет 450-550 метров скважин на один станко-месяц.

Для решения геологических, задач по поискам и разведке россыпных месторождений в нашей стране очень важно разработать технологию и технические средства для бурения скважин большого диаметра (200 мм и

.....
более) с непрерывным выносом керно-шламового материала на поверхность для последующего изучения и опробования, что позволит заменить малоперспективное ударно-канатное бурение.

Решению этой актуальной научно-производственной задачи, которая имеет важное народно-хозяйственное значение, и посвящена настоящая монография.

ГЛАВА 1**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПНЕВМОУДАРНОГО БУРЕНИЯ СКВАЖИН****1.1 Технические средства для проведения пневмоударного бурения разведочных скважин.**

Высокопроизводительный ударно-вращательный способ бурения скважин с применением погружных пневмоударных буровых машин, широко применяется не только в горнодобывающей промышленности, но и при проведении геологоразведочных работ в Украине, России, других странах СНГ.

На основании разработанных положений, методик и технологий бурения сотрудниками Тульского отделения ЦНИГРИ (Россия), созданы комплексы технических средств пневмоударного бурения разведочных скважин, включающие несколько видов породоразрушающих инструментов кольцевого и сплошного забоя, погружные пневмоударники, имеющие индексы «РП», «ПН» и «ПКР», одинарные и двойные керноприемные трубы, разъемные шламовые трубы, вспомогательное оборудование и контрольно-измерительные приборы. Освоено их серийное производство, постоянно производится модернизация.

Конструкции разведочных пневмоударников, имеющие индекс «РП» дополняются числом, означающим внешний диаметр корпуса, индекс «ПН» – числом, обозначающим диаметр породоразрушающего инструмента (долота или кольцевой коронки), индекс «ПКР» – кольцевые пневмоударники для бурения с пневмотранспортом горной породы по центральному каналу пневмоударника и бурильных труб. Техническая характеристика таких пневмоударных забойных буровых машин приведена в табл. 1.1-1.3.

Пневмоударник РП-130 состоит из воздухораспределительного клапанного устройства и ударного узла, объединенных в едином корпусе. Поршень ударного узла разделяет полость цилиндра на верхнюю и нижнюю камеры. Работа пневмоударника происходит при ударе поршня по хвостовику за счет периодического поступления сжатого воздуха в верхнюю или нижнюю камеры в зависимости от положения поршня и перекидного клапана. Перед запуском пневмоударника поршень находится в крайнем нижнем положении. Сжатый воздух, проходя через верхнюю камеру, перекидывает первое крыло перекидного клапана и через открывшийся канал проходит в нижнюю камеру. Под давлением воздуха поршень движется вверх. Давление в верхней камере повышается и в определенный момент превышает давление в сети. В результате клапан перекидывается, закрывая доступ воздуха в нижнюю камеру. Под давлением воздуха поршень движется вниз. После удара поршня по хвостовику начинается повторение цикла холостой ход – рабочий ход.

Таблица 1.1

Технические характеристики разведочных пневмоударников типа РП

Тип пневмоударника	РП-130	РП-111	РП-94
Диаметр, мм: породоразрушающего инструмента корпуса	152-132 130	113 111	96 94
Длина, мм	1043	982	958
Масса, кг	62	46	36
Глубина бурения, м, при давлении воздуха в сети 0,6- 0,7 МПа:			
в сухих породах	250-300	250-300	250-300
в обводненных породах	100-150	100-150	100-150
Энергия единичного удара, Дж	250-300	140-160	90-100
Число ударов в 1 мин	900-110	1500-1800	1500-1800
Расход воздуха, м ³ /мин В том числе на работу ударного узла	10-12 6,5-7,5	7-9 4-4,5	5-6 3-3,5
Номинальный перепад давления в пневмоударнике, МПа	0,4	0,4	0,4

Принцип действия бесклапанных пневмоударников РП-94 и РП-111 основан на возвратно-поступательном движении поршня-ударника за счет периодического поступления сжатого воздуха через радиальные отверстия в цилиндр. Движение поршня вверх ограничивается воздушной подушкой, которая образуется за счет части воздуха, отсекаемого в верхней камере, а вниз – промежуточным хвостовиком, передающим удар через шлицевую втулку и нижний переходник на колонковую трубу. Отработанный воздух поступает в кольцевой зазор между цилиндром и корпусом, затем, проходя по отверстиям в шлицевой втулке, поступает через обратный клапан в колонковую трубу и далее на забой.

Все пневмоударники имеют автоматическую блокировку, которая останавливает работу ударного узла, не прекращая подачу воздуха на забой. Это позволяет периодически продувать скважину более интенсивно и при необходимости проводить спускоподъемные работы с одновременной подачей воздуха в скважину.

Таблица 1.2

Технические характеристики разведочных пневмоударников типа ПН

Параметры	Марка пневмоударника			
	ПН-76	ПН-93	ПН-112	ПН-132
Номинальный перепад давления, МПа:				
при давлении воздуха 0,7 МПа	0,6	0,6	0,6	0,6
при давлении воздуха 2,5 МПа	1,2	0,9	0,9	0,9
Ударная мощность, кВт:				
при перепаде давления 0,6 МПа	1,8	2,2	3,0	5,6
при перепаде давления 0,9 МПа	3,4	3,3	4,4	8,4
Частота ударов, не менее, Гц:				
при перепаде давления 0,6 МПа	22,5	18,3	17,6	17,6
при перепаде давления 0,9 МПа	25	19,8	19,5	19,1
Полный ресурс, м, в породах:				
VI-VIII категории	1900	1900	1900	1900
IX категории	1000	1000	1000	1000
X-XII категории	500	500	500	500
Масса, кг	21	35	53	75

Пневмоударники Atlas Copco Secoroc лучше всего подходят для бурения скважин диаметром от 90 до 254 мм [65]. Скважины меньшего диаметра обычно бурятся перфораторами, а большего диаметра – станками вращательного бурения.

Погружные пневмоударники (ППУ) также могут применяться для бурения скважин под фундаменты диаметром до 750 мм с коронкой одного размера. Кластерные установки с несколькими ППУ используются для бурения скважин диаметром до 1778 мм.

Минимальный диаметр скважины, пробуренной погружным пневмоударником, равен его номинальному размеру. Ограничивающим фактором является наружный диаметр ППУ, поскольку, чем меньше диаметр скважины, тем меньше поток воздуха. Максимальный диаметр скважины при добычном бурении составляет номинальный диаметр ППУ плюс 25мм. Таким образом, максимальный диаметр скважины при бурении 102 мм ППУ равен 127-130 мм.

Таблица 1.3

Технические характеристики кольцевых пневмоударников типа ПКР

Параметры	Марка пневмоударника						
	ПКР-76	ПКР-90	ПКР-110	ПКР-130	ПКР-150	ПКР-190	ПКР-245
Диаметр коронки, мм							
наружный	76	93	112	132	152	192	245
внутренний	26	30	38	48	60	60	80
Расход воздуха, м ³ /мин	6-8	6-8	8	8-10	10	16	16-20
Давление воздуха, МПа	12-18	6	6	6	6	6	6
Энергия единичного удара, Дж	100-200	110	130	150	200	300	350
Частота ударов, с ⁻¹	17-20	167	167	167	167	167	167
Типоразмер двойной бурильной колонны	ТБД-73	ТБД-89, ТБД-73	ТБД-108, ТБД-89	ТБД-127, ТБД-89	ТБД-127	ТБД-127	ТБД-127

Правильный выбор погружного пневмоударника существенно зависит от диаметра скважины и типа горной породы. В идеальном случае, размер ППУ должен максимально соответствовать требуемому диаметру скважины, но с обеспечением достаточного пространства для удаления бурового шлама из скважины.

Пневмоударники Secogoc предназначены для бурения в горных породах различных по твердости. Когда основным критерием является производительность, то для бурения взрывных скважин рекомендуются пневмоударники Secogoc COP, а для бурения глубоких скважин – пневмоударники Secogoc TD. Пневмоударники DHD (табл. 1.5) характеризуются высокой производительностью и приспособляемостью к разным требованиям к подаче воздуха благодаря системе Air Select.

Пневмоударники HD оснащены надежным поводковым патроном, втулкой и верхним переходником со вставками из карбида вольфрама для защиты от износа в агрессивных и абразивных условиях. Они также защищают верхний переходник от чрезмерного износа при его подъеме из скважины с вращением через обломки породы.

Таблица 1.4

Технические данные пневмоударных машин

Показатели	Марки пневмоударников						
	П-1-75	П-105	А-106	РП-111	П-125	ДНД-275	РП-130
Глубина бурения, м	5-100	50	150	400	50-150	50-150	100-400
$D_{\text{скв}}$, мм	105	105	100	112	125	120	132
A , кг·м	6,7	9,5	10	14	15	20	30
N , удар/мин	1960	1600	1100	1400	1250	1000	1000
M , кг	3,1	3,0	-	6,4	5,6	-	8,4
$V_{\text{уд}}$, м/с	7,0	8,0	-	6,9	7,3	-	8,1
W , л/с	2,92	3,3	2,44	4,36	4,2	4,45	6,65
$V_{\text{уд}}$, м ³ /мин·л.с.	1,54	1,72	1,74	1,03	1,67	1,73	1,05
$A_{\text{уд}}$, кгс/м/см	0,43	0,61	0,66	0,82/1,56	0,8	1,1	1,52/2,08
$Q_{\text{уд}}$, л.с./см	0,19	0,22	0,16	0,25	0,22	0,25	0,34

Бурение разведочных скважин пневмоударниками осложняется противодавлением на выхлопе, обусловленным следующими факторами:

- водопроявлениями в скважине, в том числе со значительными водопритоками;
- повышением аэродинамических сопротивлений движению потока очистного агента в колонковой трубе по мере заполнения ее керном, особенно в интенсивно трещиноватых породах;
- повышением сопротивлений движению потока очистного агента в результате зашламования колонковой трубы, коронки и образования сальников на стенках скважины.

Таблица 1.5

Пневмоударники Atlas Copco Secoroc серия DHD

Описание	DHD 3,5 STD	DHD 4 STD	DHD 5 STD	DHD 6 STD	DHD 6,5 QM	DHD 8 STD	DHD 8 W	DHD 12 STD
Резьбовое соединение	API 2 3/8	API 2 3/8	API 2 1/2	API 2 1/2	API 2 1/2	API 4 1/2	API 4 1/2	API 6 5/8
Наружный диаметр, мм	79	92	115	137	146	181	181	276
Рекомендуемый диаметр скважины, мм	88- 105	105- 127	130- 152	152- 191	165- 191	200- 270	200- 270	302- 470
Исполнение хвостовика	DHD- 3.5	DHD- 340	DHD- 350	DHD- 360	DHD- 360	DHD- 380	DHD- 380	DHD- 120
Рабочее давление, бар	6-25	6-25	6-25	6-25	6-25	6-25	6-25	6-17
Длина, мм	902	1049	1166	1255	1255	1443	1443	1811
Масса, кг	30	39	69	103	103	177	177	599

Условия применения погружных пневмоударников с целью бурения геологоразведочных скважин имеют следующие отличительные особенности: глубина бурения в несколько раз больше чем при бурении взрывных скважин; наличие в скважине столба жидкости со шламом; необходимость получения керна; передача ударных нагрузок через относительно тяжелый и длинный элемент (колонковую трубу). Все это обусловило дополнительные требования к конструкциям пневмоударников и породоразрушающего инструмента, которые могли бы быть применимы для бурения геологоразведочных скважин.

1.2 Технология получения и применения газожидкостных систем при бурении разведочных скважин.

Широкое применение в качестве очистного агента особенно при бурении скважин в сложных горно-геологических условиях находят газожидкостные смеси (азрированные жидкости, пены, туманы), обеспечивающие повышение производительности пневмоударного бурения, стойкости породоразрушающего инструмента и экономии материальных средств.

Опубликовано большое количество научных статей, монографий, инструкций и других работ, посвященных изучению и определению свойств газожидкостных систем [4-12].

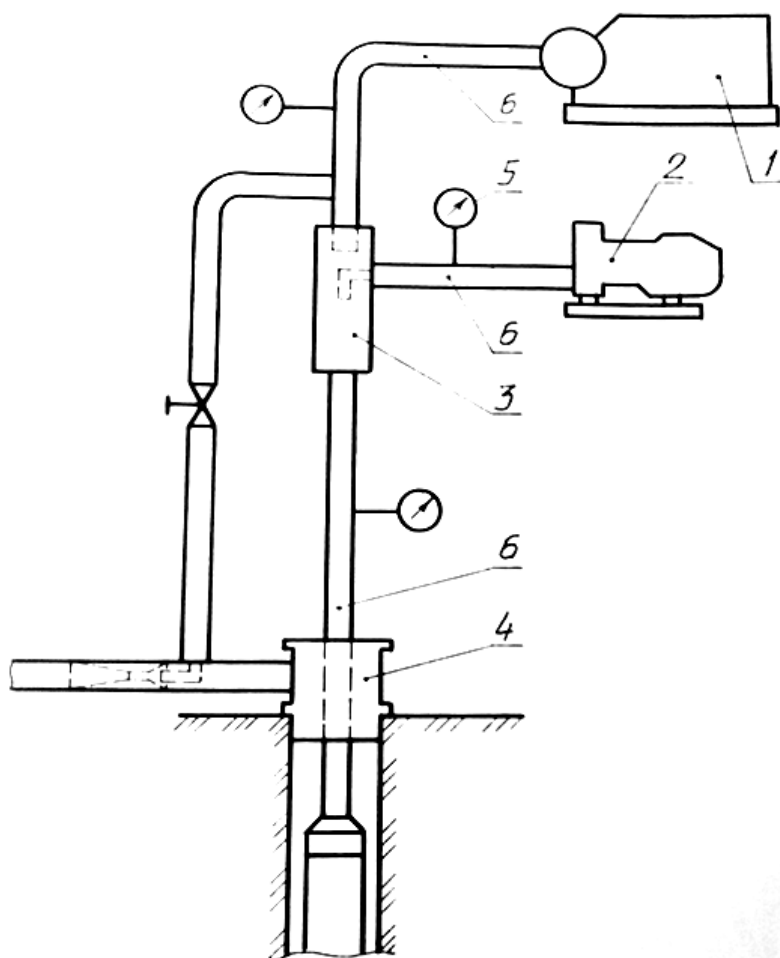


Рис. 1.1 Схема подачи пены через смеситель

1 – компрессор; 2 – дозировочный насос; 3 – смеситель; 4 – герметизатор устья скважины; 5 – датчик давления; 6 – нагнетательные трубопроводы.

Аэрированные жидкости представляют собой дисперсные многофазные системы, в которых жидкость является дисперсионной средой, а воздух (газ) – дисперсной фазой. Пузырьки и пачки газа не связаны между собой. Туманы – многофазные дисперсные системы, в которых капельки жидкости (водного раствора поверхностно-активных веществ) радиусом 3-10 мкм являются дисперсной фазой, а воздух – дисперсионной средой. Туман по своим структурно-механическим свойствам приближается к газам, так как в агрегатном состоянии его частицы весьма связаны силами притяжения и движутся почти свободно и равномерно, заполняя весь представленный объем.

Пены – ячеистопеночные многофазные дисперсные системы образованные множеством пузырьков газа, разделенных тонкими пленками жидкости. Пузырьки газа могут иметь форму многоугольников. Непрерывной дисперсионной средой в пене служит жидкость, а дисперсионной фазой – воздух (газ). Основную часть объема пены до 99 % составляет газообразная фаза.

Для определения состояния фаз в ГЖС используется показатель степени аэрации жидкости A , представляющий собой отношение объемных расходов

газа Q_g и жидкости $Q_{жс}$ при атмосферном давлении, т.е. $A = Q_g / Q_{жс}$. При $A = 60$ дисперсная система газ-жидкость представляет собой аэрированную жидкость, а при $A = 60-300$ – пену [4].

Приняты две схемы осуществления процесса очистки забоя скважин ГЖС: прямая схема смесителем и схема с использованием дожимных камер. Прямая схема подачи пены (рис. 1.1) применяется при забурировании скважин и бурении пневмоударниками, шарошечными долотами и коронками до глубины 150 м, без значительных водопритоков в скважину. Применение пневмоударников требует использования компрессоров производительностью 7-10 м³/мин., что обуславливает высокую степень аэрации (более 300 единиц).

При твердосплавной и алмазном бурении используются компрессоры производительностью 0,7-1,5 м³/мин, степень аэрации пен при этом колеблется от 60 до 200.

Подача пены с использованием камер дожатия (рис.1.2) используется, как правило, при бурении скважин глубиной более 150 м и в случаях, когда противодействие в скважине превышает рабочее давление компрессора.

Камеры дожатия смонтированы на серийных насосах (НБ-3, НБ-4, НВ-32) и позволяют перекачивать ГЖС с высокими значениями давления на выходе. Использование камер дожатия с компрессорами низкого давления дает возможность получать пену с заданной степенью аэрации, путем поддержания расчетного давления воздуха в полостях дожимного устройства. Из уравнения

$$Q_g = \frac{P_K(Q_H - Q_P)}{K}$$

определяем

$$P_K = \frac{Q_g}{Q_H - Q_P} \cdot K$$

где Q_g – необходимое количество воздуха;

Q_H – теоретическая производительность насоса;

P_K – давление воздуха в дожимной камере, создаваемое компрессором;

Q_P – расход раствора, ПАВ;

K – коэффициент, учитывавший температурную разницу.

Давление воздуха в дожимной камере, создаваемое компрессором поддерживается путем сбрасывания лишнего количества воздуха через эжекторное устройство отсоса шлама.

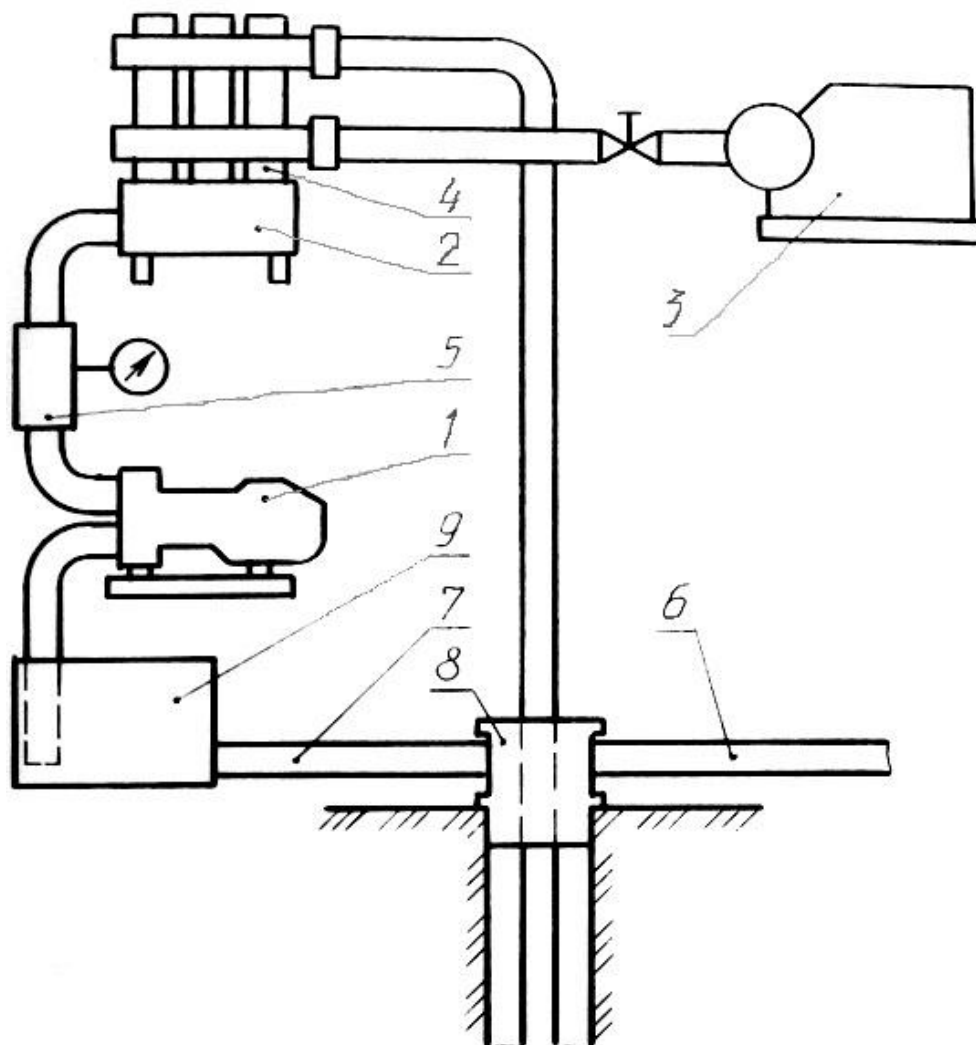


Рис. 1.2 Схема подачи пены через дожимное устройство
1 – дозировочный насос; 2 – дожимной насос; 3 – компрессор; 4 – камера дожатия; 5 – компенсатор с манометром; 6 – линия сброса; 7 – отводная линия; 8 – герметизатор устья скважины; 9 – зумпф.

Рецептура и характеристики пенообразующих растворов для бурения с прямой подачей и использованием камер дожатия отличаются незначительно. При бурении с прямой подачей ГЖС наблюдаются более высокие коэффициенты аэрации и составляют 150-500 единиц, отмечается переход ГЖС из состояния пены в состояние тумана. При подаче пены с использованием камер дожатия степень аэрации находится в пределах 50-200 единиц.

Рецептуры пенообразующих растворов составляются в зависимости от геологических условий.

При бурении в устойчивых горных породах применяется водный раствор сульфонола с концентрацией 0,2-0,5 % по активному веществу. Расход раствора 2-6 л/мин, при бурении коронками степень аэрации 100-250 единиц, при бурении пневмоударником 200-500 единиц. Бурение в неустойчивых породах, склонных к обвалам и повышенному шламообразованию, производится с

водным раствором сульфонола 0,2-0,5% с добавками глины 5-6%, жидкого стекла 1%, КМЦ-500 – 0,1%.

При бурении скважин с водопритоками хорошо зарекомендовала себя смесь раствора сульфонола (1-1,5%) и неионогенных ПАВ (ОП-7, ОП-10) с концентрацией по активному веществу соответствующей снижению поверхностного натяжения воды до 35-40 дин/с.

Опытом использования пенной промывки скважин рядом экспедиций ПГО "Якутскгеология" (Россия) доказана целесообразность применения технологии бурения с очисткой забоя ГЖС в следующих условиях:

- при бурении пневмоударным и вращательным способами, когда очистка забоя сжатым воздухом затруднена водопроявлениями в скважине;
- при бурении по слабосцементированным, трещиноватым породам;
- при проходке зон поглощения;
- при вскрытии водоносных горизонтов с низким пластовым давлением;
- при проведении буровых работ в труднодоступных местностях для водоснабжения.

Исходя из опыта применения ГЖС пневмоударного бурения, можно предположить, что ударно-вращательное бурение с применением забойных пневмоударников в сочетании с очисткой забоя газо-жидкостными смесями, может стать одной из основных составляющих комплекса технических и технологических средств для разработки прогрессивной технологии бурения на россыпных месторождениях.

ГЛАВА 2**ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИЯ
БУРЕНИЯ СКВАЖИН С НЕПРЕРЫВНЫМ
ВЫНОСОМ КЕРНО-ШЛАМОВОГО МАТЕРИАЛА****2.1 Буровые комплексы с гидротранспортом керна серии КГК.**

Способ бурения геологоразведочных скважин с непрерывным выносом породы на поверхность потоком очистного агента включает в себя несколько названий и разновидностей метода: бурение с обратной циркуляцией, с пневмотранспортом (гидротранспортом) керна, с двойной колонной бурильных труб и непрерывным отбором проб.

Характерным для способа бурения с непрерывным выносом горной породы на поверхность, является наличие двойных бурильных труб и межтрубного кольцевого потока, по которому нагнетается очистной агент, который подводится к породоразрушающему инструменту и затем вместе с частицами разрушенной породы возвращается по центральному каналу труб.

Накоплен положительный опыт эксплуатации высокопроизводительных буровых комплексов с гидротранспортом керна КГК-100 и КГК-300, предназначенных для бурения скважин соответственно до 100 м и 300 м по породам II – IV категории по буримости.

В состав комплексов, разработанных СКБ ВПО "Союзгеотехника" (Россия) на базе буровой установки с подвижным вращателем УРБ-2А-2, входит: специализированная буровая установка, комплект бурового инструмента с двойными стальными или легкосплавными бурильными трубами, твердосплавные коронки, специализированный прицеп, емкость со стеллажами для перевозки бурильных труб и керноприемное устройство с перфорированными или сетчатыми лотками для сбора керно-шламового материала. Основной объем бурения выполняется комплексами КГК-100, предназначенными для бурения скважин до 100 м и твердосплавными коронками диаметром 84 и 93 мм. С 1986 г. для бурения скважин глубиной до 300 м используется комплекс КГК-300. Комплексы КГК-100 и КГК-300 унифицированы между собой и отличаются комплектами бурового инструмента. В последнее время находят применение комплексы КГК-Т, предназначенные для работы в труднодоступных районах. Они характеризуются высокой проходимостью, повышенной мощностью, могут работать на дизельном топливе.

Таблица 2.1

Основные технические характеристики комплексов для бурения скважин с гидравлической транспортировкой керна.

Параметры	КГК-100	КГК-300	КГК-Т	КГК-В
Глубина бурения, м	100	300	300	300
Диаметры бурения, мм: начальный / конечный	93/84	93/84	93/84	93/84
Номинальный диаметр керна, мм	36	36	36	36
Мощность приводного двигателя, кВт	95,5	95,5	84,5	110,3
Отбираемая мощность для привода буровой установки, кВт	40	40	85	100
Вид топлива	Бензин	Бензин	Дизельное топливо	Дизельное топливо
Удельный расход топлива, л/м	1,5	1,5	1,11	1,15
Диаметр двойных бурильных труб, мм	73	75	73/75	73/75
Максимальная длина бурильных и обсадных труб, м	4,0	4,0	4,0	4,0
Максимальная частота вращения бурового снаряда, с ⁻¹	5,42	5,42	5,42	5,42
Максимальный крутящий момент, Н·м	1960	1960	1960	1960
Грузоподъемность мачты, т	6,0	6,0	6,0	6,0
Максимальная подача насоса, дм ³ /мин	320	320	320	320
Максимальное давление, развиваемое насосом, МПа	6,3	6,3	6,3	10,0
Габаритные размеры в транспортном положении, м	15,4×2,45 ×3,47	15,4×2,45 ×3,47	14,2×2,52 ×3,45	13,4×2,50 ×3,45
Полная масса комплекса, т	16,5	17,4	20,0	23,0

Разработан также комплекс КГК-В, буровой блок которого смонтирован на передвижном прицепе и транспортируется трактором Т-150К, имеющим генератор мощностью 30 кВт, предназначенный для передачи энергии в буровой блок. Отбор мощности на привод буровой установки от транспортного двигателя трактора производится через карданный вал. В жестком кузове бурового блока размещена маслостанция, мачта с подвижным вращателем, гидроприводной насос, емкость с керноприемным устройством, стеллаж с трубами и манипулятором для механизации спуско-подъемных операций, рабочие места для обслуживающего персонала и геолога. Комплексы КГК-Т и КГК-В обеспечивают бурение скважин глубиной до 300 м.

Разработка и применение оптимальной организации бурового процесса позволили достичь в отдельных подразделениях производительности бурения 120 тыс. м в год на один комплекс КГК-100, что в пять-десять раз выше, чем у других типов буровых установок [13].

Область применения этого способа бурения постоянно расширяется. В настоящее время он применяется на глубинном геологическом картировании, поисково-съемочных работах, для бурения гидрогеологических скважин, при разведке месторождений ряда полезных ископаемых.

В работе ВПО "Союзгеотехника" [14] подробно изложены преимущества и перспективы применения комплексов КГК для буровых работ различного назначения.

2.2 Технические средства для бурения с непрерывным выносом керно-шламового материала.

Для решения геологических задач, требующих разведочного бурения скважин по породам средних и твердых категорий крепости, а также бурения скважин большого диаметра, в различных организациях России, Украины и других стран ведутся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по совершенствованию технических средств и расширению областей применения нового способа бурения с непрерывным выносом керна и шлама [15,16].

Так в объединении "Севвостгеология" совместно с СКБ ВПО "Союзгеотехника" (Россия) были проведены опытные работы с буровым комплексом, предназначенным для бурения скважин с обратной продувкой, созданным на базе бурового станка БТС-150. В состав комплекса входит обогатительная установка «Проба-2М», бурение скважин осуществляется с использованием кольцевых пневмоударников [16].

Таблица 2.2

Техническая характеристика установок для бурения с обратной циркуляцией
очистного агента

Показатели	Тип установки					
	АР-1000	Н-520	440	Н-200	ДД-2	ДД-3
Глубина бурения (м) при использовании двойных бурильных труб диаметром:						
139,7 мм	90	-	-	25	25	50
228,6 мм	-	-	131	-	-	-
274,6 мм	-	75	82	-	-	-
325,0 мм	-	15	65,5	-	-	-
<u>Дизель-молот:</u>						
энергия удара, Дж	11000	2490	41500	-	-	-
частота удара, Гц	1,6	1,4	-	-	-	-
Мощность приводного двигателя, кВт	8	8	13	8	11	13
Высота мачты, м	4	5,2	5,5	5,2	4,8	4,8
<u>Компрессор:</u>						
подача, м ³ /мин	24,5	45,3	25,2	21,2	22,3	27,2
давление, мПа	2,4	0,7	2,4	1,75	2,2	2,1
<u>Механизм подачи:</u>						
грузоподъемное усилие, кН	9,9	19,9	-	1,0	3,4	3,9
усилие подачи, кН						
вверх	90,6	90	90,6	20	-	-
вниз	108,72	-	108,72	15	-	-
ход подачи, м	-	-	4,27	2,25	1,4	1,4
<u>Вращатель:</u>						
крутящий момент, даН·м	594	-	594	500	480	480
частота вращения, об/мин	0-90	-	0-90	2,4	0-120	120

Тулским отделением ЦНИГРИ совместно с объединениями "Уралгеология", "Читагеология", машиностроительным заводом им. Воров-

ского, Ташкентским заводом "Геологоразведка" проводилась разработка специализированной буровой установки пневмоударного бурения с обратной к прямой продувкой (промывкой) УРБ – 4ПБ [15].

В объединении "Центргеология" (Россия) проводятся экспериментальные работы по бурению гидрогеологических скважин с обратной продувкой или промывкой.

Однако до настоящего времени не созданы технические средства и не разработана технология ударно-вращательного бурения для разведки россыпных месторождений, т.к. нет технологии бурения скважин по валунно-галечным отложениям крепких пород.

Основные направления научно-технического прогресса в отрасли в последние годы непосредственно связаны с широким внедрением способа бурения с непрерывным выносом кернового материала.

В мировой практике все более широкое применение находит способ бурения с обратной циркуляцией очистного агента по двойной колонне труб, при котором геологическая информация получается в результате изучения осколочно-дробленых фракций разрушенной долотом породы. Такой метод позволяет осуществлять непрерывный отбор проб в процессе бурения, повысить скорость бурения скважин и снизить (примерно на 75%) стоимость буровых работ [17].

Основные параметры оборудования для бурения скважин с обратной циркуляцией очистного агента приведены в табл. 2.2. Особый интерес вызывает применение смеси воды и воздуха в качестве несущей среды для транспортировки породы от забоя скважины [18, 19]. В зависимости от диаметра применяемых труб расход воздуха изменяется в пределах 9-20 м³/мин, а воды – 3-6 л/мин. При необходимости насос может быть использован для инжектирования пены или поверхностно-активных веществ (ПАВ). В тех случаях, когда используются забойные пневмоударники, в систему подключается линейный масло-нагнетатель, который впрыскивает в трубопровод пары масла для смазки трущихся деталей пневмоударника. Очистной агент через трубопровод нагнетается в промывочный сальник, который обеспечивает движение потока в зазор между стенками вращающихся двойных труб. В нижней части колонны очистной агент поступает в специальный переходник, который сконструирован так, чтобы обеспечить циркуляцию небольшой части очистного агента вокруг режущих элементов породоразрушающего инструмента и поступление основного объема в нейтральный канал двойных бурильных труб. Выбуренная порода транспортируется через центральный канал промывочного сальника, затем вращателя и верхней головки и по трубопроводу направляется в циклон. Скорость движения образцов породы в центральном канале бурильных труб достигает 25-40 м/с, при этом наблюдается наименьшее перемешивание образцов, и они поступают на поверхность в той последовательности, в которой пройдены породоразрушающим инструментом.

Состав оборудования для ударно-забивного метода бурения с использованием двойной колонны труб аналогичен. При этом вместо вращателя, промывочного сальника и верхней головки устанавливается опорная головка, над которой монтируется дизель-молот, наносящий удары по опорной головке забивающий двойную колонну труб. Порода, поступающая внутрь двойной колонны, транспортируется на поверхность потоком очистного агента со скоростью до 25 м/с. Бурение по этой технологии впервые начато на Аляске в начале 60-х годов при сооружении опор для газопроводов. Впоследствии была установлена высокая представительность разрушенной породы, выносимой на поверхность, и этот метод стал применяться для разведки месторождений, залегающих в многолетнемерзлых породах. Наиболее высокие скорости бурения были получены при проходке галечниковых отложений: в среднем 15 м/ч глубиной до 90 м, а в отдельных случаях – 63,5 м/ч, что значительно превышает показатели при других способах бурения. По мере расширения объемов бурения с применением данного способа был спроектирован ряд специализированных буровых установок, оснащенных дизель-молотами с энергией от 110 до 450 Дж и позволявших производить бурение скважин глубиной до 165 м, диаметром от 140 до 605 мм [19-21].

Основные параметры оборудования для бурения ударно-забивным и вращательным способами выбирается в зависимости от назначения скважин и типоразмера применяемых двойных бурильных труб.

Технологическая схема очистки забоя от выбуренной породы в основном предусматривает поступление очистного агента (сжатого воздуха, аэрированного раствора или промывочной жидкости) непосредственно на забой. Имеются две разновидности циркуляции очистного агента в призабойной зоне. Первая обеспечивает поступление очистного агента из межтрубного зазора двойной колонны труб через центральное отверстие породоразрушающего инструмента на забой и вынос разбуренной породы через наклонные каналы в специальном переходнике, соединяющие затрубный зазор в призабойной зоне с центральным каналом двойной концентричной колонны. Вторая предусматривает выход очистного агента из межтрубного зазора двойной колонны труб через отверстие в специальной компоновке в призабойную зону и удаление разбуренной породы через центральное отверстие в долоте и дальше в центральный канал [21].

Однако аналогичное оборудование в нашей стране не выпускается, кроме того оно требует доработки для применения в различных горно-геологических условиях.

Как показал приведенный анализ, бурение с непрерывным выносом кернового материала является одной из перспективных технологий при проведении геологоразведочных работ, в связи с этим очевидна необходимость разработки технических средств для бурения скважин с обратной циркуляцией очистного агента на россыпных месторождениях.

При этом наиболее перспективным направлением в разработке технологии бурения по валунно-галечным отложениям является ударно-вращательный способ бурения с применением забойных пневмоударных машин в сочетании с обратной циркуляцией газожидкостных систем.

ГЛАВА 3

ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОЖИДКОСТНЫХ СИСТЕМ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН С ОБРАТНОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ОЧИСТНОГО АГЕНТА

3.1 Особенности применения газожидкостных систем при бурении скважин по валунно-галечным отложениям.

Ряд специфических достоинств газожидкостных систем (десолобилизация, флотация и др.) обуславливают их применение в качестве основного очистного агента для бурения скважин с транспортировкой разрушенной породы по центральному каналу двойных бурильных труб в условиях россыпных месторождений.

Решающими факторами в выборе данного очистного агента являются:

➤ наличие в составе пены или тумана поверхностно-активных веществ, препятствующих агрегатированию твердых частиц и налипанию их на шламоотводные каналы бурового инструмента, а также позволяющих снизить твердость пород (эффект Ребиндера);

➤ высокая выносная способность газожидкостных систем, возможность придания свойств ньютоновской и пластической жидкости (при $KП = 0-0,54$ – свойства ньютоновской жидкости, а при $KП = 0,54-0,96$ – свойства пластической жидкости Бингама) [9];

➤ резкое сокращение потребления воды, ликвидация осложнений в слабообводненных и мерзлых породах.

Нами замечено, что по способу получения и условиям применения, газожидкостные смеси можно разделять на два типа: сбалансированные с постоянным соотношением воздуха и раствора поверхностно-активных веществ и пластовые, с изменяющимся количеством жидкой фазы в зависимости от водообильности разреза и характеристики скважинного насоса (динамоэрлифта).

Сбалансированные газожидкостные смеси предназначены для бурения скважин по малообводненным породам и многолетнемерзлым. Состав же постоянный и задается количеством сжатого воздуха и раствора поверхностно-активных веществ, подаваемых в скважину.

Пластовые газожидкостные смеси образуются при бурении обводненных пород. Состав их формируется путем подачи в скважину сжатого воздуха, концентрированного раствора поверхностно-активных веществ и поступающего в скважину пластового флюида. При бурении скважин с большими водопритоками количество флюида ограничивается производительностью скважинного насоса (динамоэрлифта).

Использование бинарных смесей, тройных композиций и сложных многокомпонентных поверхностно-активных материалов, обладающих свойствами, отличными от свойств индивидуальных поверхностно-активных веществ, входящих в их состав, дает возможность работать с газожидкостными смесями различной степени аэрации – туманы, пены, аэрированные жидкости [22-31].

Любая добавка (десолюбилизаторов) органического и неорганического вещества изменяет условия молекулярного взаимодействия ПАВ и свойства мицеллярных структур в растворе [32]. Это позволяет в процессе бурения полезно влиять на качество очистного агента.

Использование газожидкостных систем в качестве очистного агента позволяет получать обратную циркуляцию без применения устьевых герметизаторов, достаточно использовать специальные эжекторные снаряды.

Наличие раствора поверхностно-активных веществ в сжатом воздухе позволяет обеспечить разжижение разрушенной горной породы в корпусе породоразрушающего инструмента и на входе в диафрагму эжектора, что предупреждает ее уплотнение и закупорку каналов.

Проверка работоспособности существующих схем обвязки инструмента и оборудования для обратной продувки (промывки) показала, что при столь сложных горно-геологических условиях такой подход к обеспечению обратной циркуляции не надежен.

С целью получения устойчивой обратной продувки (промывки) и качественного опробования, необходимо применять несколько способов получения обратной циркуляции очистного агента в зависимости от физико-механических свойств горных пород. Как показали экспериментальные исследования, горные породы, по условиям пневмотранспорта можно разделить на три группы:

- сухие, рыхлые;
- влажные, пластичные;
- водообильные.

Для первой группы целесообразно применять переточную вакуумную продувку с использованием забойных эжекторных устройств или воздуходувок, для второй группы закрытую продувку в сочетании с перекрывающимся по наружному кольцу породоразрушающим инструментом и эжектором, для третьей группы эрлифтную промывку.

Переточная вакуумная продувка заключается в создании зоны пониженного давления внутри центрального канала бурильных труб на всей протяженности при использовании поверхностных вакуумных насосов или в создании зоны пониженного давления на породоразрушающем инструменте с помощью эжекторного устройства (рис. 3.1).

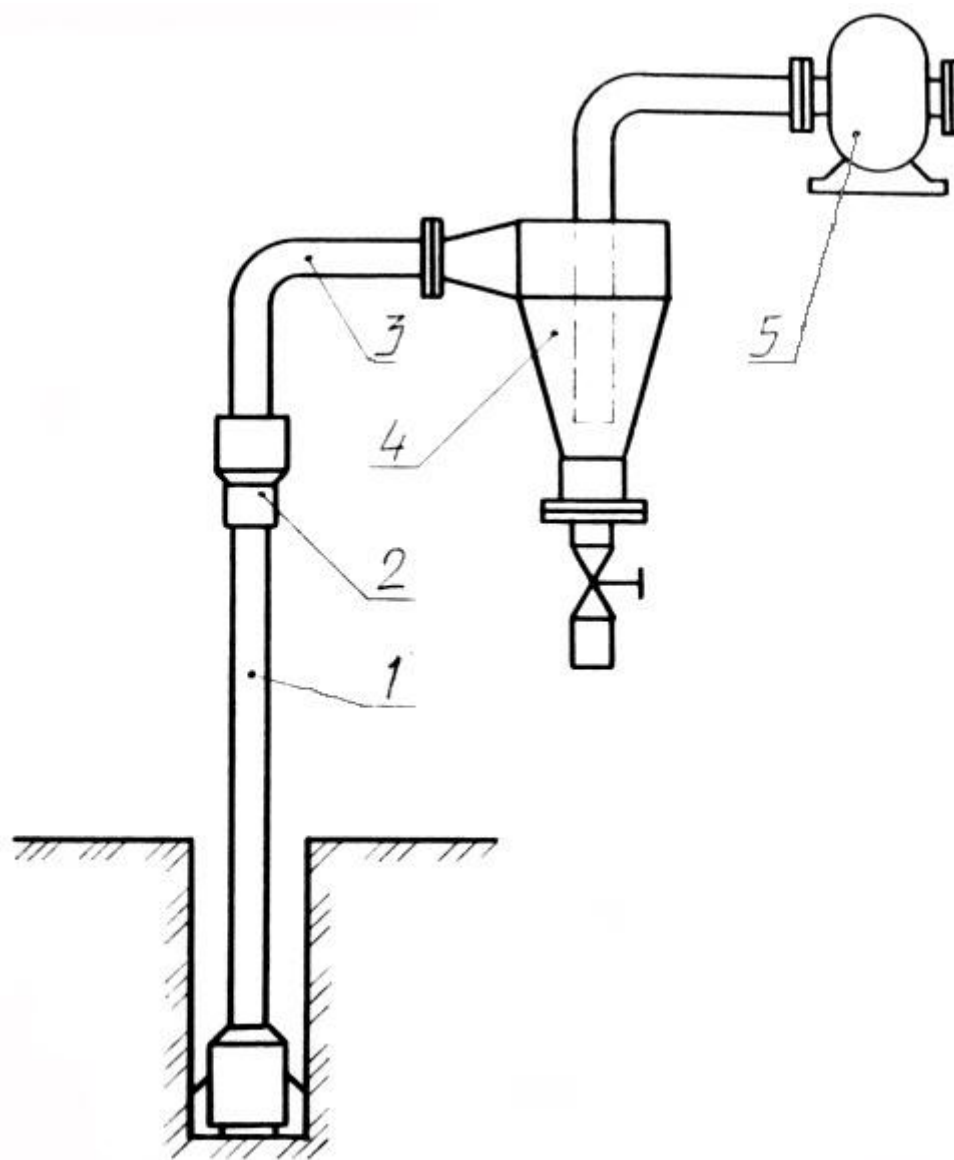


Рис. 3.1 Схема очистки забоя с использованием вакуумных насосов
1 – буровые штанги; 2 – сальник; 3 – вакуумные штанги; 4 – циклон;
5 – вакуумный насос.

Однако экспериментальными работами доказано, что при использовании только вакуума, происходит частая закупорка разрушенной горной породы в породоразрушающем инструменте вследствие ее налипания или уплотнения, что значительно усложняет выполнение буровых работ на россыпных месторождениях.

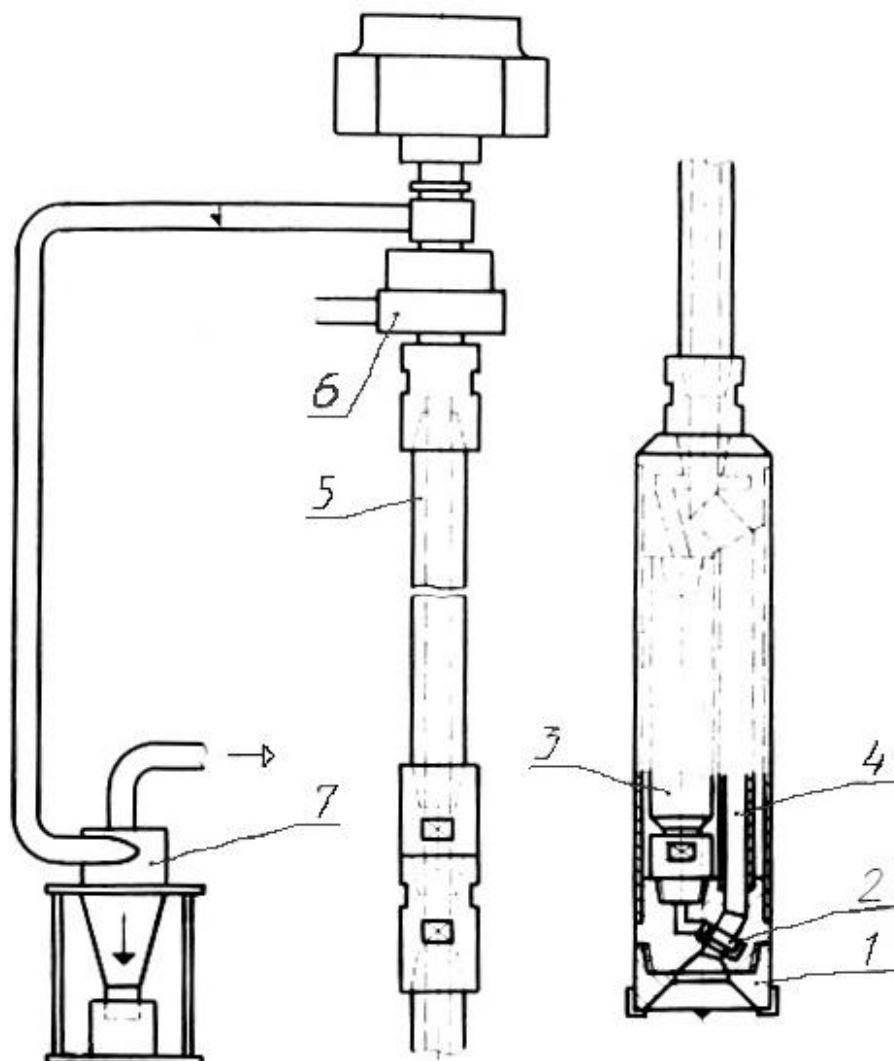


Рис. 3.2 Схема бурения с напорновакуумной продувкой
 1 – специальный породоразрушающий инструмент; 2 – эжекторное устройство; 3 – пневмоударник; 4 – шламовый канал; 5 – двойные бурильные трубы; 6 – двойной продувочный сальник; 7 – циклон.

Применение сочетания компрессора и вакуумных воздуходувок большей производительности дают хороший результат по очистке скважины от разрушенной горной породы, а использование сжатого воздуха позволяет удалять пробки путем реверсирования потока и применять забойные пневмоударники. Однако применение вакуумных воздуходувок требует тщательной очистки потока воздуха от шлама и затрудняет применение газожидкостных систем.

Для дальнейшей разработки нами выбран способ получения обратной продувки путем создания зоны пониженного давления над породоразрушающим инструментом с помощью эжекторных снарядов, что позволяет уменьшить энергоемкость на создание обратной продувки

(исключаются вакуумные воздухоподдувки), упрощает отбор проб и хорошо сочетается с применением газожидкостных систем в качестве очистного агента.

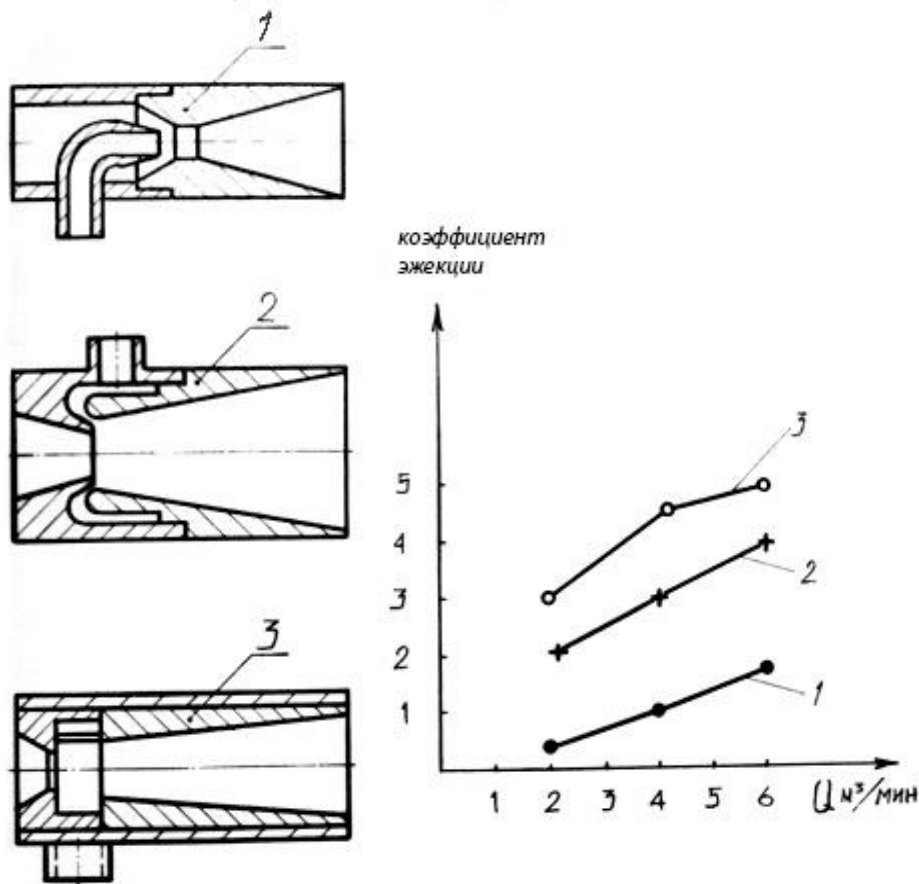


Рис 3.3 Типы эжекторов

1 – струйный эжектор; 2 – целевой эжектор; 3 – вихревой эжектор.

Закрытая напорная продувка отличается от переточной, отсутствием продувочных (промывочных) каналов по наружной поверхности породоразрушающего инструмента выше подводящих каналов (рис. 3.2). При этом обязательным условием является наличие в компоновке скважинного снаряда пневмоударника и эжектора, расположенного в корпусе породоразрушающего инструмента, в непосредственной близости от рабочих поверхностей, сконструированного так, что обеспечивается циркуляция небольшой части очистного агента под торцом породоразрушающего инструмента и поступление основного объема в центральный канал на вихревой эжектор с созданием разрежения над режущими элементами. Применение ударно-вращательного бурения позволяет эффективно производить углубку скважины при малых оборотах бурильного вала.

Эрлифтная промывка отвечает требованиям эффективной очистки скважины, качественному отбору проб, применению забойных пневмоударных машин при высоте уровня воды над пневмоударником до 20 м. Но возможность

ее применения ограничивается гидрогеологическими физико-механическими свойствами горных пород и минимальной глубиной скважины 10 м.

Важную роль в обеспечении обратной циркуляции выполняют эжекторные устройства. Рассматривая три типа эжекторов – струйные, кольцевые и вихревые (рис. 3.3), получаем наиболее высокий коэффициент полезного действия у вихревых эжекторов, обусловленный увеличением скорости рабочего потока, за счет тангенциальной составляющей потока и конфигурацией расширяющего канала (эффект Коонда).

Сочетание пневмоударника и вихревого эжектора позволяет использовать эффект забивания породоразрушающего инструмента в породу и "продавливание" разрушенной горной породы во внутрь корпуса породоразрушающего инструмента в вихревое сопло эжектора. При этом породоразрушающий инструмент выполняется в форме кольцевой коронки с внутренним конусом, в котором установлены армированные ребра, выполненные в виде многофазных винтовых поверхностей с правым направлением спирали, винта, предназначенные для разрушения горной породы и для транспортировки породы с периферии к центру, из забоя вверх к диафрагме эжекторного устройства.

Хорошие результаты получены при бурении по валунно-галечным отложениям с различным размером валунов и гальки породоразрушающим инструментом, выполненным в форме кольцевой коронки с вставленными в нее шарошками.

Технология ударно-вращательного бурения пневмоударниками с обратной циркуляцией очистного агента определяется энергией и частотой ударов, числом оборотов инструмента, осевой нагрузкой и интенсивностью удаления разрушенной горной породы.

Энергия и частота ударов в имеющихся пневмоударных машинах параметры взаимосвязанные и увеличиваются или уменьшаются одновременно, но несколько в различной степени. Поскольку уровень ударных нагрузок у погружных пневмоударников рассчитан на меньшие диаметры бурения, для породоразрушающего инструмента диаметром 300 мм он заведомо будет ниже критических величин. Если за основную цель брать скорости бурения, то энергию удара и частоту ударов необходимо поддерживать на максимально возможном уровне. Скорость бурения находится в прямой зависимости от давления воздуха, т.е. от энергии единичного удара и частоты ударов, что подтверждает необходимость эксплуатации пневмоударных машин на максимальных параметрах сжатого воздуха.

Наличие забойной машины-пневмоударника и эжектора предъявляет ряд требований, характерных для этого вида бурения, которые необходимы в дальнейшем при разработке методики для построения расчетных схем эжекторного снаряжения и процесса описывающего динамику пневмоударно-эжекторного бурения.

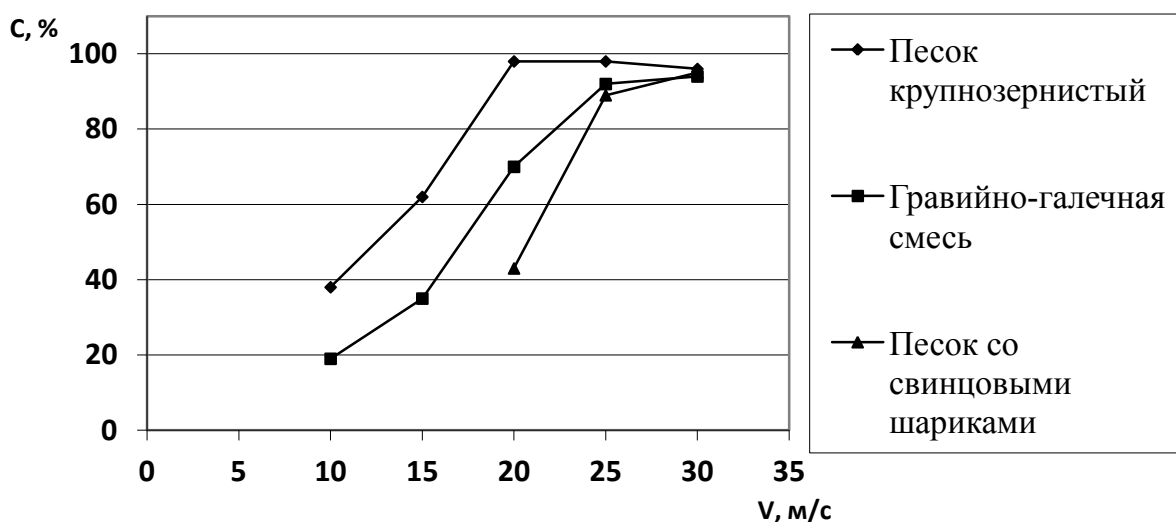


Рис. 3.4 Зависимость объемного выхода материала (C) от скорости восходящего потока (V)

Особенностью эжектора, работающего в комплексе с пневмоударником, является наличие двух отличающихся между собой режимов – рабочий режим и блокировочный режим. В первом случае при выхлопе пневмоударника создается давление воздуха до 0,25 МПа (при 0,3 МПа пневмоударник не заводится). Во втором случае при очистке скважины от шлама и воды на выхлопе устанавливается давление воздуха до 0,4 МПа. Второй отличительной чертой эжекторного снаряда при ударно-вращательном бурении с обратной циркуляцией очистного агента является необходимость подвода очистного агента к режущим элементам породоразрушающего инструмента и поступления основного объема в кольцевой канал вихревого эжектора.

Скорость восходящего потока сжатого воздуха в транспортном канале бурового снаряда по условиям качественного отбора проб, должна быть не менее 30 м/с [19].

Экспериментальными исследованиями (рис. 3.4) подтверждена минимальная скорость восходящего потока воздуха в транспортном канале бурового инструмента.

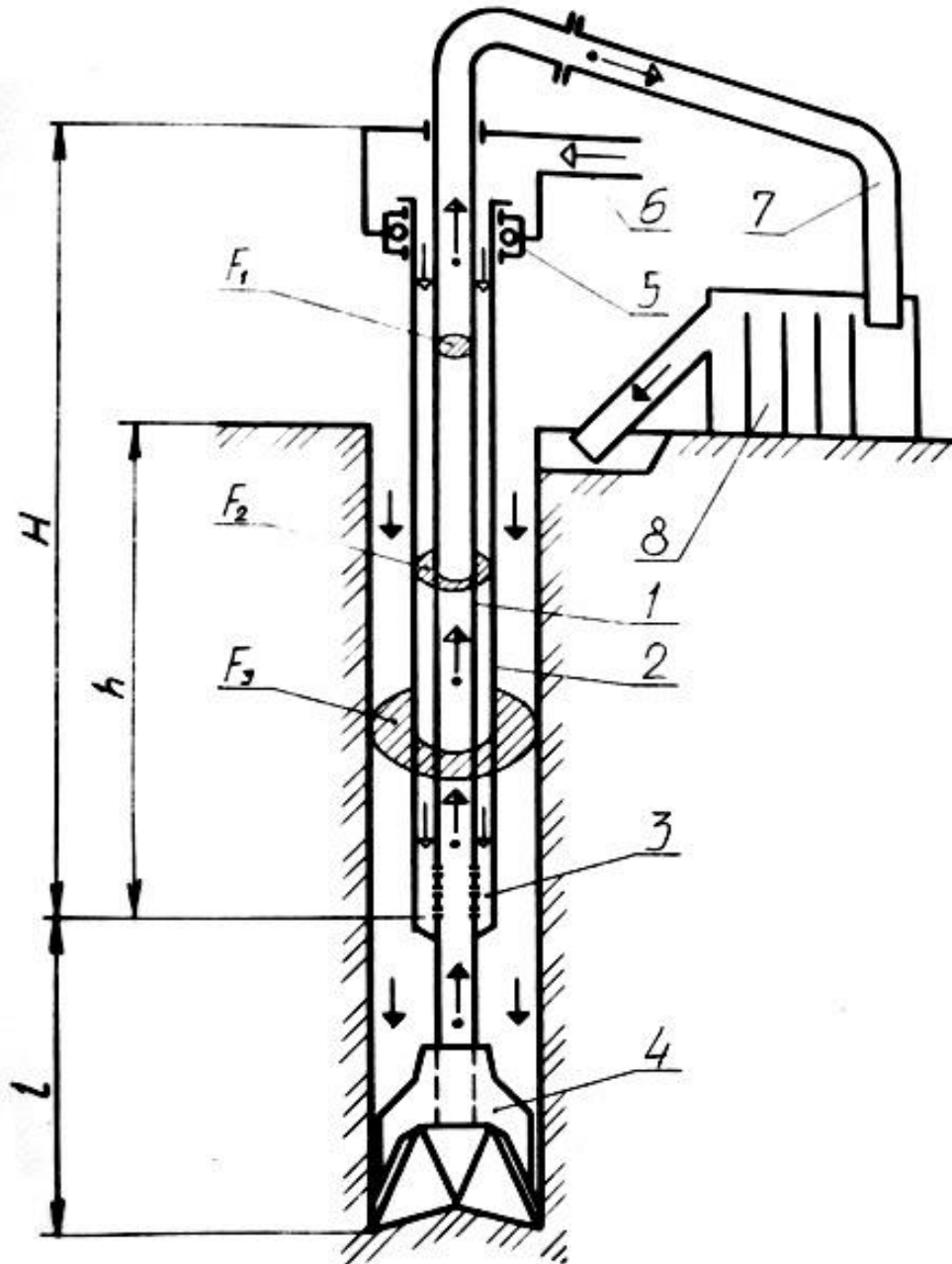


Рис. 3.5 Расчетная схема эрлифта

1 – внутренние трубы; 2 – наружные трубы; 3 – смеситель;
 4 – породоразрушающий инструмент; 5 – сальник-вертлюг;
 6 – воздушный рукав; 7 – отводящий рукав; 8 – шламоборник.

Параметры работы эрлифта рассчитываются для условий максимальной подачи. При работе в режиме с максимальной подачей, эрлифт обеспечивает наиболее устойчивую обратную промывку с наименьшим удельным расходом воздуха.

Расчет проводится на основе баланса напора в эрлифте при создании обратной промывки [33, 34, 35]. Расчетная схема эрлифтного насоса приведена на рис. 3.5.

При работе с пневмоударником происходит увеличение расхода воздуха до 7-10 м³/мин и более. Для определения производительности эрлифта для этих расходов можно воспользоваться графиком зависимости производительности от расхода воздуха (рис. 3.6) по которому, зная расход воздуха, можно определить производительность эрлифта [34].

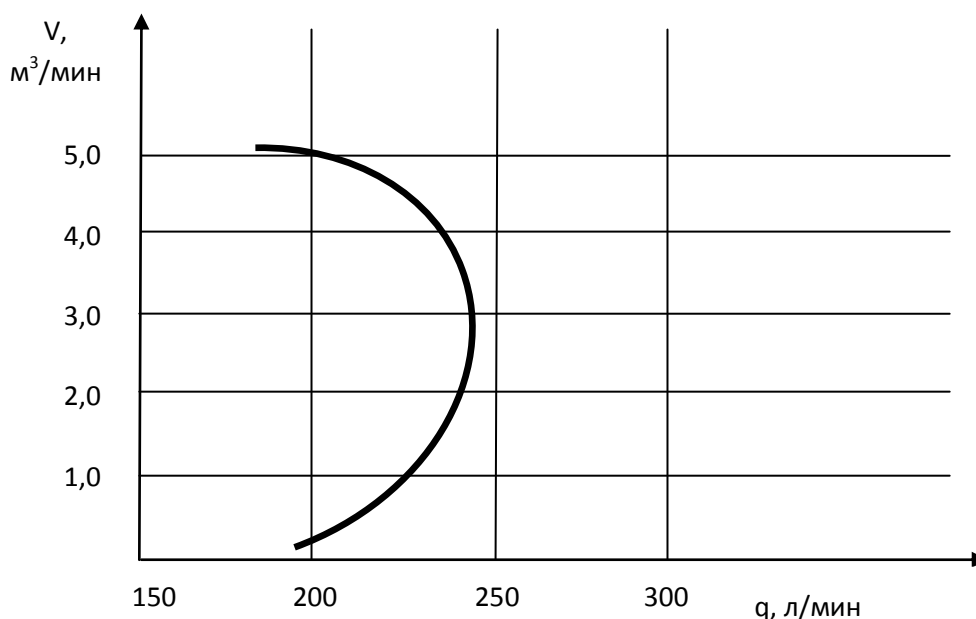


Рис. 3.6 Зависимость расхода воздуха (V) от производительности эрлифта (q)

Диапазон регулирования производительности эрлифта определяется исходя из следующих условий:

- минимальная производительность q определяется исходя из минимальной скорости восходящего потока жидкости ниже смесителя, необходимой для подъема частиц породы и площади сечения труб F по формуле: $q = V \cdot F$

где $V = 2,2$ м/с для транспортировки частиц диаметром 10-20 мм в воде.

- номинальная производительность q определяется исходя из скорости восходящего потока жидкости 2-4 м/с, с достаточной для выноса гальки и гравия [35].

Наряду с конструктивными элементами породоразрушающего инструмента, число оборотов снаряда влияет на реализацию подводимой ударной мощности за счет осуществления той или иной схемы поражения забоя.

Зона максимумов скорости соответствует оптимальному соотношению параметров машины и инструмента, при котором основные удары наносятся по

трапециевидным выступам, образованным подготовительными ударами с отставанием от их средней линии на величину 0,1-0,2 м. Коронки, имеющие поперечные периферийные лезвия длиной 11-15 мм изменяют характер зависимости скорости бурения от числа оборотов, при этом исчезает их периодичность.

Частота вращения инструмента применяется на основании существующих методик расчета и с учетом технических возможностей буровых агрегатов. В связи с техническими сложностями поддержания оптимального расстояния между ударами в породах включающих валуны и галечник частота вращения снаряда может быть выбрана исходя из максимального количества полных ударов за один поворот породоразрушающего инструмента. Для разработанной нами технологии оптимальное число оборотов снаряда составляет 12-25 об/мин.

В последние годы работами отечественных и зарубежных исследователей [1,14] доказано, что статические нагрузки играют весьма важную роль в процессе разрушения горных пород ударными нагрузками, объясняется это формированием упругих деформаций на поверхности породы вследствие большой осевой нагрузки на долото и крутящего момента. Однако некоторые авторы считают целесообразным снизить осевую нагрузку, чтобы избежать чрезмерного износа инструмента.

Таблица 3.1

Результаты отработки породоразрушающего инструмента

Осевая нагрузка, Н	1000	3000	5000	10000	12000	15000	20000
Механическая скорость, м/ч	4,2	5,6	5,1	5,5	5,8	6,1	6,0
Проходка на долото, м	17	20	18	21	8	6	6

Исследования, проведенные нами, свидетельствуют о необходимости решения вопроса исходя из параметров породоразрушающего инструмента и конкретных горно-геологических условий.

В таблице 3.1 приведены результаты отработки породоразрушающего инструмента диаметром 225 мм по валунно-галечным отложениям при изменении осевой нагрузки.

Бурение по валунно-галечным отложениям отличается от общепринятых схем разрушения горных пород при ударно-вращательном бурении. Основной составляющей дробления валунно-галечного и гравийно-галечного материала является удар. Осевая нагрузка при этом колеблется от 3000 до 10000 Н. Дальнейшее увеличение нагрузки приводит к жесткой угловой вибрации и разрушению твердого сплава.

3.2 Технические средства для бурения с обратной циркуляцией газожидкостных систем на россыпных месторождениях.

На эффективность бурения скважин с обратной циркуляцией газожидкостных систем на россыпных месторождениях оказывают существенное влияние технические средства (эжекторные устройства, забойные ударные машины, породоразрушающий инструмент) и их конструктивные особенности, компоновка элементов бурового снаряда.

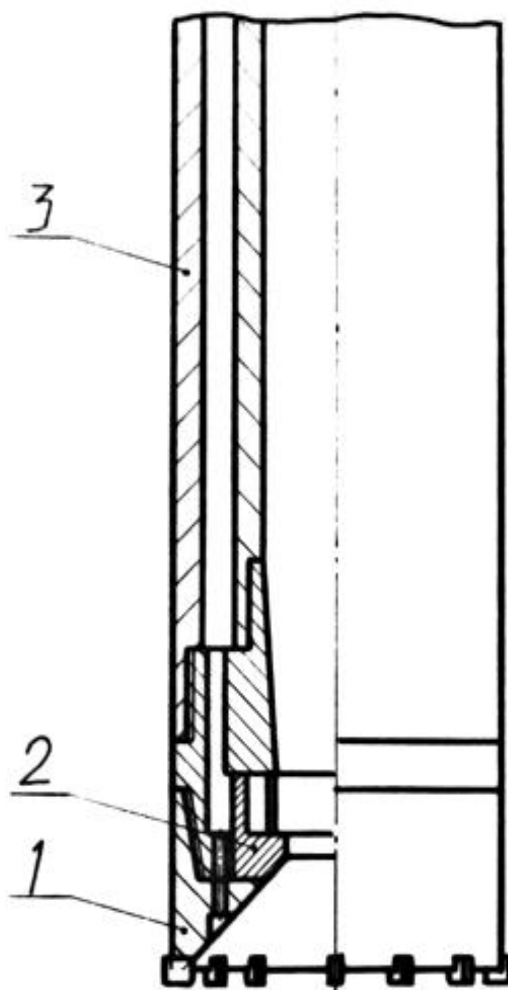


Рис. 3.7 Вращательный бур с закрытой системой циркуляции
1 – породоразрушающий инструмент; 2 – эжекторное устройство;
3 – двойные бурильные трубы.

Для определения основных закономерностей изменения механической скорости бурения и качества выхода керно-шламового материала от параметров режима бурения, были разработаны и изготовлены рабочие макеты вращательного бура с закрытой системой циркуляции (рис. 3.7), вращательного бура с открытым переходником (рис. 3.8), эрлифтного бура (рис. 3.9), ударно-вращательного бура с открытым переходником (рис. 3.10), ударно-вращательного бура с закрытой системой циркуляции (рис. 3.11).

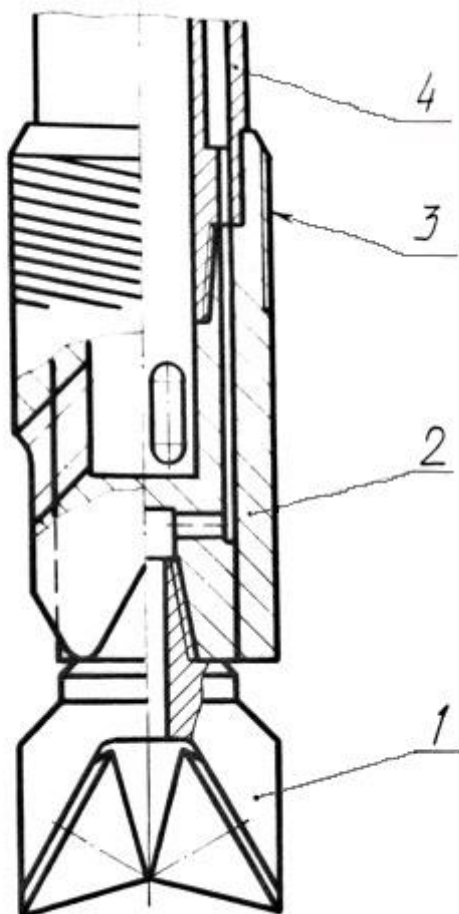


Рис. 3.8 Вращательный бур с открытым переходником
1 – породоразрушающий инструмент; 2 – открытый переходник;
3 – винтовое уплотнение; 4 – двойные бурильные трубы.

Вращательный бур с закрытой системой циркуляции (рис. 3.7) состоит из специального породоразрушающего инструмента, переходника с расположенными в нем обводными каналами и вихревым устройством с соплом, колонны двойных бурильных труб.

Вращательный бур с открытым переходником (рис. 3.8) состоит из серийно выпускаемого породоразрушающего инструмента 1 (шарошечные, лопастные долота), двойного переходника 2 с лабиринтным уплотнением 3, двойных бурильных труб 4.

Эрлифтный снаряд (рис. 3.9) состоит из породоразрушающего инструмента 1 с увеличенными промывочными каналами, одинарных бурильных труб 2, смесителя 3, двойных бурильных труб 4.

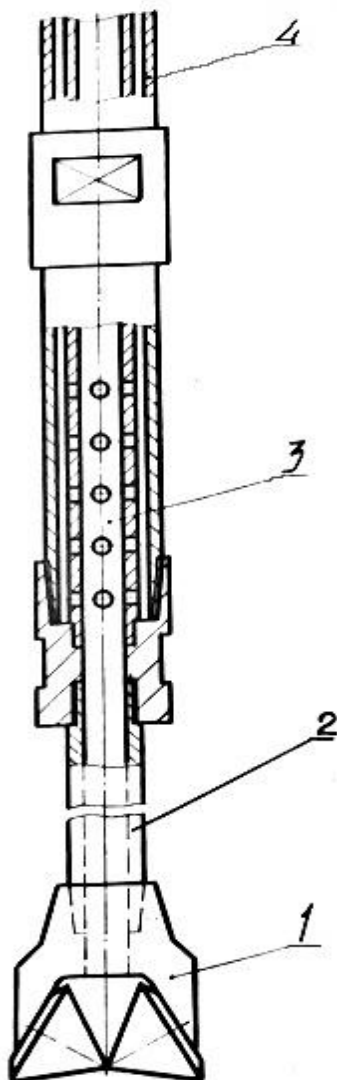


Рис. 3.9 Снаряд эрлифтный

1 – породоразрушающий инструмент; 2 – одинарные бурильные трубы;
3 – смеситель; 4 – двойные бурильные трубы.

Ударно-вращательный бур с открытым переходником (рис. 3.10) состоит из серийно выпускаемого породоразрушающего инструмента 1 (крестовое пневмоударное долото), пневмоударника 2, двойного переходника 3 с лабиринтным уплотнением, двойных бурильных труб 4.

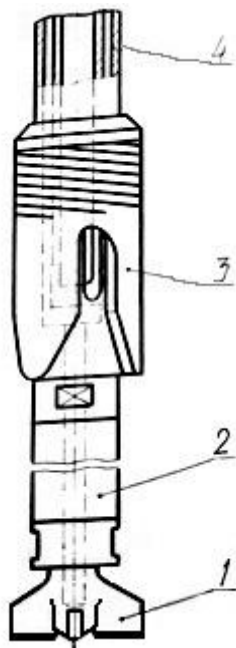


Рис. 3.10 Ударно-вращательный бур с открытым переходником
 1 – породоразрушающий инструмент; 2 – пневмоударник;
 3 – открытый переходник; 4 – двойные бурильные трубы.

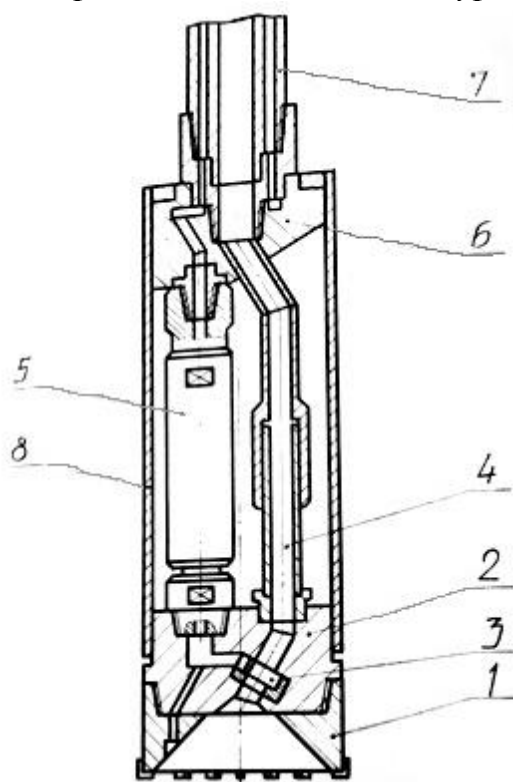


Рис. 3.11 Ударно-вращательный бур с закрытой системой циркуляции
 1 – породоразрушающий инструмент; 2 – нижний переходник; 3 – эжекторное устройство; 4 – шламовод; 5 – пневмоударник; 6 – верхний переходник;
 7 – двойная бурильная труба; 8 – кожух.

Ударно-вращательный бур с закрытой системой циркуляции (рис. 3.11) состоит из специального породоразрушающего инструмента 1 с продувочными каналами, нижнего переходника 2 с обводными каналами и вихревым эжектором 3 с соплом, шламовода 4, пневмоударной машины 5, верхнего переходника 6, двойных бурильных труб 7, корпуса 8.

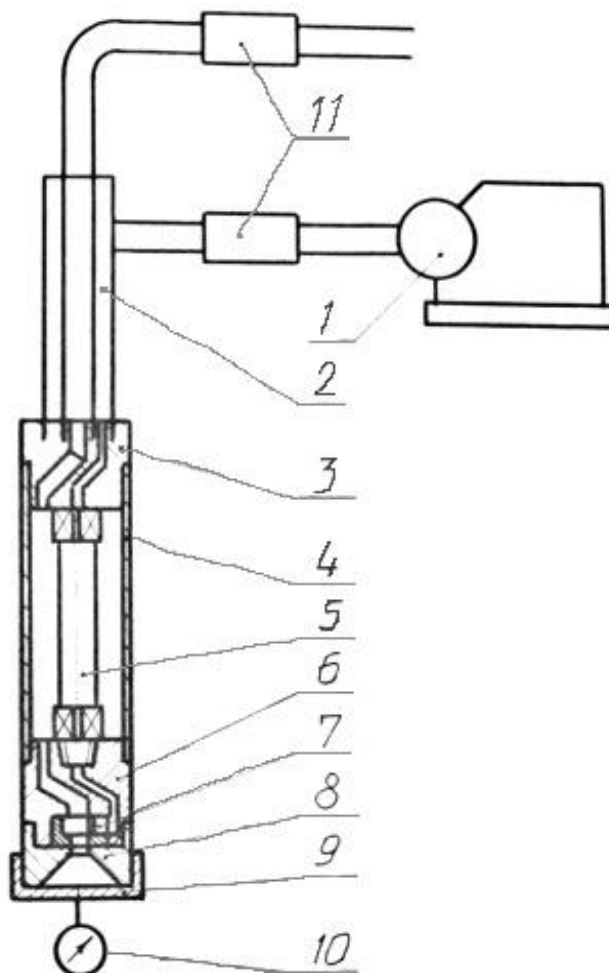


Рис. 3.12 Макет пневмоударного эжекторного снаряда

1 – компрессор; 2 – двойная труба; 3 – верхний переходник; 4 – корпус;
5 – пневмоударник; 6 – нижний переходник; 7 – эжекторное устройство;
8 – породоразрушающий инструмент; 9 – заглушка; 10 – моновакууметр;
11 – расходомер.

Исследования проводились на буровой установке УРБ-2А-2 с подвижным двойным вращателем в комплекте с компрессором НВ-10 с использованием манометров МТ-10, мерной линейки, мерных емкостей, циклонов, секундомера.

С целью разработки и исследования технических средств для бурения скважин с обратной циркуляцией очистного агента на россыпных месторождениях и обоснования их геометрических параметров смонтирован стенд для испытания эжекторных устройств (рис. 3.12), включающий в себя

компрессор 1, двойную трубу 2, верхний переходник 3, корпус 4, пневмоударник 5, нижний переходник 6, эжекторное устройство 7, породоразрушающий инструмент 8 со съемной заглушкой 9, мановакуумотр МТВ-1,5 10, расходомеры РПД-10 11.

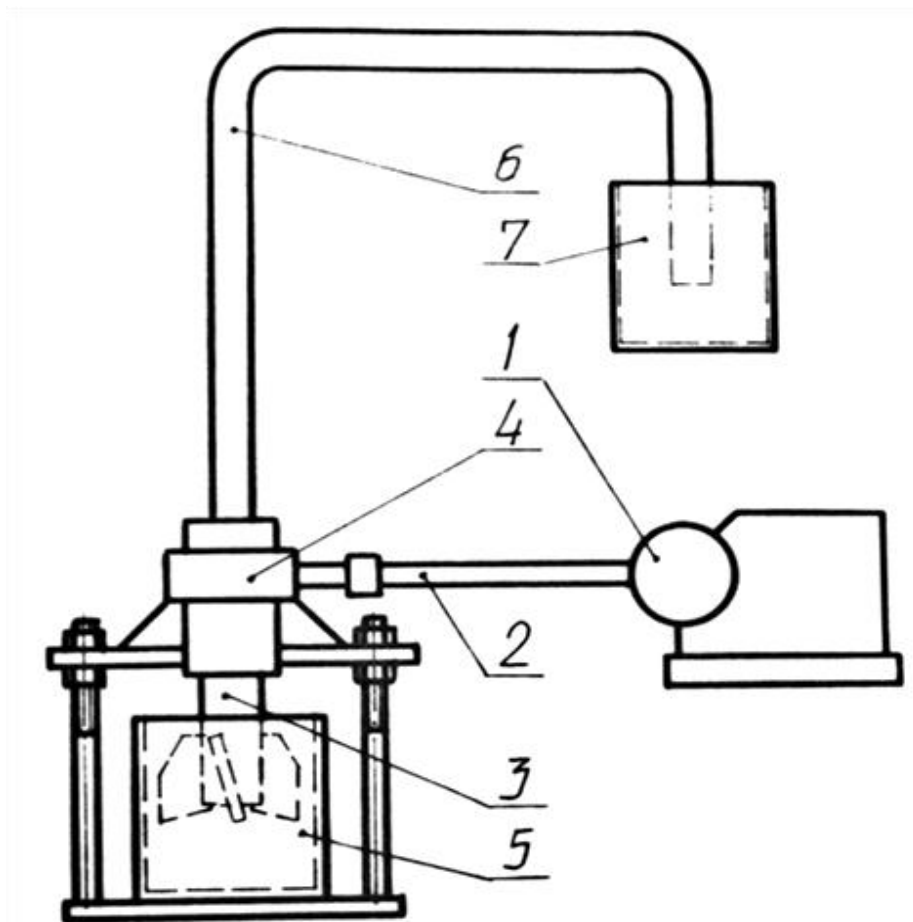


Рис. 3.13 Стенд для испытаний вихревого эжектора

1 – компрессор; 2 – подводящий рукав; 3 – долото; 4 – вихревой эжектор;
5 – мерный сосуд; 6 – отводящий рукав; 7 – емкость.

Для определения максимальной скорости бурения по условиям пневмотранспорта и подтверждение теоретических положений о величине необходимой скорости восходящего потока для полного выноса выбуренной породы разработан и изготовлен стенд для определения необходимой скорости восходящего потока (рис. 3.13), состоящий из компрессора ДК-9 1, подводящего рукава 2, долота 3, вихревого эжектора 4, мерного сосуда 5, отводящего рукава 6, емкости 7.

Методика проведения и результаты экспериментальных исследований с использованием разработанных стендов приведены ниже в главе 4.

3.3 Методика расчета и построения расчетной схемы очистки породоразрушающего инструмента.

В общем виде эжектор представляет собой устройство, в котором происходит смешение равнофазных потоков газа, жидкости, твердых частиц с различными параметрами и образование смешанного потока со своей аэро (гидро) динамической характеристикой (см. схему рис. 3.14).

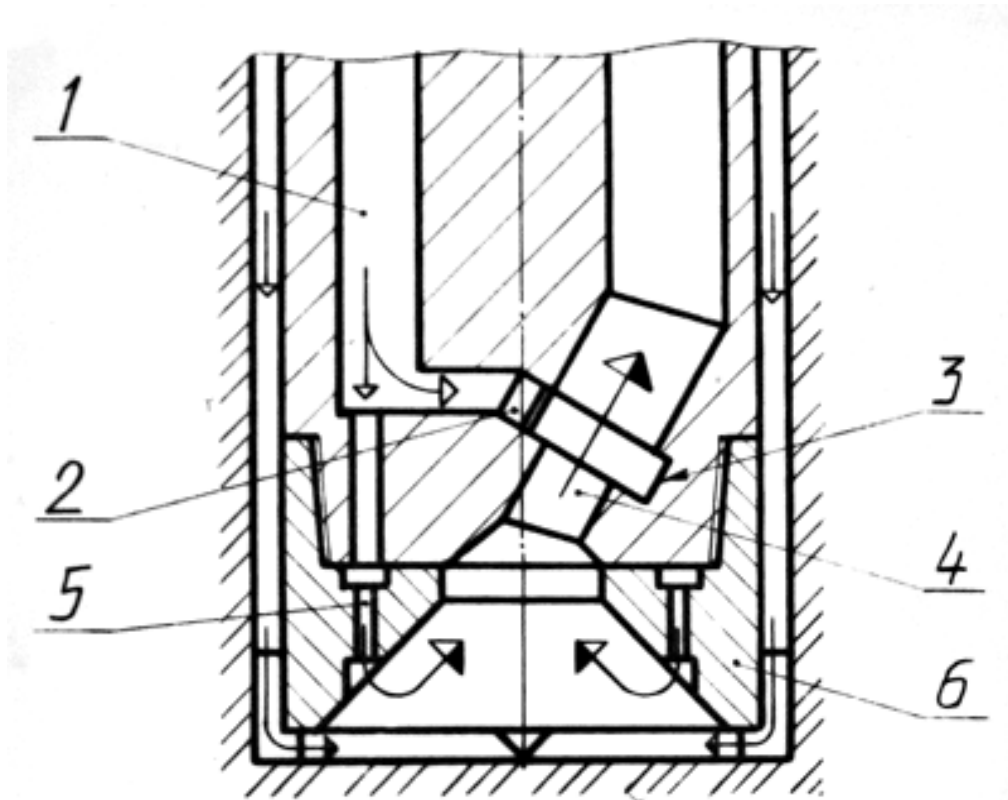


Рис. 3.14 Расчетная схема очистки забоя скважины

1 – питающий канал; 2 – сопло вихревого эжектора; 3 – трансцидентный канал; 4 - диафрагма вихревого устройства; 5 – обводной канал; 6 – корпус породоразрушающего инструмента.

Расчеты основаны на определении оптимальных геометрических параметров вихревого эжекторного устройства и обводного канала, с изменяющимся гидравлическим подпором последнего, в зависимости от пластичности и влажности горных пород.

В работах [36, 37] дан анализ и проведен расчет различных вихревых устройств. Для расчета вихревых трубок с трансцендентной боковой поверхностью канала справедливо выражение:

$$F_c = \frac{G\sqrt{T} \cdot 100}{0.4 \cdot P_c \cdot A_c} \quad (3.1)$$

где F_c – площадь сечения сопла на входе;

G – полный весовой расход воздуха;
 T – температура сжатого воздуха;
 P_c – абсолютное давление перед входом в сопло;
 A_c – коэффициент расхода сопла, = 0,94...0,97.
 Из выражения (3.1) определяем P_c :

$$P_c = \frac{G\sqrt{T} \cdot 100}{0.4 \cdot F_c \cdot A_c} \quad (3.2)$$

Давление перед входом в сопло и давление перед входом в обводной канал равны между собой, т.к. объединены одним питающим каналом. Однако состав очистного агента, поступающего в вихревое сопло, отличается от состава очистного агента, поступающего в обводной канал. Это обусловлено тем, что очистной агент состоит из сжатого воздуха 75-60 весовых процентов и раствора поверхностно-активного вещества 20-25 весовых процентов. В питающем канале вследствие воздействия центробежных сил на жидкую фазу, последняя отбрасывается к периферии, откуда поступает на сопло обводного канала, тогда как на сопло вихревой трубки поступает, в основном, сжатый воздух.

Как видим, состав очистного агента, подающийся на обводной канал может меняться в зависимости от гидравлических сопротивлений на участке: обводной канал, рабочие элементы породоразрушающего инструмента, диафрагма вихревого эжектора и состоять из газожидкостной смеси с различным водовоздушным отношением.

Давление на входе в обводной канал складывается:

$$P_k = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 \quad (3.3)$$

где ΔP_1 – потери давления в обводном канале проходящем в корпусе породоразрушающего инструмента;

ΔP_2 – потери давления на гидропневмотранспорт разрушенной горной породы от рабочих элементов породоразрушающего инструмента при выходе из сопла;

ΔP_3 – потери давления на гидропневмотранспорт разрушенной породы от рабочих элементов породоразрушающего инструмента до входа в диафрагму вихревого эжектора.

Потери давления в обводном канале, проходящем в корпусе породоразрушающего инструмента определяется путем решения уравнения Бернулли и не представляют сложного как в вычислениях так и в определении коэффициентов.

$$\Delta P_1 = \Delta P_1' + \Delta P_1'' \quad (3.4)$$

где $\Delta P_1'$ – сумма потерь энергии на местных сопротивлениях;

$\Delta P_1''$ – сумма потерь энергии на линейных участках.

Так как длина линейных участков незначительна, поэтому величиной $\Delta P_1''$ можно пренебречь, тогда

$$\Delta P_1 = \sum f \frac{V_{ГЖС}^2}{20} \rho_{ГЖС} \quad (3.5)$$

где Σf – суммарный коэффициент местных потерь;

$V_{ГЖС}$ – скорость газожидкостной смеси в обводном канале.

Большую сложность представляет определение потерь давления потока при омывании рабочих элементов породоразрушающего инструмента, т.к. на этом участке гидравлические потери в значительной степени зависят от физико-механических свойств горных пород, в первую очередь от пластичности и влажности.

Методика расчета параметров очистного агента с частицами выбуренной породы под торцом и в корпусе породоразрушающего инструмента базируется на работах А.М. Михитарена, В.П.Бермана, В.М. Лихтера и др. [37-44] с учетом изменяющихся условий течения очистного агента в процессе бурения.

Опытами установлено, что падение давления в горизонтальных трубопроводах, по которым движется аэросмесь, при прочих равных условиях, находится в линейной зависимости от падения давления при движении чистого воздуха и весовой концентрации частиц породы [44]. При этом статические потери составляют:

$$\Delta P_{\mu} = \frac{V_{\epsilon}^2 \cdot R \cdot T \cdot \lambda \cdot L_{np}}{F^2 \cdot g \cdot d \cdot 10^{10}} + P_{вх} - P_{вых} \quad (3.6)$$

где V_{ϵ} – объем перемещаемого воздуха, м³;

R – газовая постоянная, $R = 2,92$;

T – абсолютная температура окружающей среды;

$\lambda = \lambda_0 \cdot (1 + f \cdot M)$ – коэффициент сопротивления движению аэросмеси;

$L_{np} = L + L_{экв}$ – приведенная длина трубопровода, м;

F – поперечное сечение трубопровода, м²;

d – диаметр трубопровода, м;

$P_{вх}$ – давление в начале рабочего трубопровода, МПа;

$P_{вых}$ – давление на конце рабочего трубопровода, МПа.

Динамическое падение давления составит:

$$\Delta P_{дин} = \frac{V_{\epsilon}^2}{20} \cdot \rho_{\epsilon} \cdot (1 + \beta_0 \mu) \cdot 10^{-5} \quad (3.7)$$

β_0 – коэффициент, учитывающий скорость материала, которая меньше скорости воздуха, $\beta_0 = 0,25-0,7$;

V_{ϵ} – скорость воздуха;

ρ_{ϵ} – плотность воздуха;

μ – коэффициент, показывающий соотношение количества материала и воздуха, проходящего через данное сечение в единицу времени,

$$\mu = \frac{Q_m}{Q_{\epsilon}}, \frac{\text{кг материала}}{\text{кг воздуха}};$$

$$\mu = 5-20.$$

Если рассматривать движение смеси от внешнего диаметра коронки к диафрагме, как движение по очень малому (элементарному участку) трубопровода, то преобразуя уравнение (3.6), получим $L_{np} \rightarrow 0$

$$\text{тогда } \frac{V_e^2 \cdot R \cdot T \cdot \lambda \cdot L_{np}}{F^2 \cdot g \cdot d \cdot 10^{10}} \rightarrow 0;$$

$$\Delta P = P_{вх} - P_{вых},$$

$$P_{вых} = P_{всас}$$

$P_{всас}$ – давление на входе в диафрагму эжектора.

$$\Delta P_3 = \Delta P_{дин} + P_{вх} - P_{всас} \quad (3.8)$$

$$\Delta P_{вх} = P_{к} - \Delta P_1 - \Delta P_2 \quad (3.9)$$

Для глинистых пород с включением валунов и гальки, имеющих число пластичности ϕ от 10 до 70, справедливо следующее выражение:

$$\Delta P_2 = f \left(\frac{Q_{к}}{h_n \cdot l_n \cdot n} \right)^2 \cdot \frac{\rho_{ГЖС}}{20} \cdot 0.1 \cdot \phi \cdot 10^{-5} \quad (3.10)$$

где f – коэффициент местного сопротивления (табличный);

$Q_{к}$ – объем смеси выходящей с обводного канала в единицу времени;

h_n – расстояние от выхода обводного канала до забоя;

l_n – ширина канала (расстояние между пластинами с твердым сплавом);

$\rho_{ГЖС}$ – плотность газожидкостной смеси на выходе с обводного канала;

n – количество обводных каналов;

0.1ϕ – коэффициент местного сопротивления для породоразрушающего инструмента с цилиндрическим корпусом и керноломными пластинами, расположенными по хордам;

$$V_{ГЖС} = \frac{Q_{к}}{h_n \cdot l_n \cdot n} \geq 50 \text{ м/с}$$

При $V_{ГЖС} < 50$ м/с происходит закупорка обводного канала.

Для согласования работы вихревого эжектора и потока очистного агента по обводному каналу до диафрагмы эжекторного устройства необходимо выполнение условия $P_c = P_{к}$.

Подставив значения в уравнения (3.2), (3.3), получим

$$P_c = \frac{G \cdot \sqrt{T} \cdot 100}{0.4 \cdot A_c \cdot F_c}$$

$$P_{к} = \sum f \left(\frac{4 \cdot Q_{к}}{\pi \cdot D^2} \right)^2 \cdot \frac{\rho_{ГЖС}}{20} + f \left(\frac{Q_{к}}{h_n \cdot l_n \cdot n} \right)^2 \cdot \frac{\rho_{ГЖС}}{20} \cdot 0.1\phi + \frac{V_e^2 \cdot \rho_e}{20} \cdot (1 + \beta_0 \cdot \mu) + P_{всас} \quad (3.11)$$

Выражение (3.11) определяет потери давления при закрытой обратной циркуляции.

Для открытой обратной циркуляции без обводного канала в корпусе породоразрушающего инструмента $P_{к} = P$ транспорта, первый и второй член

.....

правой части уравнения (3.3) равны нулю. Выражение, описывающие потери давления при открытой обратной циркуляции примет вид:

$$\Delta P_{TP} = \frac{V_6^2 \cdot \rho_6}{20} \cdot (1 + \beta \cdot \mu) + P_{всac}$$

где ΔP_{TP} – потери давления на транспортировку разрушенного материала от рабочих элементов породоразрушающего инструмента к диафрагме эжектора.

Очевидно, что транспортировка породы будет осуществляться при $P_{всac} \geq \frac{V_6^2 \cdot \rho_6}{20} \cdot (1 + \beta_0 \cdot \mu)$, что и наблюдается при транспортировке сыпучего материала.

С целью определения достоверности выражения (3.11) и подтверждения коэффициента $\theta, I\phi$ проведены опытно-экспериментальные работы (табл. 3.3), которые подтверждают правильность расчетной формулы.

Таблица 3.3

Результаты исследований влияния физических свойств горных пород (пластичность, влажность) на потери давления при очистке породоразрушающего инструмента

Горная порода	Число пластичности	Давление на входе в обводной канал, кг/м ²		Примечание
		расчетное	фактическое	
Глина	50	3,0	2,8	Закупорка диафрагмы эжектора
		3,0	3,1	
		3,0	3,2	
		3,0	3,0	
		3,0	2,7	
		2,0	2,0	
		2,0	2,2	
		2,0	2,1	
		2,0	1,9	
		2,0	2,0	
Глина известковая с включением гальки	30	2,5	2,5	-
		2,5	2,4	
		2,5	2,4	
		2,5	2,5	
		2,5	2,3	
		1,5	1,5	
		1,5	1,6	
		1,5	1,5	
		1,5	1,3	
		1,5	1,6	
Смесь глины песка, гальки	20	2	1,8	Закупорка обводного канала
		2	1,9	
		2	2,0	
		2	1,9	
		2	1,9	
		1,5	1,4	
		1,5	1,3	
		1,5	1,5	
		1,5	1,5	
		1,5	1,9	

3.4 Расчет напряжений и обоснование формы твердосплавных элементов породоразрушающего инструмента.

Эффективность разрушения горных пород при механическом бурении зависит от их физико-механических свойств, конструкции, прочности и износостойкости твердосплавного породоразрушающего инструмента и режима бурения. Разрушение горных пород при бурении в основном связано с преодолением их твердости, прочности и абразивности.

При расчете напряжений в твердосплавных пластинах бурового инструмента были приняты следующие допущения: трением по первоначальной площадке притупления (около 0,1 мм) на задней границе реза можно пренебречь, температура в процессе бурения по передней грани распределяется равномерно и не вызывает понижения прочности твердого сплава; распределение сил резания по передней грани реза также равномерно; значения усилий, полученных при бурении с первоначальной площадкой притупления 0,05-0,1 мм рассматриваются как соответствующие идеально острой режущей кромки [45].

Так как бурение ведется по валунно-галечниковым отложениям, то наиболее худшие условия будут соответствовать случаю приложения всей нагрузки на один резец. В качестве резцов принимаются серийно выпускаемые твердосплавные вставки формы Г6303 по ГОСТ 880-75.

При теоретическом анализе процесса бурения и характера распределения напряжений в режущих кромках породоразрушающего инструмента [45] исходим из предложения, что нормальные силы и силы трения распределяются по режущей кромке равномерно. Исходя из этого предположения, режущая кромка приравнивается к клину и напряжения рассчитываются по формулам теории упругости для двумерного напряженного состояния следующим образом:

$$\begin{aligned} \sigma_{\eta} &= \frac{1}{\eta} \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial \eta} + \frac{1}{\eta^2} \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial \Theta_0^2}; \\ \sigma_{\Theta} &= \frac{\partial \Phi}{\partial \eta^2}; \\ \tau_{\eta\Theta} &= \frac{1}{\eta^2} \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial \Theta_0} - \frac{1}{\eta} \cdot \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \eta \partial \Theta_0}; \end{aligned} \tag{3.12}$$

где η и Θ_0 – полярные координаты точки.

Беря только члены, содержащие η^n ($n \geq \Theta_0$), имеем

$$\begin{aligned} \sigma_{\eta} = & 2b_0 + 2d_0\Theta_0 - 2a_2 \cos 2\Theta_0 - 2c_2 \sin 2\Theta_0 + \\ & + \eta \cdot (2b_1 \cos \Theta_0 + 2d_1 \sin \Theta_0 - 6a_3 \cos 3\Theta_0 + 6c_3 \sin 3\Theta_0) - \\ & - 12\eta^2 (a_4 \cos 4\Theta_0 + c_4 \sin 4\Theta_0) + \dots \end{aligned} \quad (3.13)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\Theta} = & 2b_0 + 2d_0\Theta_0 + 2a_2 \cos 2\Theta + 2c_2 \sin 2\Theta_0 + \\ & + 6\eta(b_1 \cos \Theta_0 + d_1 \sin \Theta_0 + a_3 \cos 3\Theta_0 + c_3 \sin 3\Theta_0) + \\ & + 12\eta^2 (b_2 \cos 2\Theta_0 + d_2 \sin 2\Theta_0 + a_4 \cos 4\Theta_0 + c_4 \sin 4\Theta_0) + \dots \end{aligned} \quad (3.14)$$

$$\begin{aligned} \tau_{\eta\Theta} = & -d_0 + 2a_2 \sin 2\Theta_0 - 2c_2 \cos 2\Theta_0 + \eta(2b_1 \sin \Theta_0 - \\ & - 2d_1 \cos \Theta_0 + 6a_3 \sin 3\Theta_0 - 6c_3 \cos 3\Theta_0) + \eta^2 (6b_2 \sin 2\Theta_0 - \\ & - 6d_2 \cos 2\Theta_0 + 12a_4 \sin 4\Theta_0 - 12c_4 \cos 4\Theta_0) + \dots \end{aligned} \quad (3.15)$$

Изменив значения напряжений на безразмерные, нормальную нагрузку на единицу площади передней грани резца можно выразить через $\sigma_{n_0} = -1$, а нагрузку трения через $\tau_0 = K_{mp}$, где K_{mp} представляет собой отношение усилия подачи P_n к окружной нормальной силе резания P_0 , приведенных к единице длины режущей кромки. В нашем случае предельные величины: $P_n = 1000$ Н, $P_0 = 20000$ Н, $K_{mp} = 0,5$. Предлагая равномерное распределение напряжений, все константы, содержащие η , т.е. $b_1, d_1, a_3, c_3, b_2, d_2, a_4, c_4$ справа от $\sigma_{\eta}, \sigma_{\Theta}$ и $\tau_{\eta\Theta}$ можно приравнять к нулю. С учетом этого выражения (3.13), (3.14) и (3.15) примут следующий вид:

$$\sigma_{\eta} = 2b_0 + 2d_0\Theta_0 - 2c_2 \sin 2\Theta_0 \quad (3.16)$$

$$\sigma_{\Theta} = 2b_0 + 2d_0\Theta_0 + 2a_2 \cos 2\Theta_0 + 2c_2 \sin 2\Theta_0 \quad (3.17)$$

$$\tau_{\eta\Theta} = -d_0 + 2a_2 \sin 2\Theta_0 - 2c_2 \cos 2\Theta_0 \quad (3.18)$$

Принимая вершину режущей кромки резца за начало координат, граничные условия выражаются следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_0(\Theta_0 = 0) &= -1 \\ \tau_{\eta\Theta}(\Theta_0 = 0) &= -K_{TP} \\ \sigma_{\Theta}(\Theta_0 = \beta_3) &= 0 \\ \tau_{\eta\Theta}(\Theta_0 = \beta_3) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (3.19)$$

где β_3 – угол заострения резца, $\beta_3 = 85^{\circ}$.

Сравнивая уравнения (3.16) и (3.17) с уравнением (3.18) получаем следующие уравнения:

$$\begin{cases} 2b_0 + 2a_2 = -1; \\ 2b_0 + 2d_0\beta_3 + 2a_2 \cos 2\beta_3 + 2c_2 \sin 2\beta_3 = 0; \\ -2c - d_0 = -K_{TP}; \\ d_0 + 2a_2 \sin 2\beta_3 - 2c_2 \cos 2\beta_3 = 0; \end{cases} \quad (3.20)$$

Решение этих уравнений дает следующие значения констант:

$$\begin{cases} a_2 = \frac{(K_{TP} \cos \beta_3 - 2 \sin \beta_3 + 2K_{TP}\beta_3 - \frac{K_{TP}\beta_3}{\sin \beta_3})}{4(\sin \beta_3 - \beta_3 \cos \beta_3)}; \\ d_0 = \frac{2(K_{TP} \sin \beta_3 - \cos \beta_3)}{4(\sin \beta_3 - \beta_3 \cos \beta_3)}; \end{cases} \quad (3.21)$$

$$\begin{cases} c_2 = \frac{(\cos \beta_3 - 2K_{TP}\beta_3 \cos \beta_3 + K_{TP} \sin \beta_3)}{4(\sin \beta_3 - \beta_3 \cos \beta_3)}; \\ b_0 = \frac{(-\sin \beta_3 + 2\beta_3 \cos \beta_3 - K_{TP} \cos \beta_3 - 2K_{TP}\beta_3 \sin \beta_3 + \frac{K_{TP}\beta_3}{\sin \beta_3})}{4(\sin \beta_3 - \beta_3 \cos \beta_3)}; \end{cases} \quad (3.22)$$

$$\sigma_{y_2} = \frac{\sigma_\eta + \sigma_\Theta}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_\eta - \sigma_\Theta}{2}\right)^2 + \tau_{\eta\Theta}} \quad (3.23)$$

При расчете определяются все значения компонентов напряжения на кромке породоразрушающего инструмента, так как в этом места нагрузки будут достигать своего максимума.

Так как бурение осуществляется с использованием пневмоударной машины, то необходимо определить стойкость породоразрушающих элементов при ударных нагрузках и усталостную прочность (наработка до разрушения).

Для расчета принимается условие, что вся энергия удара приходится на один породоразрушающий инструмент. А формы элементов принимаются по ГОСТ 880-75 Г2630 и Г2636.

Условием разрушения твердосплавного элемента является тот момент, когда нагрузка достигнет критической величины:

$$N > \sigma_c \cdot f_k \quad (3.24)$$

где σ_c – контактная прочность (кг/см²);

f_k – площадь контакта (см²).

Из этого условия определим минимальную площадь контакта, при которой обеспечивается работа элемента без разрушения

$$f_k = N/\sigma_c \quad (3.25)$$

Максимально возможная сила удара N определяется из выражения:

$$N = N_0 - (N_0 - N_{1к}) \cdot e^{-\frac{\rho \cdot a \cdot F}{\rho \cdot a \cdot F} \left(\frac{2 \cdot z}{a} - t_1 \right)} \quad (3.26)$$

где $N_0 = \rho \cdot a \cdot F \cdot v_l$ (кг); v_l – скорость удара (для РП-130 – 8,4 м/с); $\rho \cdot a$ – акустическая жесткость материала (4,0 кг·сек/см²); F – площадь сечения ударника (57 см²); a – скорость распространения продольной волны ($a \approx 5 \cdot 10^5$ см/сек); z – длина пути волны (35 см); $N_{1к}$ – критическая сила трещинообразования (кг):

$$N_{1к} = \frac{2.6^3 \cdot (Q_1 + Q_2)^2 \cdot R^2 \cdot [\sigma_p]^3}{\gamma^3} \quad (3.27)$$

$$Q_1 = \frac{1 - \mu_1^2}{E_1}; \quad Q_2 = \frac{1 - \mu_2^2}{E_2} \quad (3.28)$$

где μ_1, μ_2 – коэффициенты Пуассона наконечника и породы; E_1, E_2 – модули упругости материала наконечника и породы; R – радиус сферы закругления (0,6 см); $[\sigma_p]$ – критическое напряжение трещинообразования (274 кг/см² для гранита X категории по буримости); $\gamma = 0,0096$; t_1 – время начала трещинообразования (сек.):

$$t_1 = \frac{1}{\beta} \cdot \arctg \frac{N_{1к}}{N_0} \quad (3.29)$$

β – угол наклона равнодействующей ($\beta \approx 60^\circ$);

$\mu_1 = 0,2; \mu_2 = 0,25;$

$E_1 = 6,2 \cdot 10^6$ кг/см²; $E_2 = 0,95 \cdot 10^6$ кг/см².

Так как имеется один вариант наихудших условий работы породоразрушающего элемента, то расчет производится один раз путем подстановки исходных данных в вышеприведенные формулы, после вычислений получим:

$N_0 = 1915,2 \cdot 10^2$ кг; $N_{1к} = 1316,3 \cdot 10^2$ кг; $N = 2130 \cdot 10^2$ кг.

Тогда $f_k \geq 1,2 \cdot 10^{-2}$ см².

Зная, что для твердосплавных вставок формы Г2630 $f_k = 2 \cdot 10^{-2}$ см² [45] можно с уверенностью заключить, что их разрушения при бурении не будет происходить.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями [46–49] подтвержден тот факт, что при бурении монолитных горных пород и при значениях f_k фактического больше на 20-30 % расчетного, обеспечивается достаточная стойкость породоразрушающего инструмента (порядка 20-25 метров). Следовательно, при бурении в валунно-галечниковых отложениях с применением твердых сплавов указанной формы будет обеспечена необходимая проходка на долото.

ГЛАВА 4**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И
ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ БУРЕНИЯ
СКВАЖИН С ОБРАТНОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ
ОЧИСТНОГО АГЕНТА****4.1 Технологические параметры эжекторных устройств в компоновке с породоразрушающим инструментом.**

Бурение с обратной продувкой по валунно-галечниковым отложениям требует применения новой технологии бурения и специальных технических средств: породоразрушающего инструмента, обеспечивающего эффективное разрушение и отбор горной породы в процессе бурения; компоновок забойных ударных машин и двойных бурильных труб, обеспечивающих непрерывную транспортировку на поверхность образцов разрушенной породы; продувочного сальника, для разделения напорной линии и пневмотранспортной магистрали на поверхности.

Создание устойчивой циркуляции очистного агента вокруг рабочих элементов породоразрушающего инструмента на контакте с горной породой представляет большие трудности, поэтому были проведены совместные исследования показателей работы породоразрушающего инструмента и эффективности очистки забоя с помощью эжекторных устройств.

Экспериментальные и теоретические исследования воздействия цилиндрических, шаровых, прямоугольных и клиновых инденторов на горную породу при статическом и динамическом характере нагружения [50-59] свидетельствуют о схожести характера распределения напряжений под инденторами. Однако механизм разрушения пород, сложенных валунно-галечниковыми отложениями, отличается и не вписывается в известные закономерности.

В связи с этим было проведено исследование эффективности разрушения вращательным и ударно-вращательным породоразрушающим инструментом (рис. 3.7-3.11).

Работа эжекторного аппарата в компоновке с породоразрушающим инструментом в значительной мере зависит как от его конструкции, газодинамических характеристик потока очистного агента, состояния пневмотранспортной линии бурового снаряда и оборудования так и от состояния продувочной (промывочной) системы самого породоразрушающего инструмента и физико-механических характеристик разрушенной горной породы.

Исследования эжекторных устройств проводились на макете пневмоударного эжекторного снаряда (рис. 3.12).

Наличие пневмоударника позволяет проводить исследования как при непрерывном потоке воздуха (продувочный режим работы пневмоударника) так и при импульсном потоке воздуха (рабочий режим).

Первая серия опытов проводилась с целью определения наиболее эффективной конструкции эжекторов среди струйных, кольцевых и вихревых устройств. Сравнение велось путем измерения вакуумметром величины создаваемого вакуума в приемной камере эжекторов, а также сопоставления засасываемого воздуха эжектором через породоразрушающий инструмент при снятой заглушке, определяющегося путем вычитание объема воздуха, измеряемого расходомером 11, от количества воздуха, замеренного расходомером 12 при постоянном перепаде 0,2 МПа.

Результаты исследований приведены в табл. 4.1.

Следующий этап экспериментальных исследований заключался в определении условий транспортирования горной породы с различными физико-механическими свойствами на стенде (рис. 3.13) и в скважных условиях с использованием рабочих макетов скважных компоновок по схеме аналогичной приведенной на рис. 3.11.

Таблица 4.1

Усредненные показатели работы эжекторных устройств

Тип эжектора	Давление в приемной камере, МПа	Коэффициент эжекции	Перепад давления, МПа
Струйный	0,05 – 0,06	2,5	0,22
Кольцевой	0,04 – 0,05	4	0,2
Вихревой	0,04 – 0,05	5	0,21

На стенде определялись:

- разрешающая способность транспортировки разрушенной горной породы при максимальных скоростях бурения скважин большого диаметра;
- скорость потока воздуха, необходимая для минимального перемешивания частиц горной породы в процессе транспортировки от забоя к пробоотборнику.

Исследования доказали, что использование компрессорной установки производительностью 10 м³/мин в комплекте с двойными бурильными трубами, внутренний диаметр которых 80-100 мм по условиям пневмотранспорта обеспечивают скорость бурения скважин диаметром 280 мм – 120 м/час. Результаты представлены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Объемная скорость транспортировки горной породы через двойные
бурильные трубы с внутренним диаметром 80 мм

Порода	Объем теоретический, м ³	Объем фактический, м ³	Время транспорт. сек	Минимально возможная скорость бурения диаметром 250 мм, м/ч
Песок	0,1	0,098	32	230
Гравийно-галечные отложения	0,1	0,1	56	120
Песок со свинцовыми шариками	0,1	0,099	33	225

При бурении по россыпным месторождениям, представленным валунно-галечными отложениями, реальные скорости бурения в десять, двадцать раз ниже.

Экспериментальными данными подтвердились необходимые минимальные скорости движения потока сжатого воздуха (25-30 м/с) при транспортировании частиц горной породы. В качестве транспортируемой породы использовались песок, гравийно-галечные смеси с размерами частиц до 30 мм, песок с добавлением свинцовой дроби диаметром 2-3 мм.

Результаты исследований позволяют утверждать, что скорость выходящего потока воздуха со шламом 20 м/с и ниже недостаточна для достоверного опробования россыпных месторождений, так как 50 % свинцовых шариков осталось в емкости с исходными материалами, тогда как песок практически весь был перекачен в приемную емкость (табл. 4.3), т.е. происходит избирательный вынос шлама.

В процессе экспериментальных работ с макетом пневмоударного эжекторного снаряда установлено, что при разрушении и пневмотранспорте валунно-галечниковых отложений размеры всасывающих окон на породоразрушающем инструменте должны быть не больше внутренних размеров шламоотводящих каналов, т.к. в противном случае наблюдается закупорка галькой пневмотранспортной магистрали.

Таблица 4.3

Зависимость выноса породы от скорости восходящего потока

Скорость потока, м/с	Порода		
	Песок, %	Гравийно-галечная смесь, %	Песок со свинцовыми шариками диаметром 2-3 мм
10	40	20	–
15	60	40	–
20	100	70	50 % свинцовые шарики
25	100	96	96 % свинцовые шарики
30	100	100	100 %
35	100	100	100 %

4.2 Технические средства и технологии бурения с обратной циркуляцией очистного агента на россыпных месторождениях.

Экспериментальные работы в скважинных условиях проводились с помощью макетов вращательных и ударно-вращательных буров, разработанных и изготовленных сотрудниками опытно-производственной партии "Новая техника" ПГО "Якутскгеология".

Вращательные буры с обратной циркуляцией очистного агента использовались двух типов – с открытым переходником (рис. 3.8) и с закрытой системой циркуляции (рис. 3.7).

При работе вращательного бура с открытым переходником очистка скважины осуществляется следующим образом. Очистной агент по межтрубному пространству двойных бурильных труб через двойной переходник направляется в центральный промывочный (продувочный) канал породоразрушающего инструмента. Затем омывает рабочие элементы породоразрушающего инструмента и через шламовые каналы верхнего переходника поступает в центральный канал двойных бурильных труб и по ним на поверхность. Лабиринтное уплотнение на двойном переходнике, выполненное в виде многозаходной винтовой поверхности с левым направлением винта, препятствует поступлению очистного агента в затрубное пространство и создает благоприятные условия для выноса шлама, через центральный канал двойных бурильных труб.

Вращательный бур с закрытой системой циркуляции отличается тем, что очистка забоя осуществляется за счет зоны разрежения, создаваемой над

породоразрушающим инструментом с помощью эжектора. Очистка забоя осуществляется следующим образом: сжатый воздух с концентричного канала двойных бурильных труб через двойной переходник, сконструированный так, что обеспечивается циркуляция небольшой части очистного агента под торцом породоразрушающего инструмента и поступление основного объема в центральный канал на вихревой эжектор для создания разрежения над режущими элементами, затем очистной агент захватывая шлам поступает в центральный канал двойных бурильных труб и далее на поверхность в пробоотборники для отделения шлама.

Таблица 4.4

Показатели экспериментального бурения вращательным способом с обратной циркуляцией очистного агента

Диаметр долота, мм	Режимы бурения				Время бурения, мин	Объем бурения от – до, м	Механическая скорость, м/ч
	Осевая нагрузка, Н	Частота вращения, об/мин	Расход воздуха, м ³ /мин	Расход раствора, л/мин			
Песчано-галечные отложения с валунами доломитов							
215	30000	130-280	10	-	360	0-5	0,9
215	30000	130-200	10	4	60	0-5	5
	"-	"-	"-	"-	70	5-10	4,2
	"-	"-	"-	"-	18	10-11,6	4,9
215	30000	130-200	10	4	60	0-5,5	5,5
	"-	"-	"-	"-	60	5,5-10,5	5
215	20000-30000	130-200	5-10	2-5	60	0-5	5
	"-	"-	"-	"-	60	5-9	4
	"-	"-	"-	"-	20	9-10,5	4,5
151	20000-30000	130-200	5-10	2-5	40	0-8	12
215	20000-30000	130-200	5-10	-	60	12-17	5
Валунно-галечные отложения							
215	30000	130-200	10	2-4	20	3,0-3,1	0,2
151	30000-40000	130-200	10	2-4	90	3-8	3,3

При бурении сильно обводненных скважин глубиной более 10 м применялись эрлифтные буры с обратной эрлифтной промывкой (рис. 3.9), состоящие из породоразрушающего инструмента с увеличенными промывочными каналами, одинарных бурильных труб, смесителя, двойных бурильных труб.

Очистка забоя скважины осуществляется следующим образом: сжатый воздух по межтрубному пространству двойных бурильных труб подается на смеситель, аэрирует жидкость внутри двойных бурильных труб, уменьшая ее плотность. Образуется разность давлений между столбом жидкости в скважине с одной стороны и внутренней полостью одинарных и двойных труб с другой стороны. Вследствие этого, через породоразрушающий инструмент возникает поток направленный из скважинного пространства во внутреннюю полость бурильных труб, где он постоянно аэрируется с помощью смесителя и поступает на поверхность в виде аэрированной пульпы, обогащенной выбуренной породой.

Для устойчивой работы эрлифта необходимо, чтобы глубина загрузки смесителя под динамический уровень в 1,3 - 1,7 раза превышала высоту подъема воды. Смеситель устанавливается на глубине, обеспечивающей устойчивую работу эрлифта и не превышающей техническую характеристику применяемых компрессоров.

Ударно-вращательный бур (рис. 3.11) состоит из собственно пневмоударной машины, выпускаемой серийно (РП-130М) дополнительно снабженной верхним переходником, корпусом с каналами для транспортировки очистного агента со шламом, нижним переходником на породоразрушающий инструмент с встроенным вихревым эжекторным снарядом. Работа устройства осуществляется следующим образом: сжатый воздух с концентричного канала двойных бурильных труб через верхний переходник подается в пневмоударник, затем на нижний переходник, сконструированный так, что обеспечивается циркуляция небольшой части очистного агента под торцом породоразрушающего инструмента и поступление основного объема в центральный канал на вихревой эжектор для создания разрежения под режущими элементами. Затем по изолированным шламовым каналам нижнего переходника, корпуса, верхнего переходника очистной агент со шламом поступает в центральный канал двойных бурильных труб и далее на поверхность.



Рис. 4.1 Лопастное долото

В процессе экспериментальных работ количество очистного агента поддерживалась в пределах значений определенных теоретическим обоснованием и по таблицам 4.2, 4.3. Осевое усилие на забое поддерживалось согласно рекомендациям по пневмоударному и вращательному бурению, скорость вращения бурового инструмента определялась согласно разработанных и широко применяемых на практике рекомендаций [1, 46-49, 60-62], теоретическому обоснованию, представленному выше и разрешающей способностью бурового оборудования.

Экспериментальные исследования технологии бурения комплектами бурового инструмента для бурения с обратной циркуляцией очистного агента проводились на установках с подвижным вращателем: БТС – 150, УРБ–2А–2, УБМ–20. В качестве очистного агента использовались сжатый воздух, газожидкостные смеси, в том числе эрлифтная промывка.

Для всех исследуемых буров применение сжатого воздуха в чистом виде оказалось неэффективным, так как происходит закупорка всасывающих каналов в породоразрушающем инструменте при бурении по влажным, пластичным породам. При бурении по сухим (многолетнемерзлым), рыхлым отложениям с начала рейса процесс продувки идет нормально, но происходит постепенное налипание на внутренние полости шламоотводов и прекращение обратной циркуляции сжатого воздуха. Эти наблюдения подтверждают положения, сформулированные выше, касающиеся целесообразности применения в качестве очистного агента газожидкостных систем. В дальнейшем нами применялись газожидкостные смеси, получаемые путем ввода растворов поверхностно-активных веществ в поток сжатого воздуха.

Таблица 4.5

Результаты отработки долот

Индекс долота	Режимы бурения				Время бурения, мин	Объем бурения от – до, м	Механическая скорость, м/ч
	Осевая нагрузка, Н	Частота вращения, (об/мин)	Расход воздуха, (м ³ /мин)	Расход раствора, (л/мин)			
4.1	3000-5000	130-200	10	4	15	0-1,2	4,8
					15	1,2-2,2	4,0
4.2	3000-5000	130-200	10	4	15	0-0,5	2,0
					15	0,5-1,0	2,0
4.3	2000-5000	130-200	8-10	2-3	30	0-1,7	3,5
					13	1,7-2,4	3,0
					30	2,4-4,6	4,5
4.4	2000-5000	80-130	8-10	2-3	28	0-1,5	3,0
					15	1,5-2,0	2,0
					30	2,0-2,5	1,0
4.5	2000-5000	80-130	8-10	3-5	28	0-3,5	6,8
					12	3,5-5	7,5
					30	5-8	6
4.6	3000-5000	100-150	8-10	3-4	10	0-1,5	9,0
					15	1,5-2,5	4,0
					20	2,5-4,0	4,5
4.7	2000-5000	80-130	8-10	3-5	17	0-1	3,5
					45	1-3	4,0
					63	3-4	3,8
4.8	2000-5000	80-130	8-10	3-5	15	0-1	4,0
					27	0-2	4,5
					36	0-3	5,0

Показатели экспериментального бурения вращательным способом с обратной циркуляцией очистного агента (табл. 4.4) свидетельствуют о возможности бурения этим способом только по мягким породам, наличие в разрезе валунно-галечниковых отложений приводит к резкому снижению механической скорости. Кроме этого при бурении вращательным буром с лабиринтным уплотнением происходит задавливание гальки и валунов в стенки скважины. Фактический выход шлама относительно теоретического объема разрушенной породы оставляет 40-60%. Установлено, что при бурении без расхаживания бурового инструмента происходит периодическое зашламование шламоотводящих каналов породоразрушающего инструмента.

Опытное бурение с эрлифтом подтверждает положение, сформулированные выше о целесообразности применения этого способа бурения в обводненных скважинах при глубине свыше 10 м.



Рис 4.2 Шарошечное долото

К породоразрушающему инструменту, которым оснащается ударно-вращательный бур, предъявляются жесткие требования. Породоразрушающий инструмент должен обеспечить разрушение горной породы (валуны, галька, песок, глина и их смеси с различным процентным и фракционным составом); ее дробление до размеров, обеспечивающих ее прохождение внутри бура и стойкость не менее 20-25 метров. ОПП "Новая техника" были созданы различные конструкции породоразрушающих инструментов (рис.4.1 – 4.7), Результаты отработки этих долот приведены в табл. 4.5. Причем индекс долота в табл. 4.5 соответствует номеру рисунка.

Следует отметить следующие особенности опробования созданных образцов породоразрушающего инструмента. При использовании долот с индексом 4.1 и 4.2 не была обеспечена полная обратная циркуляция. При отработке долота 4.3 происходило периодическое образование пробок между кожухом и пневмоударником. В долотах 4.4 и 4.7 шламом забивался корпус и шламовые каналы. В случае долота с индексом 4.5, несмотря на высокие скорости проходки конструкция инструмента не надежна, проходка на долото составляет 2,5-4 метра. Использование долота 4.6 не обеспечивает полный отбор керношламового материала. Периодическое зашламование транспортных

каналов долота 4.8 происходило при наличии валунов и гальки, соизмеримых по величине с размерами транспортных каналов.



Рис. 4.3 Лабиринтное долото

Основной недостаток конструкции этих долот заключается в том, что перекрыта центральная часть. Поэтому разрушение центральной части забоя затруднено и в результате низкая механическая скорость бурения. Другой недостаток заключается в том, что эти конструкции долот не обеспечивают измельчение разрушенной горной породы до размеров, обеспечивающих ее беспрепятственное прохождение внутри ударно-вращательного бура. Поэтому проходка за рейс на долото колеблется от 0,5 до 6 м, после чего происходит забивка каналов и прекращение транспортировки шлама.

Износ твердосплавного вооружения долот указывает на то, что в основном, оно работает на истирание, а не на удар. Это видно из того, что породоразрушающие элементы имеют площадку притупления без сколов (рис. 4.3, 4.4, 4.7).

В дальнейшем были изготовлены несколько экспериментальных образцов долот с открытой центральной частью (рис. 4.8 – 4.10) для пневмоударного бура, приведенного на рис. 3.11.



Рис 4.4 Секторное долото

Испытания проводились на опытных скважинах, расположенных на территории работ центральной партии ГУГРЭ. Геологический разрез скважин представлен в интервале 0–4 м валунно-галечниковыми отложениями магматических и известковых пород, сцементированных суглинистым материалом, в интервале 4–8 м слабосвязанными валунно-галечниковыми породами с песчаным наполнителем.

Бурение проводилось буровой установкой УРБ-2А-2, снабженной съемным сальником-вертлюгом, с использованием двойных бурильных труб 89/109, смесителя для бурения с пеной, компрессора НВ-10 и шламоотборника.

В качестве очистного агента использовалась газожидкостная смесь, состоящая из воздуха (8-10 м³/мин) и раствора ПАВ (2-4 л/мин).



Рис 4.5 Секторное долото



Рис 4.6 Секторное долото

Процесс бурения проводился с устойчивой обратной циркуляцией очистного агента, качественной очисткой скважины и полным выносом керношламового материала по центральному каналу двойных бурильных труб.

При бурении долотом диаметром 215 мм происходила затяжка инструмента т.к. диаметр бурового снаряда был 200 мм. Поэтому был увеличен диаметр породоразрушающего инструмента до 225 мм. Также для снижения трения корпуса долота о стенки скважины устанавливались породоразрушающие элементы с выступом за диаметр корпуса долота (рис. 4.10).



Рис 4.7 Комбинированное долото

Характер износа твердосплавных элементов Г26 и Г12 показывает, что основной износ происходит в результате истирания, а не скола (рис. 4.8). То есть, породоразрушающие элементы разрушаются не от ударных нагрузок. Происходит простое истирание. Причем характер износа и его величина одинаковы для различных форм твердосплавных зубков.

Результаты отработки экспериментальных образцов породоразрушающего инструмента и пневмоударного бура приведены в табл. 4.6.



Рис. 4.8 Долово с параллельно расположенными керноломными пластинами



Рис. 4.9 Долово со смещенным центральным каналом



Рис. 4.10 Долото диаметром 220 мм

Таблица 4.6

Результаты отработки экспериментальных образцов породоразрушающего инструмента и пневмоударного бура

№ скважины	Тип и номер долота	Режимы бурения				Время бурения, мин	Объем бурения от-до, м	Механическая скорость м/час
		Осевая нагрузка, Н	Частота вращения, об/мин	Расход воздуха, м ³ /мин	Расход раствора ПАВ, л/мин			
1	№1 215	2000-3000	80-130	8-10	3-5	36	0-3,5	5,8
						38	2,5-5	4
						18	3,5-5	5
						30	5-7	4
2	№1 215	2000-3000	80-130	8-10	3-5	50	0-4	3,5
						30	3,5-5	3,0
						30	5-7	4,0
3	№2 225	2000-5000	80-130	8-10	3-5	20	0-2	6
						20	2-3	3
						24	3-6	5
						30	6-10	8
4	№2 225	2000-5000	80-130	8-10	3-5	30	0-3	6
						20	3-4,5	4,5
						30	4,5-6,5	4
						35	6,5-8,2	3

Экспериментальными исследованиями выявлено, что при бурении по однородным породам с увеличением диаметра ударно-вращательного породоразрушающего инструмента существенно уменьшается механическая скорость бурения и незначительно увеличивается проходка на долото, а при бурении по валунно-галечниковым отложениям, до определенных значений диаметров, резко увеличивается проходка на долото, а уменьшение механической скорости не оказывает заметного влияния на технико-экономические показатели бурения из-за несоизмеримо различных величин проходки на долото.

Результаты исследований представлены в табл. 4.7.

Таблица 4.7

Показатели экспериментального ударно-вращательного бурения скважин по валунно-галечниковым отложениям

Диаметр бурения, мм	Тип пневмоударника	Работа единичного удара, Дж	Механическая скорость, м/час	Проходка на долото, м
113	РП-111	118	-	0,5
132	РП-111	118	-	0,8
151	РП-111	118	8,0	4,0
190	РП-111	118	6,5	18
132	РП-130	246	-	0,5
190	РП-130	246	8,0	6,0
215	РП-130	246	6,0	18,0
225	РП-130	246	6,5	16,0

Из опыта бурения экспериментальными образцами породоразрушающего инструмента для пневмоударного бурения с обратной всасывающей продувкой можно сделать следующие выводы.

Характер износа и проходка на долото подтверждают правильность определения диаметра долота и его формы. Кроме этого можно также утверждать, что характер износа (истирания) указывает на возможность уменьшения количества твердосплавных элементов, что позволит увеличить механическую скорость бурения. Также необходимо снизить окружную скорость вращения с 80-110 об/мин до 20-30 об/мин. Подтверждена необходимость периодического расхаживания бурового инструмента.

В результате экспериментальных работ определены оптимальные технологические параметры ударно-вращательного бурения по валунно-галечниковым отложениям. Они имеют следующие значения:

- скорость вращения бурового инструмента 20-30 об/мин;

- количество сжатого воздуха 10 м³/мин;
- количество ПАВ – 2-6 л/мин;
- осевое усилие – 500-800 кг;
- периодическое расхаживание бурового инструмента – 1 раз в минуту.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании выше изложенных материалов теоретических и экспериментальных исследований установлено, что механическая скорость бурения на россыпных месторождениях и представительность проб керно-шламового материала существенно зависят от качества очистки забоя скважины и геометрических параметров каналов породоразрушающего инструмента эжекторного типа.

Также в рамках данной монографии представлено обоснование оптимальных параметров режима бурения скважин с обратной циркуляцией очистного агента, при определении которых учитываются физико-механические свойства горных пород и параметры очистного агента.

Разработана методика расчета очистных каналов породоразрушающего инструмента эжекторного типа с учетом пластических свойств горных пород. А также определен коэффициент местных сопротивлений потоку очистного агента при омывании рабочих элементов породоразрушающего инструмента эжекторного типа применительно к породам с различными физическими свойствами.

При этом установлено, что применение газожидкостных систем в качестве очистного агента при бурении с обратной циркуляцией на россыпных месторождениях обеспечивает достаточно высокую механическую скорость бурения (4,0-6,0 м/час) и отбор кондиционных проб.

Представлены результаты разработки и опробован в производственных условиях комплект бурового инструмента, технология бурения с обратной циркуляцией очистного агента на россыпных месторождениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликов И.В. Воронов В.Н. Николаев И.И. Пневмоударное бурение разведочных скважин. – М.: Недра. 1977.
2. Методы повышения эффективности бурения геологоразведочных скважин. / Н.П. Пинчук, В.А. Кудря, И.П. Мельничук. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2000. – 536 с.
3. Справочник по бурению геологоразведочных скважин. – СПб.: ООО «Недра», 2000. – 712 с.
4. Коваленко В.И. Яковлев А.А. Бурение скважин с промывкой пеной. – М.: МГРИ. 1986.
5. Перетяка П.В. Семенюта В.П. Анализ применения газожидкостных систем при бурении в обводненных условиях. Прогрессивные способы сооружения гидрогеологических скважин и пути улучшения качества промывочных жидкостей. Сборник научных трудов. – М. 1984. – С. 101-104.
6. Слюсарев Н.И. Исследование процесса и разработка технических средств бурения скважин с промывкой пеной. ЛГИ. – 1987.
7. Яковлев А.М. Технология промывки и тампонирувания скважин при разведочном бурении в осложненных геологических условиях. МГРИ. – 1988.
8. Яковлев А.А. Исследование и разработка технологии алмазного бурения с применением пены. ЛГИ. – 1987.
9. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. – М.: Химия. 1975.
10. Бурение скважин с промывкой пеной в интервалах катастрофических поглощений с АНПД / Тагиров К.М., Нифантов В.И., Акопов С.А. и др. //Технология строительства газовых и газокон-денсатных скважин: Сб. научн. трудов ВНИИгаза. М.,1991.- С. 121-128.
11. Яковлев А.А. Научно-практические основы технологии бурения и крепления скважин с применением газожидкостных промывочных и тампонажных смесей. Автореф. дисс. на соискание ученой степени доктора тех. наук. СПб, СПГГИ (ТУ), 2001, 41 с.
12. Кирсанов А.И., Крылов Г.А., Нефедов В.П. Пены и их использование в бурении. М.,: ВИЭМС, 1980, 60 с.
13. Селиванов Е.М. Повышение эффективности геологоразведочных работ на основе внедрения КГК. Разведка и охрана недр. 1987. №2.
14. Техника и технология бурения с гидротранспортом керна и шлама. Сборник научных трудов. Л.: – ВИТР. 1985.
15. Техническое задание на разработку специализированной буровой установки пневмоударного бурения с обратной и прямой продувкой (промывкой) УРБ-4ПБ. 1986.
16. Хворостовский С.С. Способы и технические средства для бурения скважин при разведке россыпных месторождений на шельфе. – М.: Недра. 1988.

17. Новиков Г.П. Перспективы применения технологии бурения скважин с непрерывным выносом кернового материала. – М., 1988. Техника и технология геологоразведочных работ. Обзор ВИЭМС.
18. Американская техника и промышленность. Сборник рекламных материалов. – М.: Внешторгреклама, 1987.
19. Новиков Г.П., Пешков А.Н., Шведко В.П. Новые технические средства, применяемые в Канаде. – М., 1987. Техника и технология геологоразведочных работ. Обзор ВИЭМС.
20. Перетьяка П.В., Сологуб С.Я., Годяев С.Г., Силатов А.А. Методика определения схемы очистки породоразрушающего инструмента для пневмоударного бурения с обратной продувкой/ Деп. ВИЭМС №845-МГ-90, 1990.
21. Кардыш В.Г., Мурзаков Б.В., Окмянский А.С. Техника и технология бурения геологоразведочных скважин за рубежом. – М.: Недра, 1989. – 256 с.
22. Яковлев А.А., Климов В.Я. Исследование закономерностей процесса алмазного бурения скважин с очисткой забоя пеной. / Техника и технология геологоразведочных работ. Экспресс-информация (ВИЭМС). – 1988. – Вып. 7. – с. 1-8.
23. Яковлев А.М., Коваленко В.И. Бурение скважин с пеной на твердые полезные ископаемые. – Л.: Недра, 1987.
24. Мерадян И.М., Левкин В.Т., Козлова А.А. Совершенствование технологии бурения скважин с очисткой забоя пеной // Бурение. 1975. - №12.
25. Ивачев Л.М. Борьба с поглощениями промывочной жидкости. – М.: Недра, 1982.
26. Агабальянц Э.Г. Промывочные жидкости для осложненных условий бурения. – М.: Недра, 1982.
27. Токупов В.И., Хейфец И.Б. Гидрофобно-эмульсионные буровые растворы. М.: Недра, 1983.
28. Кудряшов Б.Б., Яковлев А.М. Бурение скважин в осложненных условиях. // Учебное пособие для вузов. – М.: Недра, 1987.
29. Перетьяка П.В., Сологуб С.Я., Годяев С.Г., Будаев А.В. Экспериментальные исследования породоразрушающих инструментов и эжекторных устройств с обратной продувкой (промывкой). Деп. ВИЭМС №876-МГ-90, 1990.
30. Башт Т.М. Машиностроительная гидравлика. Справочное пособие. – М.: Машиностроение, 1971.
31. Гусанов Н.А. Справочное пособие по гидравлике и гидродинамике в бурении. – М.: Недра, 1982.
32. Шерстнев Н.М. и др. Применение композиций ПАВ при эксплуатации скважин. – М.: Недра, 1988.
33. Дубровский В.В. Справочник по бурению и оборудованию скважин на воду. – М.: Недра, 1972.
34. Белицкий А.С., Дубровский В.В. Проектирование разведочно-эксплуатационных скважин для водоснабжения. – М.: Недра, 1974.

35. Леонов Е.Г., Исаев В.И. Гидроаэродинамика в бурении. – М.: Недра, 1987.
36. Кудряшов Б.Б., Яковлев А.М. Бурение скважин в мерзлых породах. – М.: Недра, 1983.
37. Шаньгин Л.П. Исследование работоспособности аэродинамических устройств для разрушения пенных систем при бурении геологоразведочных скважин. // ВПО Союзгеотехника. – Л., 1985.
38. Криль С.И., Берман В.Л. Распределение концентрации твердых частиц по глубине высококонцентрированного всенесущего потока. Гидротехника: 1976. Вып. 34. – с. 66-71.
39. Криль С.И. Энергобаланс всенесущего потока и его следствие. Гидротехника: 1976. Вып. 34. – с. 71-78.
40. Лойценский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1978.
41. Ляхтер В.М., Трудовский А.М. Гидравлическое моделирование. – М.: Энергоатомиздат, 1984.
42. Евневич А.В. Горные транспортные машины. – М.: Госгортехиздат, 1963.
43. Каминер А.А., Яхно О.М. Гидромеханика в инженерной практике. – К.: Техника, 1987.
44. Евневич А.В. Транспортные машины и комплексы. – М.: Недра, 1975.
45. Повышение эффективности термического и механического бурения. / Москалев А.Н., Танцура В.А., Сологуб С.Я. и др. – М.: Недра, 1973.
46. Козловский Е.А. Оптимизация процесса разведочного бурения. – М.: Недра, 1975.
47. Москалев А.Н., Сологуб С.Я., Васильев Л.М. Интенсификация процесса разрушения горных пород. – М.: Недра, 1978.
48. Сулакшин С.С. Практическое руководство по геологоразведочному бурению. – М.: Недра, 1978.
49. Лукошков А.В. Техника исследования морского дна. – Л.: Судостроение, 1984.
50. Алимов О.Д., Дворников Л.Г. Механизм разрушения горных пород при вращательном бурении твердосплавным инструментом. Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – Новосибирск: Наука №6, 1972.
51. Бабанков И.С., Иванов К.И., Хелен Г.Л. Исследования взаимодействия бурового инструмента и породы методом фотоупругости. – М.: Недра, 1970.
52. Гришин А.С., Эдельштейн Е.И., Эйгелес А.М. Исследование напряжений методом фотоупругости при моделировании отдельных фаз разрушения хрупких пород под воздействием штампа. – Таллинн: 1971.
53. Жлобинский В.А. Динамическое разрушение горных пород при вдавливании. – М.: Недра, 1970.
54. Любимов Н.И. Принципы классификации и эффективного разрушения горных пород. – М.: Недра, 1967.
55. Остроуменко И.А. Разрушение горных пород при бурении. – М.: Госгеолиздат, 1952.

56. Сологуб С.Я. Исследование процессов и разработка новых технических средств разрушения горных пород средней крепости и крепких при вращательно-силовом бурении. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – Днепропетровск, 1978.
57. Спивак А.И., Попов А.И. Разрушение горных пород при бурении скважин. – М.: Недра, 1979.
58. А. Н. Давиденко, А. А. Игнатов, П. П. Полищук Материалы к проектированию технологии бурения с использованием газожидкостных смесей / «Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения» Сб.н.тр. – Вип. 16 – К. ИСМ НАН Украины, 2013. – С. 212-216.
59. Сологуб С.Я., Годяев С.Г. Характер Напряженного состояния анизотропных горных пород при бурении. В сб. Совершенствование техники и технологии бурения скважин на твердые полезные ископаемые. Свердловск. 1986. – с. 43-47.
60. Бронзов А.С., Васильев Ю.С., Шетлер Г.А. Турбинное бурение наклонных скважин. – М.: Гостоптехиздат, 1960.
61. Куликов И.В., Воронов В.Н., Николаев И.И. Пневмоударное бурение разведочных скважин. – М.: Недра, 1989.
62. Воздвиженский Б.И., Мельничук И.П., Пешалов Ю.А. Физико-механические свойства горных пород и влияние их на эффективность бурения. – М.: Недра, 1973.
63. Блохин С.Е., Эйшинский А.М., Давиденко А.Н. Некоторые вопросы разрушения горных пород. – Днепропетровск, 1995.
64. ABOIT WILLAMA VALIGN HERSCHELF. Foam frae compleonz for light gaz formationz Petrol. Eng. 1976 – vol 48, №5.
65. Буровой инструмент Secoroc. Каталог продукции – оборудование для бурения погружным пневмоударником (ППУ). Atlas Copco – 2008.
66. А. Н. Давиденко, А. А. Игнатов, А. Ф. Камышацкий, П. П. Полищук Некоторые технические решения вопросов очистки забоя агентами пониженной плотности / Материалы международной конференции «Форум горняков – 2013». – Днепропетровск: РВК НГУ, 2013. – С. 210-214.
67. Иванов К.И., Ципкис А.М. Бурение шпуров и скважин самоходными шахтными установками. М.: Недра, 1983. – 199с.
68. Эйгелес Р.М. Разрушение горных пород при бурении. – М.: Недра, 1971.
69. Р.Р. Даутов Обоснование эффективных режимов ударно вращательного бурения скважин на скальных породах / Горный журнал, М.: 2005, № 8, С.85-87
70. Давиденко А. Н. Комплексная оценка свойств активированных промывочных жидкостей / А. Н. Давиденко, А. А. Игнатов, П. П. Полищук. // Наук. праці ДонНТУ. Серія Гірничо-геологічна. – 2012. – №2(17). – С. 199-204.

Наукове видання

Перетяка Павло Володимирович
Давиденко Олександр Миколайович
Поліщук Павло Петрович

**ТЕХНОЛОГІЯ І ТЕХНІКА РОЗВІДУВАЛЬНОГО БУРІННЯ
СВЕРДЛОВИН НА РОЗСИПНИХ РОДОВИЩАХ**

Монографія

(Російською мовою)

Видано за редакцією авторів.

Підп. до друку 18.12.2013. Формат 30x42/4.
Папір офсетний. Ризографія. Ум. друк. арк. 4,2.
Обл.-вид. арк. 5,2. Тираж 300 пр. Зам. №

Підготовлено до друку та видруковано
в Державному вищому навчальному закладі
«Національний гірничий університет»
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
ДК № 1842 від 11.06.2004.

45005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.