

33.15

П 84

РУБ.

рственное объединение каменноугольной
ленности Восточной части СССР — Востуголь

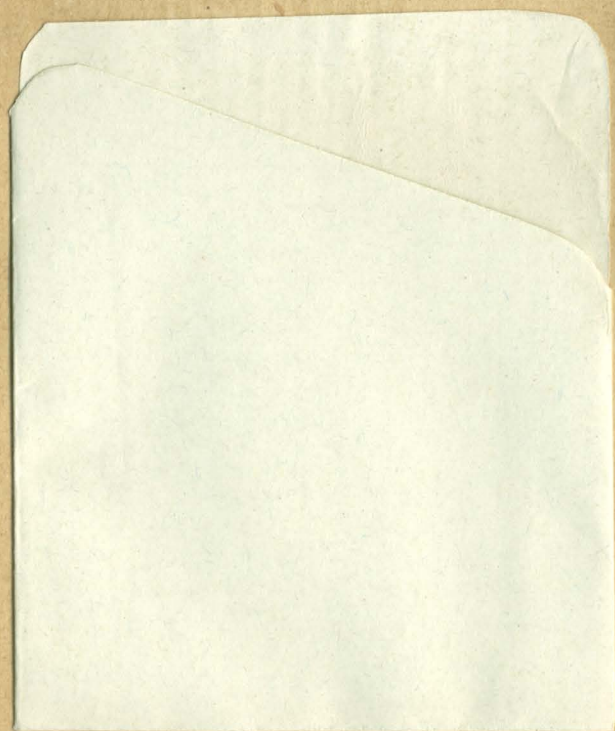
ВЫПУСК ПЕРВЫЙ

ПРОХОДКА ШАХТ

1 9 3 1



Н О В О С И Б И Р С К
З А П С И Б О Т Д Е Л Е Н И Е



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ СССР — „ВОСТУГОЛЬ“

ИНОСТРАННЫЙ ОПЫТ В КАМЕННОУГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВЫПУСК ПЕРВЫЙ

ПРОХОДКА ШАХТ

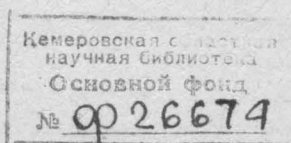
ПОД РЕДАКЦИЕЙ
ГОРН. ИНЖ. В. М. ЕРЕМЕЕВА



373715

ЭКТ

A



НОВОСИБИРСК

1931

ЗАПСИБОТДЕЛЕНИЕ

Предисловие

Пятилетний план развития угольной промышленности Востугля ставит огромные задачи по осуществлению шахтного строительства на ближайшее пятилетие.

Только по одному Кузнецкому бассейну, как видно из нижепомещенной таблицы, нужно заложить 81 шахту, производительностью от 600 до 7000 тыс. т годовой добычи каменного угля (см. табл. на стр. 4-5).

В таблице совершенно не учтены средние и малые шахты с годовой добычей от 150 до 300 тыс. т, не учтены также штольни, годовая добыча которых достигает до 700 тыс. т.

Кроме Кузбасса, Востуголь должен развить крупное шахтное строительство в Черемхово, где предусмотрены весьма крупные шахты: две по 2200 тыс. т и четыре по 3500 тыс. т годовой добычи; также значительное шахтное строительство предусмотрено на Хакассии, Черновском и Букачачинском рудниках.

Даже из этого весьма беглого обзора видна вся грандиозность задач, стоящих перед каждым администратором, техником и рабочим, принимающим хотя бы незначительное участие в шахтном строительстве.

Потребуется в самое ближайшее время строить шахты в различных угольных бассейнах с весьма различными геологическими данными. Очевидно, нужно теперь же, не теряя ни одной минуты, всем принимающим участие в этой работе вооружиться техническими знаниями, чтобы быть готовыми в любую минуту преодолеть природные трудности, встречающиеся при осуществлении шахтного строительства.

Однако пятилетним планом развития шахтного строительства требуется не только построить шахты, но и провести эту работу весьма быстро.

Что же наблюдается по шахтному строительству Востугля? Может ли оно продолжаться так же, как шло раньше, чтобы пятилетний план выполнить в намеченный срок?

Новое шахтное строительство Востугля началось, за весьма малым исключением, только в 1929-30 операционном году.

За этот операционный год по главным шахтам Кузбасса были получены следующие средне-месячные уходы проходки стволов:

Таблица № 2.

Наименование шахт	Сечение стволов	Способ крепления	Приток воды (кб.м) час.	Средне-месячный уход пог. метров готовой шахты
Шахта коксовая 1 скиповая	Круглое пл. сеч. 25,95 кв. м	Бетонное	70—90	6,75
" клетевая	" " 25,95 "	"	60—80	8,80
" № 3 Прокопьевская	" " 21,65 "	"	70	8,08
" № 5 "	Прямоугольное	Деревянное	60	13,98
" № 6 "	" "	"	60	11,93
" Новожурин., Ленинск.	" 10,95	"	50—70	10,48
" А Ленинская	" 14,7	"	почти сухая	18,6

Таблица развития шахтного строительства по Кузбассу.

Таблица № 1.

Наименование шахт	1931 год				1932 год				1933 год				1934 год				1935 г.			
	Число шахт		Производительность каждой шахты	Общая производительность	Число шахт		Производительность каждой шахты	Общая производительность	Число шахт		Производительность каждой шахты	Общая производительность	Число шахт		Производительность каждой шахты	Общая производительность	Число шахт		Производительность каждой шахты	Общая производительность
	Начинаем.	Продолж.			Начинаем.	Продолж.			Начинаем.	Продолж.			Начинаем.	Продолж.			Начинаем.	Продолж.		
Прокопьевский район.																				
Прокопьевский рудник																				
шахты продолжаемые	825—1000	42740	1500	23000	—	2	3000	825—1500	—	10	12300	1500	—	8	12000	1500	—	—	—	69000
"	2400	12400	2400	12400	—	1	2400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" начинаемые	1500	3000	825—1500	10	10	112300	1500	2	2	—	3000	1500	4	—	6000	7000	1	—	—	7000
Киселево-Афонский рудник																				
шахты начинаемые	400	—	400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" продолжаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Зенковский рудник																				
шахты начинаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" продолжаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Березово-Костенковский рудник																				
шахты начинаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" продолжаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Белово-Бобанковский рудник																				
шахты начинаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" продолжаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ленинский рудник																				
шахты продолжаемые	300—600	2900	1500	2900	—	2	3000	600—1500	—	4	5100	600	—	1	600	—	—	—	—	—
"	1500	1500	1500	1500	—	1	1500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" начинаемые	1500	1500	600—1500	3	3	3600	600	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Красноярский рудник																				
шахты начинаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" продолжаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Маковский рудник																				
шахты начинаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" продолжаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Старо-Щегловский рудник																				
шахты начинаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" продолжаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Щегловский рудник																				
шахты начинаемые	900	900	600—1000	3	3	2500	600—1000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" продолжаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ягуловский рудник																				
шахты начинаемые	1000	1000	1000	1	1	1000	1000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" продолжаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Алтайский рудник																				
шахты начинаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" продолжаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Прочие рудники Кемеровского района																				
шахты начинаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" продолжаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Барзасский рудник																				
шахты начинаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" продолжаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Анжеро-Судженский рудник																				
шахты начинаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" продолжаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Осиновский рудник																				
шахты начинаемые	1500	1500	1500	1	1	1500	1500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" продолжаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Арсановский рудник																				
шахты начинаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" продолжаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Усадо-Терентьевский рудник																				
шахты начинаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" продолжаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Грунаковский рудник																				
шахты начинаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" продолжаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Итого по Кузнецкому бассейну	—	7	10	—	—	27	9	—	—	17	29	—	—	19	27	—	12	22	—	—

Примечание. Производительность выражается в тыс т при конечной нагрузке.

По остальным, не показанным в таблице шахтам, а также в период особого квартала (октябрь, ноябрь, декабрь 1930 г.) скорость проходок стволов шахт оставалась такой же.

По литературным данным в Германии, где условия проходок нередко значительно труднее, средне-месячный уход значительно больше вышеуказанного по Кузбассу. Так при проходке шахты «Августа-Виктория 4» средне-суточный уход готовой шахты на участке, крепленном железобетонными туббингами, был 0,99 пог. м/сутки. В той же шахте на глубине от 120 до 436 м по сухому мергелю проходка готовой шахты в сутки составляла 2,77 пог. м (при креплении шахты набивным бетоном). В мокром мергеле с применением цементации и при бетонном креплении суточный уход был 1,43 пог. м.

Полагая 24 рабочих дня в месяц, средние месячные проходки на соответствующих участках шахты будут 24,66 и 34 пог. м.

Детально вопрос о производительности проходки освещен в статье горн. ассес. Шмид «Проходка шахты Августа-Виктория 4».

Сравнивая достигнутые результаты работ Востугля в Кузбассе и за границей, мы видим, что наши темпы шахтного строительства никуда не годятся. Нам необходимо детально проанализировать методы наших работ и в ближайшее время достигнуть заграничных скоростей проходок. На это указывает XVI съезд ВКП(б) в своих резолюциях:

«Учитывая крайнее отставание нового шахтного строительства от требований, предъявляемых к каменноугольной промышленности, съезд считает нужным форсировать крупное шахтное строительство, обратив особое внимание на ускорение темпов проходки, доведя их до уровня передовых индустриальных стран» (резолюция и постановления XVI съезда ВКП(б) ГИЗ. М. Л. 1930. стр. 30).

Директивы партии и правительства категорически требуют круто изменить темпы и давать средне-месячные уходы не менее 30 п. м.

Единственный метод наших проходок — это, так называемый, ручной способ с паровым водоотливом и подъемом. Обычно на проходке наших шахт имеется одна подъемная паровая машина, нередко недостаточной мощности. Паровые насосы, часто изношенные — обычное явление на наших проходках, никаких других мер борьбы с шахтной водой не принимается.

За границей, как правило, стараются избежать водоотлива насосами и заменить его предварительной цементацией. Мы же, за недостатком соответствующего оборудования и технических знаний, остаемся на дедовских способах работы.

Компрессора для наших шахт, можно сказать, являются роскошью, тогда как за границей это такие же необходимые для проходки машины, как и подъемные.

Вентиляторы, вентиляционные трубы, буровые и отбойные молотки, вспомогательные паровые и ручные лебедки нередко имеются далеко в недостаточном количестве на шахтах, находящихся в проходке.

Как правило, Востуголь проходит шахты, не имея проходческого проекта и сметы, из-за чего организация работ чрезвычайно страдает. Дело проходки при таком положении находится всецело в руках местных работников, которые нередко не имеют достаточных знаний и опыта в проходческом деле и абсолютно не могут применять наилучшие методы работы, применяемые в других местах, может быть даже Кузбасса.

В результате безпроектной работы, при недостатке оборудования и технических знаний, проходка шахт производится примитивным способом. Совершенно не применяются более совершенные способы работы, получившие уже права гражданства за границей: проходка с предварительной цементацией пород, способ замораживания, понижение грунтовых вод, забивная крепь, способ Гонигмана и т. д.

Чтобы шахтное строительство было выполнено в соответствующие сроки, необходимо теперь же изменить методы нашей работы и использовать полностью заграничный опыт по проходкам отдельных шахт.

Перед началом проходки необходимо детально исследовать геологию участка, где будет проходить данная шахта, точно определить пласты, по которым будет проходить шахта, и их водоносность.

На основании полученных результатов нужно составлять детальный проходческий проект, в котором должен быть выбран наиболее рациональный способ проходки с учетом заграничной практики.

Организация работ, точно так же, как и оборудование, должны быть детально освещены в проекте. На основании проекта и сметы надо провести все подготовительные работы, построить временные здания и сооружения, монтировать необходимое оборудование, заготовить материалы, подобрать технически грамотный административно-технический персонал и квалифицированную рабочую силу.

После указанных предварительных работ можно смело рассчитывать получить необходимые темпы проходок.

Отмечая «крайнее отставание нового шахтного строительства от требований, предъявляемых к каменноугольной промышленности», XVI съезд ВКП(б) указал и на средства форсирования крупного шахтного строительства. Одно из таких средств — использование иностранного опыта через перевод и издание заграничной технической литературы:

«В целях всемерного повышения технических знаний широких масс рабочих, административно-технического персонала и особенно выдвиженцев, необходимо в годичных планах изданий бронировать значительный процент за техническими изданиями (книги, брошюры, журналы), добиваясь улучшения их качества и всемерно форсируя перевод лучших технических книг и статей, выходящих в Европе и в Америке» (Резолюции и постановления XVI съезда ВКП(б) ГИЗ. М. Л. 1930, стр. 32).

Цель настоящего сборника — ознакомить административно-технический персонал с методами проходческих работ, применяемых в настоящее время за границей. В сборнике помещены переводные статьи из заграничных журналов и оригинальная работа инж. Кудлай и Строилова. Они освещают те основные методы проходки шахт, которые наиболее часто встречаются за границей.

В других же статьях описаны сами проходки некоторых отдельных шахт по методам, описанным в предыдущих статьях, результаты этих работ по производительности и по стоимости.

В сборнике помещен ряд статей исследовательского характера, которые должны показать читателям насколько серьезно и внимательно относятся за границей к проходческому делу и насколько подробно его изучают. Исследовательская работа по нашим проходкам совершенно не начата и нам теперь же надо обратить внимание на это дело, обдумать план работ, организацию их, дабы предвидеть те или иные последствия выбранного способа работы на проходках.

В конце сборника помещено описание проекта шахты Щегловской Кемеровского рудника. Проект выполнен в Берлине фирмой Фрелих и Клюпфель — К. Дейльман. «Эта статья должна представлять интерес как первый опыт проходки шахт в более трудных условиях Кузбасса методами, применяемыми за границей. Проект этот будет проведен в жизнь, возможно с весьма небольшими изменениями, в 1931 и 1932 году.

Все помещенные в сборнике статьи должны обратить внимание инженерно-технических работников и хозяйственников на то, что при различных местных условиях должны быть далеко неодинаковые методы работ.

При наблюдающихся у нас недостатках материала, нам особо следует обратить внимание на способ проходки шахт по способу Гонигмана. Этот способ в наиболее трудных геологических условиях сравнительно просто разрешает проходку шахт способом бурения без временного крепления. Пройденные этим способом шахты дают удовлетворительные результаты как по скорости проходки, так и по стоимости (см. статью проф. Гейзе «Новейшее развитие Гонигмановского способа бурения»).

Кроме скорости проходок, весьма актуальное значение имеет стоимость этих работ.

За 1929-30 год стоимость проходок основных шахт Кузбасса далеко превосходит стоимость проходок за границей, что видно из нижепомещенной таблицы (см. табл. на стр. 8).

Весьма ценные указания по распределению расходов имеются в статье горн. ассес. Г. Шмид «Проходка шахты Августа-Виктория 4». Эта статья показывает, насколько в Германии учитывают все затраты на проходки.

Таблица № 3.

Наименование шахт	Стоимость за 1 пог. метр.		
	Шахты Кузбасса	Шахты Германии	
	Руб.	Герм. марок	
Шахта коксовая	5406 ¹⁾		¹⁾ Шахты закреплены бетоном сечения 25,93 и 21,65 кв. м.
" "	4740 ¹⁾		
" № 3 Прокопьевск.	5373 ¹⁾		
" № 5 "	1775 ²⁾		²⁾ Шахты с деревянным креплением сечения 10,95 и 14,7 кв. метр.
" № 6 "	2293 ²⁾		
" Новожуринская Ленинска	1643 ²⁾		
" "А" Ленинска	1484 ²⁾		
" Августа Виктория № 4	—		
Участок шахты, пройденный замораживанием и закрепленный тубингами 120 м.	—	9800	³⁾ Шахта закреплена набивным бетоном.
Участок шахты, пройденный в сухом мергеле 316 м.	—	1973 ³⁾	
Участок шахты, пройденный в мокром мергеле 61 м.	—	2506 ³⁾	
Участок шахты, пройденный в каменноугольной формации 306 м.	—	2422 ³⁾	

В других статьях, хотя и менее детально, но все же вопрос о себестоимости в достаточной мере освещен.

Помещая в первом выпуске нашего сборника материалы по проходке шахт, мы полагаем, что для работников каменноугольной промышленности Сибири, где особо важное значение имеет шахтное строительство, сборник будет весьма полезен. Тем более, что выпущенные до сих пор Союзуглем «Сборники материалов по рационализации каменноугольной промышленности за границей» почти совершенно не касаются проходки шахт.

В этом выпуске, к сожалению, не удалось осветить обычный способ проходки шахт, нормальный план оборудования проходок и производство работ при этом способе. Данные по этому вопросу можно найти в книгах **Браун, Ф. Проходка вертикальных шахт**, Перевод В. Д. Слесарева. М. Гостехиздат. 1930 г. 328 стр. Ц. 5 р. и **Справочник для проходчиков**. Под ред. проф. А. М. Терпигорева и горн. инж. И. Б. Кагана: Том I. Изд. Угля, 1931. Стр. 252. Цена 2 руб.

Издавая первый выпуск нашего сборника, редакция просит его читателей присылать свои пожелания к следующим выпускам и отзывы о настоящем издании.

В. Еремеев.

Новейшие достижения в проходке шахт¹

Проходка шахт, даже при самых тяжелых условиях, еще не является большим искусством. Искусство же заключается в том, чтобы пройденную шахту закрепить таким образом, чтобы она могла противостоять напряжениям, появляющимся не только непосредственно вслед за проходкой, но и тем напряжениям, которым ствол подвергается все в большем масштабе с течением времени, вследствие влияния выемки.

Вносящих коренные изменения новинок, какими в свое время были способы Кинд-Шодрона, Фрида Гонигмана, выдающихся способов замораживания, цементации и др. в последнее десятилетие не отмечается, за исключением способа Siemens Bau Union. Напротив того, все известные способы проходки шахт получили дальнейшее свое развитие и усовершенствование.

Прогресс, который коснулся не только усовершенствованной аппаратуры, но и уверенности в благополучном окончании работ и более высокой экономичности, позволяет в настоящее время с уверенностью проходить шахты на такую глубину, на которой экономически еще выгодно вести эксплуатационные работы.

От проходки вручную переходят вообще к бурению шпуров с применением бурильных молотков.

Освещение производится «шахтным солнцем». Для водоотлива предпочитают, как и раньше, «Дуплексы-насосы», приводимые в действие сжатым воздухом или паром. При большом притоке воды с Томсоновским водоотливным устройством конкурирует электрический центробежный насос высокого давления, который справляется с высотой нагнетания до 1200 м при одноступчатом водоотливе и выдерживает перегрузку от 10 до 20%²).

В Южной Африке с большим успехом применялись проходческие копры из стали, которые прежде всего целесообразно применять тогда, когда большое число шахт должно быть пройдено в последовательном порядке. Теперь, как и раньше, самым дешевым способом все еще остается проходка вручную, и поэтому она является порой экономически более выгодной, чем без разбора применяемый способ цементации, на что справедливо указывал На ак.

В живом развитии, которое получили в последнее десятилетие другие способы проходки шахт, способ с опускной крепью едва принимал участие и остался позади способа замораживания и цементации. Это в значительной мере объясняется тем, что при проходке с опускной крепью всегда приходится считаться с некоторой неуверенностью в успехе и необходимостью опускания второго и даже третьего цилиндра.

Все же до глубины в 30-45 м и при чистом песчаном пльвуне, а также при наличии горизонтального, не пропускающего воду глинистого слоя, с большей вероятностью можно рассчитывать на успех опускной крепи и тогда этот способ должен быть предпочтен всякому другому, как наиболее дешевый. Приобретение необходимых проходческих приспособлений стоит значительно дешевле, и они могут быть получены в более короткий срок, чем аппаратура, необходимая при способе замораживания. Эконо-

¹ Перевод с немецкого инж. С. М. Гаркави из журнала „Kohle und Erz“ 1929, № 14.

² Glückauf, 1917, стр. 570.

³ Glückauf, 1926, стр. 432.

мий во времени, которая при шахтах в 30 м глубины, по сравнению со способом замораживания, определяется почти тремя месяцами¹⁾, также столь значительна, что при благоприятных, до некоторой степени, геологических условиях, отдают предпочтение способу с опускной крепью.

В САСШ в последние годы произведены очень удачные опыты по проходке шахт с железобетонной опускной крепью до глубины 57 м, причем через вертикальные трубы, замурованные в опускной крепи, подавали под давлением воду, которая разрыхляла породу по окружности шахты, передвигала ее к центру шахты, откуда порода выдавалась на поверхность. Если вес железобетонной крепи недостаточен для опускной крепи, то внутри ее помещают полый железный цилиндр и кольцеобразное пространство между ним и опускной крепью заполняют песком и водой. Таким образом за 10 часов можно опустить крепь почти на 925 мм, в то время как минимальное подвигание было в 1 м за 10 дней.

В Германии общество Эльверат также работало опускной крепью из железобетона, но при этом железобетонная крепь была не набивной, как в САСШ, и не возводилась по мере надобности, но составлялась из железобетонных колец диаметром в свету 3,5 м и 0,5 м высотой. Заготавливаемые по поверхности кольца были снабжены для помещения железобетонной арматуры вертикальными пустотами, которые потом набивались бетоном.

В дальнейшем при проходке с опускной крепью выяснилось, что более целесообразно давление сжатого воздуха для опускания крепи воспринимать не через наружный цилиндр, закрепляющий устье шахты, так как он имеет стремление опускаться вместе с крепью, но воспринимать это давление через армированную железом тяжелую бетонную плиту, на которой располагается подъемный станок²⁾. На шахте об-ва «Эльверат» в качестве опор для прессов был также использован тяжелый копер из железобетона.

Новое применение нашел себе способ опускной крепи на шахте «Редвиг-Вунш»³⁾ на предприятиях Борзиг в О — S, где прошли вентиляционный канал под углом в 37°, диаметром в свету 1,6 м, через плывун мощностью в 1,8 м с помощью наклонной опускной крепи. Скошенный внизу опускной башмак состоял из 12 мм железа, на нем была возведена опускная крепь из опалубных досок с арматурой из углового железа и покрыта торкрет бетоном толщиной в 18 см. Крепь скользила по направляющим и подвергалась давлению прессами, причем было достигнуто подвигание 12-15 см за восьмичасовую смену.

Проходка шахт с помощью нагнетания сжатого воздуха в последние годы в Германии уже не производится. Отнимающие много времени спуск и выдача людей и породы через шлюзовые камеры, что очень понижает производительность, а также значительная опасность для здоровья рабочих, наряду с большими затратами, привели к тому, что этот способ все более и более отступает на задний план. Правда, были сделаны предложения заменить вредный азот гелием⁴⁾, который имеет наполовину меньшую растворимость в крови, чем азот, и быстрее диффундирует, так как его молекулы меньше. Выдачу людей через шлюзовые камеры можно ускорить тем, что на поверхности устанавливают ряд камер с высоким давлением, куда быстро переводят людей и где понижение давления может происходить медленно. Этот способ с большим успехом применяется у океанских водолазов.

Совершенно новым и многообещающим является способ проходки Siemens Bau (Union)⁵⁾. Он базируется на идее понижения уровня почвенных вод помощью колодцев с трубами, при этом благодаря откачке воды и понижению ее уровня образуется большое сухое ядро как в шахте, так и вокруг нее, в противоположность способу со сжатым воздухом, когда опускание уровня почвенных вод происходит под давлением. Спо-

¹⁾ Beil Erfolge mit dem Senkschachtverfahren. Успехи с опускной крепью 1913. стр. 309.

²⁾ Beil; Glückauf. 1913, стр. 314.

³⁾ Glückauf, 1926, стр. 908.

⁴⁾ Engineering. 1926, 26. П.

⁵⁾ Сихардт. О понижении уровня почвенных вод. „Строит. техника“. 1927, стр. 47—50.

соб с успехом был проведен на бурогольной шахте «Матадор» в Зенфтенберге, где на глубине 12 м залегал горизонтально очень грубозернистый песчаный плавун, мощностью в 20 м. Над плавунном прошли временную шахту, из нее прошли по четырем направлениям по штреку, по концам этих штреков — перпендикулярные к ним штреки, в которых были устроены колодцы с трубами до глубины в 7 м. К этим колодцам, которые для удержания плавунна были закреплены трубами с приливами Tresseröhre были присоединены электрические насосные агрегаты, каждый производительностью по 3 куб. м/мин. В самой временной шахте также был устроен колодезь с насосной установкой. Затем начали откачивать, пока уровень воды не опустился на 6 м. Углубили шахту на 6 м, прошли новые штреки, но по меньшему кругу, чем в первой ступени, и таким образом понизили четырьмя ступенями постепенно уровень воды настолько, что он стоял только на 1-1,5 м над несущим воду пластом глины, подстилающим водоносный слой. Эти последние 2 м были пройдены с помощью шпунтовых стен из профильного железа и потом шахта была закреплена бетонитами. В первой ступени работало 9 колодцев общей производительностью в 27 л/сек., во второй 13 колодцев с производительностью 38 л/сек., в третьем 15 с 48 л/сек. и в четвертой ступени — 11 колодцев с суммарной производительностью в 55 л/сек.

Проходка очень хорошо удалась, радиус действия понижения так велик, что внутри этой воронки понижения уровня можно было смело проходить насухо вторую шахту. Этот способ можно было бы улучшить и упростить тем, что вместо колодцев с трубами, которые имеют высоту всасывания в 6-7 м, работали бы опускные насосы, так называемые насосы для скважин. Они состоят из вытянутого в длину центробежного насоса, на валу которого сидят подводные электромоторы, герметически закрытые с короткозамкнутым якорем.

Продолжением насоса, помещающегося над мотором, служит выдающаяся труба, на которой висит насосный агрегат. Такого рода подводные насосы изготавливаются на производительность до 4 куб. м/мин. для нагнетания до 250 м.

С помощью таких насосов возможно произвести одной ступенью понижение уровня почвенных вод до любой глубины, к тому же весят они только $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{3}$ того, что весят насосы для колодцев, дешевле и не нуждаются в фундаменте. При не очень мощных водоносных слоях этот способ проходки дешев, имеет то большое преимущество, что углубка проходит с сухой подошвой, без шлюзовых камер, каковые нужны при способе с нагнетанием сжатого воздуха, что валуны и другие крепкие включения не препятствуют работе и что по окончании углубки уровень воды снова занимает свое нормальное положение. Уменьшение объема слоев, что могло бы вызвать осадку или обрушение кровли, не происходит. При возможных перерывах в подаче тока или при других производственных неполадках, проходит несколько дней, пока уровень почвенной воды достигнет своего первоначального положения.

Этот способ ведет к цели с большой уверенностью; единственный недостаток тот, что последние 1-2 м нужно проходить со шпунтовыми стенками. Для небольших глубин этот способ, без сомнения, предпочтительней, чем опускная крепь или способ с нагнетанием сжатого воздуха. При больших глубинах он очень дорог, так как надо откачать большое количество воды. Годен ли этот способ для очень мелкозернистых, трудно пропускающих воды плавуннов, можно выяснить лишь после опытов. Для слоев, содержащих глину, он не применим. Во всяком случае, этот способ служит примером того, как, благодаря научно-теоретическим исследованиям, которые были проведены Дарси, Борнгеймером, Тиме и в последнее время Эстором¹⁾ и Вебером²⁾, были получены важные технические новости.

Бурение шахт является, конечно, самым старым машинным способом проходки, и если скважину диаметром в 1,48 м, оборудованную только для спуска людей, захо-

1) Эстор. Значение способа предварительного обезвоживания горных пород для углубки шахт в бурогольной промышленности. Berlin Charlottenburg, 1928.

2) Вебер. Исследования о радиусе действия понижения почвенных вод помощью трубчатых колодцев. Diss, Berlin, Charlottenb, 1928.

тет считает за шахту, но бергассессор Гейн¹⁾ был первым, который 105 лет назад в Бохуме пробурил шахту.

Способ Кинд-Шодрона в последние годы больше не применяется, так как он превзойден более новыми способами, которые безопаснее и дешевле. Напротив, бурение шахт по способу Фрица Гонигмана, который впервые применил его в 1896 г., получил значительное усовершенствование и распространение и именно там, где проходят сильно водоносные, рыхлые, сыпучие или умеренно крепкие слои: прежде всего, в плавуне и в пластах, где откачка воды невозможна.

Шахту наполняют целиком водой и бурят до прочных пород, подстилающих водоносные слои, без всякой крепи. Бока шахты не обрушаются, благодаря превышению давления воды внутри шахты над гидростатическим давлением воды в породах. Это превышение давления создается тем, что шахту наполняют водой на несколько метров выше, чем уровень почвенной воды, и что удельный вес этого водяного столба повышают, шламируя его глиной. Вследствие этого получается сначала поток от середины шахты к стенкам, благодаря чему несвязанные частицы песка удерживаются в их положении и прижимаются к стенкам шахты. Кроме того, песчаные стенки действуют как фильтр для мелких частиц глины и покрываются тонким слоем глины, благодаря чему шахтные стены получают достаточное укрепление. Даже при подрывании стенок шахты последние не теряют связи и спокойно стоят.

Следующее преимущество глиняной рубашки состоит в уменьшении потери промывочной воды, так как глиняная рубашка скоро становится совершенно водонепроницаемой. Потери составляли, например, на шахте «Адольф» в округе Вурм только 9 л/мин. Только в момент прорезки мощных песчаников появляются большие потери воды. Если остановить бур на короткое время, то замечается тотчас же прекращение потерь воды, так как поры песка заклеиваются глиной в самое короткое время.

Для выдачи породы Гонигман использовал вместо бура с мешком Маммут-насос, устроив буровые штанги полыми и пустив снизу сжатый воздух. В округе Вурм, в Эркеленце, в Голландском Лимбурге в Средней Германии и Нижней Австрии в последние годы было пройдено таким способом много шахт с успехом, после того, как западно-рейнским обществом для глубокого бурения в Дюссельдорфе и его директором Кеввером была значительно улучшена аппаратура²⁾.

Буровые штанги висят на четырехгранной направляющей штанге, которая при способе Rofard вращается с помощью вращающегося стола и медленно опускается на полиспасте. Зубья вращающегося бура сидят не непосредственно на его плечах, так как иначе они по подошве двигали бы перед собой вал шлама и теряли бы свою способность резать, но они укреплены на особых скобах, через которые поднятый шлам может проходить наверх. Штанга направляется с помощью щек очень тщательно, чтобы штанги оставались строго по отвесу. Твердые слои породы и крепкие включения удаляются особыми бурами. Бурение производится ступенями, например, диаметром 2,2 м, 5,5 м и 7,3 м.

Большое преимущество этого способа заключается в том, что можно безопасно достигнуть любой глубины, при сравнительно малых затратах. Конечно, могут появиться затруднения тогда, когда бур, пройдя плавун и прорезавши непронускающий воду слой, попадает в крепкую, но трещиноватую породу, имеющую безводные пустоты или большие открытые трещины нарушения, или когда вообще при шахтном бурении попадают в породы, хорошо пропускающие воду, но потери воды, в большинстве случаев, и здесь можно прекратить с помощью промывки со шламмом. Чтобы и в этих случаях достигнуть надежности, перед проходкой шахты полным сечением, проходит передовую скважину диаметром 50-70 см, которая вскрывает свойства пород до подошвы шахты и служит надежной вертикальной направляющей для последующего большого бура.

¹⁾ Архив по минералогии. Kersten u Duhon. 1854, стр. 66.

²⁾ В. Шульд. Способ Фрица Гонигмана для бурения шахт 1894 — 1895—1926. Кефер. Бурение шахт в плавунках без крепления. 1924.

Способ цементации, который последнее время получил очень большое распространение, уже очень стар, ибо уже в 1864 г. на шахте № 1 рудника «Рейнпрейсен» была возведена каменная опускная крепь с помощью способа цементации. Позже на немецких и заграничных шахтах также были сделаны опыты проходки плавунув с помощью цементации, но только в 1894 г. этот способ в большом масштабе был применен Портье сперва для цементирования водонепроницаемой крепи, а потом также непосредственно для проходки.

В то время, как в Германии производят цементацию и углубляют ступенями, в других странах получены хорошие опыты цементации на всю глубину, когда с поверхности постепенно бурят скважины ниже самого глубокого слоя, подстилающего водоносные слои, и через эти скважины под давлением подают цементный раствор. Таким образом, например, были пройдены шахты Болье обществом Тогаку¹⁾, где между 25 и 105 м а также между 286 и 293 м глубины залегают водоносные слои. В общем пробурено 19 скважин, из коих одна глубиной до 25 м, 10 — до 105 м и 8 — до 300 м. Начинались они диаметром в 45 см, на 300 м заканчивались 15 см. Бурили одновременно двумя ударными буровыми машинами. Сперва во все скважины до 25 м нагнетали цемент под давлением в 7 атм. После затвердения разбурили их и углубили до 56 м, заново зацементировали и повторили все снова до глубины 76 м и 105 м. Затем сразу пробурили от 105 до 286 м, зацементировали под давлением, потом заглушили, потому что скважины снова дали воду; зацементировали снова, заглушили на 291 м и 393 м и повторили этот же способ. После этого шахту можно было проходить совершенной сухой.

Чтобы сделать шахты непроницаемыми, в округе Па-де-Кале водонепроницаемую крепь (кювелаж), которая в конце войны была взорвана, вышеупомянутым способом с большим успехом применили для глубины около 70 м. Бурили 15-30 скважин по одной или двум окружностям вокруг старой шахты, постепенно, небольшими ступенями в 5—20 м и цементировали под давлением. Обсадные трубы брались длиной 10-20 м, чтобы получить хорошую направляющую для буровых штанг.

Скважины для цементирования дали диаметр только в 60 мм. Буровая мука промывалась с помощью буровых штанг или особой промывной трубы. На некоторых шахтах, осевшая вследствие обрушения крепи, поверхность земли была укреплена цементированием.

В Германии, в общем, углубляют и цементируют ступенями, потому что приходится иметь дело с пластами, которые допускают этот более дешевый и дающий более быстрое продвижение способ.

Обсадные трубы, расположенные по шаблону, на котором отмечены для скважин радиусы отдельных окружностей и углы, были уплотнены цементом, к которому для ускорения схватывания был прибавлен трикозаль III. Длина обсадных труб, которые внизу были снабжены гипсовой пробкой, зависит от крепости встречающихся пластов и гидравлического давления. Давление в 40 атм. может просто разрушить средней прочности пестрый песчаник, мощностью в 10 м.

В последнее время, вместо зацементированных обсадочных труб, охотно применяют трубы со свинцовым уплотнением, при котором свинцовое кольцо плотно прижимается к стенкам с помощью трубы, опускающейся вниз при завинчивании вокруг обсадной трубы. При этом способе бурят сперва коронкой на глубину 1—25 м, а потом обычным буром с X или Z резак. Если при бурении попадают на водоносные трещины, то двумя рабочими быстро опускается в скважину обсадочная труба со свинцовым уплотнением и насаженным, но открытым вентилям, в то время как двое других рабочих, натягивая четырехгранную гайку, прижимают свинцовый манжет к стенкам скважины, пока не будет достигнуто уплотнение, что можно установить закрывши вентиль. Затем эта скважина цементируется и после окончания схватывания пробуривается до желаемой глубины и цементируется дальше.

Скважины, которые до конечной глубины не попадают на воду, осторожности ради, заполняются густым цементным молоком. Преимущество этого способа заклю-

¹⁾ Broun „Vertical Schaft Sinking“ стр. 150. (Проходка вертикальных шахт).

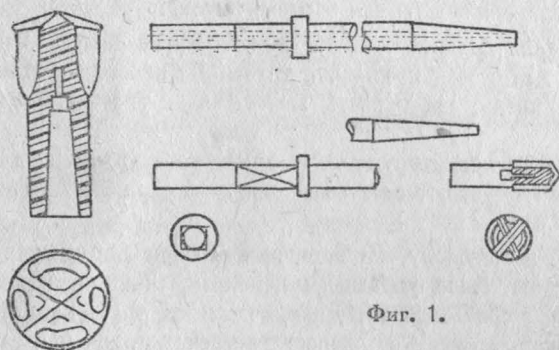
чается в том, что нужно обсадить трубами только те скважины, которые действительно дают воду. Это благоприятным образом сказывается как на экономии затрат на работу и материалы, так и на возможных впоследствии взрывных работах. С другой стороны, этот способ требует очень хорошо сработавшихся, решительных и надежных рабочих.

Конечно, этот способ при мягких и пористых породах неприменим, так как здесь свинцовое кольцо не дает необходимого уплотнения и достаточной опоры для обсадной трубы. Зацементированные обсадные трубы после затвердения пробуриваются и испытываются на давление, превышающее в полтора раза ожидаемое давление, которое для глубоких шахт может доходить до 60 атм.

В то время как за границей бурение скважин для цементирования часто производится машинами для алмазного бурения, особенно при цементировании на всю глубину сразу, в Германии для обсадных труб пользуются исключительно бурильными молотками, весом до 35 кг (буры с коронками), для скважин цементирования — молотками весом от 17-18 кг с Z — X резаками, из которых одна пара сторон на 5 мм уже.

Удаление буровой муки происходит через головку для промывки, так как пропуск промывочной воды через самый бурильный молоток влечет за собой значительный износ. Расход воздуха на бурильный молоток составляет при 5 атм. около 1,5 куб. м. Буры имеют длину до 30 м, применяются большей частью со силовой штангой и при больших длинах вводятся в скважины с бадьи или площадки.

В последнее время пользуются с большим успехом отдельными буровыми штангами длиной в 3 м, которые соединяются стальными коническими муфтами, так называемыми, конусами Морзе. Буровая коронка также снабжена таким конусом и, благодаря этому, удобно заменяется (см. фиг. 1), так что уже не нужна транспортировка всей буровой штанги к кузнице. Благодаря этому получается значительная экономия во времени и оплате.



Фиг. 1.

Сломавшиеся буры достают с помощью ловителей (Spitzfänger).

Мавшиеся буров из глубоких

Для вытаскивания сломавшихся буров из глубоких скважин также можно пользоваться электростержневыми магнитами, для которых потребный ток получается от аккумуляторной батареи, помещенной в ящике.

Глубина скважин доходит до 40 м, но только в очень крепких породах. При рыхлых породах глубина ограничена,

но зато число скважин увеличивается и может достигнуть 80, в то время, как обычно проходят 30-40 шт. Перед цементированием нужно озаботиться о том, чтобы вся буровая мука была тщательно удалена из скважин, поскольку этого не приходится, благодаря гидростатическому давлению воды.

Введение цемента может происходить тремя способами: 1) или цементацией с поверхности при использовании только избыточного гидростатического давления; 2) включением насоса высокого давления между сборником для цементного молока на поверхности и скважиной, при этом цементное молоко нагнетают под давлением на 10-15 атм. больше, чем существующее гидростатическое давление; 3) цементируют с подошвы шахт, применяя для цементирования насосы высокого давления, которые могут доводить это давление до 150 атм. Первые два способа применяются тогда, когда нужно нагнетать большое количество цемента. В течение 24 часов можно пропустить до 300 т цемента. Очень высокое давление применяется тогда, когда при особо неблагоприятных породах, например, содержащих соли, нужно нагнетать небольшие количества цемента в мелкие трещины.

Насосы для нагнетания нужно так конструировать, чтобы они имели возможно меньше мертвого пространства, где цемент может осесть и затвердеть. Особенно хорошо оправдали себя шариковые клапаны и клапанные седла из хромоникелевой стали, которые почти не имеют износа, не раз'едаются раствором. При нагнетании вблизи поверхности земли необходимо следить, чтобы давление не было слишком велико и цемент не выступил на поверхность.

В качестве движущей силы сжатый воздух лучше, чем электричество, так как он лучше приспосабливается к постоянно меняющимся условиям давления. Вместо насосов применяются иногда инжекторы наподобие черпалки «Маммут», которые имеют то преимущество, что они вообще не нуждаются в вентилях. Когда цемент схватился и затвердел, то разбуривают скважину заново и нагнетают снова, если показываются следы воды.

Цемент берется преимущественно «Тюрингия» или доменно-шлаковый благородный цемент, как крупновский. Для гипсовой пробки употребляют также магнезиальный цемент или Алька-цемент. Чтобы получить возможно большую прочность, берут медленно схватывающийся цемент и начинают работу вообще с очень жидким раствором с 2-3% цемента и постепенно делают его гуще. Высшим пределом является раствор с 60% цемента. Если нужно зацементировать большие трещины, то прибавляют к раствору для экономии цемента песок, а в последнее время также мелкую древесную муку, получая при этом хорошие результаты.

Конечно, нужно следить за тем, чтобы не произошло распада смеси на составные части и не появились пробки. Когда все дающие воду скважины зацементированы и при разбуривании остаются сухими, то производят углубку или взрывными работами или особыми отбойными молотками и составляют целиком в 4-5 м для укрепления новых труб. Взрывную работу нужно, по возможности, ограничивать, чтобы не нарушать стенки шахты и, в крайнем случае, применять только для получения вруба. Хотя работа с отбойными молотками продвигается вперед относительно медленно за единицу времени, но все же достигается то же общее продвижение, что и при взрывных работах, так как отпадают частые и длительные перерывы, связанные с взрывной работой.

Толщина стенки, образовавшейся благодаря цементированию вокруг готовой шахты, сильно колеблется от местных условий и может достигать до 4 м, благодаря чему шахта, естественно, приобретает очень большую сопротивляемость как в отношении давления воды, так и пород. Эту цементную оболочку усиливают еще тем, что бурят радиально направленные скважины длиной 10-12 м и цементируют их также.

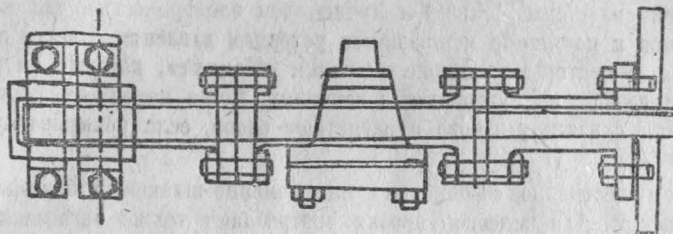
По окончании углубки крепят шахту кирпичем, большей частью участками около 30 м.

Расход цемента подвергается очень большим колебаниям. На упомянутой выше шахте в Болье на каждый погонный метр расходовалось в трех первых участках сверху вниз 13,26—9,75 и 5,5 т цемента и между 286 и 293 м глубины кругло 115 т. На одной английской шахте требовалось на пог. м в пестром песчанике 3-9 т цемента. На руднике «Эмшер-Липше» было затрачено на одну скважину 5000 мешков цемента.

Скорость подвигания углубки колеблется также очень сильно, бывают скорости до 30 м в месяц. При некоторых обстоятельствах цементация нескольких метров продолжается много месяцев. Это бывает чаще всего в породах, содержащих соли. При взрывных работах бурят (при диаметре шахты в свету в 6 м) 50-55 шпуров по 4 м длиной. Бурение каждого шпура продолжается около 40-45 минут, общее время бурения шпуров около 6-7 часов.

В последнее время способ цементации с большим успехом применяют при восстановлении обрушившихся частей ствола, при расширении стволов, для уплотнения и усиления нарушенных стенок шахт, шахтного каменного укрепления и чугунных колец, причем, как правило, шахту засыпают и углубляют, цементируя участками. При цементировании шахт чугунными кольцами, шпунца для нагнетания, вместе с вентилями, укрепляют с помощью четырех болтов, ввинченных в чугунные кольца (фиг. 2) и затем через эту трубу сперва просверливается туббинг.

Также при шахтах, пройденных по способу замораживания, особенно при углубке в породах, содержащих соль, хорошо справились с притоком воды или рассолов посредством нагнетания в замороженную толщу цемента, преимущественно Алька-цемента или чистого магнезита. Теплота, выделяемая при схватывании, ни в коей мере не оказывалась вредной.



Фиг. 2.

В последнее время цементирование применяется для того, чтобы сделать водонепроницаемыми рудничные дворы и квершлага. В прошлом году, например, на шахте *Openhansenschacht* горный инспектор Ибенбюрен успешно зацементировал постепен-

но 10,6 м рудничного двора и 127 м квершлага, благодаря чему был задержан приток воды в 4,5 — 6,5 куб. м/мин.

Несмотря на свои разносторонние возможности, применение способа цементирования ограничивается теми случаями, когда процессу схватывания не препятствует ни обильное газовыделение, ни глина, ни масла. При очень рыхлых породах происходит часто то, что хотя водоносные трещины и хорошо зацементированы и стали водонепроницаемыми, но вода просачивается через мелкие поры пород, куда цементное молоко не сможет проникнуть. Здесь применяют другой способ, который с помощью химических растворов укрепляет породы. Бельгийский предприниматель Франсуа нагнетал слабый раствор смеси химических продуктов, вассергласа и сернокислого глинезема, благодаря чему образовался водянистый, слизкий осадок, который до некоторой степени смазывал отверстия между зернами песка, так что песчаник поглощал теперь больше цемента. Благодаря этому, Франсуа достигал большой сферы нагнетания цемента.

Единственный недостаток тот, что сульфат алюминия, особенно при применении высокого давления, сильно действует на вентили и проводку. Расход химических продуктов¹⁾ составлял на 1 пог. м шахты 1,5—5 т силикатов натрия и 0,75—2,5 т сульфата алюминия. В Германии выданы два патента для аналогичных способов: один *DRP* № 404170 Симфориуса Бергера в Саарбрюкене, в котором новое состоит в том, что к первому раствору прибавляются глина, песок или им аналогичные материалы.

Таким образом можно заполнить большие пустоты, не расходуя слишком много химических продуктов или цемента. Однако и таким способом нельзя добиться цементации несвязанных песчаных масс. Здесь на помощь приходит способ, изобретенный д-м Иостеном и запатентованный акционерным обществом *Tiefbau u. Kaeindustrie* за № 441622, по которому также последовательно нагнетаются два химических раствора. Этот способ применим только для пород, содержащих кварц или песок и не загрязненных глиной или аналогичными породами, но имеет то преимущество, что этим способом можно укрепить песчаные плавуны, что при способе цементации невозможно. Работа выполняется или участками или на всю длину сразу таким образом, что первый химический раствор нагнетается через продырявленную трубу в породу, а потом, после вытаскивания, чистки и нового опускания этой трубы, нагнетается второй раствор. Благодаря этому, вокруг трубы образуется прочный кожух, радиусом около 1,4-2 м, т.е. цилиндр диаметром в 3-4 м.

Укрепление наступает непосредственно вслед за нагнетанием второго раствора; не требуется времени на схватывание или затвердение, в чем заключается большое преимущество перед цементом. Крепость пород, укрепленных таким способом, со временем возрастает при соприкосновении с водой. Прочность на раздавливание пород, укрепленных таким образом, составляет около 40 кг/см².

¹⁾ Forstero Broun „Vertical Schaft Sinking“, стр. 143.

Так как химические продукты нагнетаются в виде растворов, а не во взвешенном состоянии, то отпадает фильтрующее действие пород, что при очень мелко-пористых породах затрудняет или препятствует цементации. Таким образом могут быть укреплены неводоносные, рыхлые и сыпучие пески. Расход химических продуктов при сухой почве, конечно, значительно выше, чем при влажной. Прочность укреплений сухой почвы меньше, чем влажной. Поэтому целесообразно сухие пески предварительно напитать водой, прежде чем нагнетать раствор. Для этого способа важно то обстоятельство, что он связывает отдельные песчинки между собой, но оставляет поры, которые пропускают воду. Поэтому необходимо вслед за водой нагнетать цемент, чтобы получить полную водонепроницаемость.

С другой стороны там, где сильный приток воды исключает возможность применения способа цементации, можно, применяя химический раствор, уменьшить сильный приток и подготовить соответствующие пласты для цементации. На шахте «Прусс-Клюз» в Миндене каменное крепление, которое пропускало 80 л/мин. воды, было сделано в течение четырех дней совершенно водонепроницаемым, чего нельзя достичь одним цементированием. Этот способ был успешно применен для достижения водонепроницаемости каменной опускной крепи, которая пропускала 400 л воды в минуту на 1 пог. м, а также, чтобы сделать водонепроницаемым зумпф.

Этот способ пригоден для того, чтобы сделать водонепроницаемыми сборные водоемы, сифоны, перемычки в долинах, для укрепления откосов при открытых работах или плотин. Расход химических продуктов должен быть значительно ниже, чем цемента при одинаковых условиях. К тому же присоединяется значительная экономия во времени, так что этот способ сыграет еще большую роль в горном деле.

Способ замораживания, несмотря на многие неудачи, которые вначале почти регулярно случались, не только совершенно преодолел недоверие, появившееся к нему, но теперь может рассматриваться, как способ углубки, который не только применяется в тяжелых случаях, но часто также и там, где при незначительных глубинах опускная крепь или другой способ были бы дешевле. Причину его все возрастающего распространения нужно искать в том, что после того как перешли от стадии чисто практических опытов к научному исследованию и пониманию происходящих процессов, удалось установить точные цифры потребного расхода времени и энергии, получить надежные расчеты давлений. действующих на замороженную стену, для определения необходимой толщины ее, а также рассчитать напряжения в последующем креплении. Особенное значение для развития способа замораживания имеют научные работы Альби, (Совестри¹⁾, Вольбрекера²⁾ и, прежде всего, Домке³⁾, который критически свел воедино и исправил работы своих предшественников.

Домке, приняв во внимание, что замороженное тело не раздавливается при давлении со всех сторон, и учтя далее, что каждый градус понижения температуры замороженного тела влечет за собой повышение его прочности, пришел к следующим выводам, которые полностью совпадают также и с опытом практики. Толщина замороженной стены остается постоянной, если допускают текучесть, которая должна ограничиваться только внутренней частью замороженной стены. Поэтому, толщину замороженной стены нужно выбирать такой, чтобы только ее внутренняя часть приходила в состояние текучести.

Благодаря тому, что большая часть веса замороженного цилиндра тогда падает на наружное кольцо замороженной стенки, внутреннее кольцо разгружается, вследствие чего можно достигнуть до 900 м предельной глубины. Маутнер⁴⁾ подтвердил его выводы и дал соответствующие расчеты напряжений в крепении шахт, пройденных по способу замораживания.

Опускание труб для замораживания происходит вообще с помощью аппаратов для

¹⁾ Sonostre Traversee dans les creusements de Puits „Anales des Mines“. 1920, стр. 5.

²⁾ Вальбрекер. Изучение и опыт со способом замораживания „Glückauf“.

³⁾ Домке. О напряжениях в замороженной толще при углубке шахт по способу замораживания „Glückauf“ 1915, стр. 1129.

⁴⁾ Маутнер. О некоторых вопросах в технике бетона и прочность в сооружениях горных и заводских.

скручивания канатов и с промывкой густым раствором, вследствие чего часто возможно пробурить скважины глубиной 200-300 м без осадных труб, не тревожа плывуна и не нарушая его естественного состояния. Работают большей частью 3-4 аппаратами одновременно, которые помещаются в большой четырех или восьмиугольной углубочной вышке. В Англии, чтобы сэкономить эти дорогие вышки, кладут рельсовые пути тяжелого типа вокруг шахты, по которым передвигаются три передвижные платформы с буровыми вышками вместе с буровыми аппаратами. После пробуривания одной скважины вышки в течение нескольких минут могут быть передвинуты к месту следующей скважины. По окончании бурения можно сейчас же начать постройку постоянного копра и подшахтного здания.

Уже имеются очень значительные успехи в отношении правильного прохождения скважин. В то время, как раньше приходилось считаться с 10, даже 25% скважин, пройденных взамен искривленных, теперь удастся почти все скважины, даже до больших глубин, проходить вертикально с помощью очень тяжелых штанг большого диаметра, при чем проверяют вертикальность тщательно и на не очень больших промежутках (100 м), для чего пользуются саморегистрирующими приборами (Krudelkompass-Lotgerat).

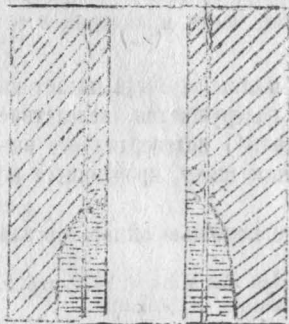
Эта возможность проходить строго вертикальные скважины дает экономию не только во времени и затратах, но и позволяет также толщину замороженной стены ограничить минимальными размерами.

Для замораживания берут стальные трубы, которые соединяются муфтами с нарезкой, а при способе замораживания с очень низкой температурой, и свариваются с ними. Какие бы то ни было компенсаторы удлинения больше не применяются. Напротив того заставляют раствор как можно раньше циркулировать с самой низкой температурой, причем трубы укорачиваются прежде, чем они примерзают к промерзшей массе и подвергаются большим напряжениям на разрыв. Заодно повышается и коэффициент полезного действия установки благодаря раннему подводу самого холодного раствора и получается значительная экономия во времени.

В качестве охлаждающих растворов, помимо Reinhartin рассолов, которые состоят из растворов металлических солей и органических веществ и не разъедают железных частей, многие фирмы пользуются такими, состав которых является производственным секретом.

В Англии, в тех случаях, когда опасаются большого притока воды, делают, помимо двух главных распределительных проводок, еще две вспомогательные, соединяя их с главными в стольких местах, сколько имеется скважин, так что можно обслуживать скважины одновременно или последовательно, все сразу или поодиночке с правой или с левой циркуляцией.

Оттаивание замороженной толщи в Германии производится тем, что после окончания углубки в пловунах и окончания крепления и во время дальнейшей углубки в прочных породах, нагнетают в шахту теплый воздух. В Англии работают еще и таким образом, что по трубам для замораживания пропускают раствор, который постепенно делают все теплей, оттаивая замороженную толщу (фиг. 3). Это имеет целью вводить крепление под давление воды постепенно снизу вверх, уплотняя во время оттаивания постоянно швы между чугунными кольцами, избавляя рабочих от действия воды, вытекающей под большим напором.

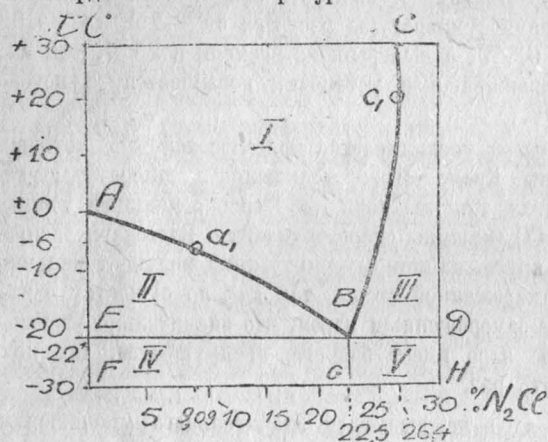


Фиг. 3.

Но при этом способе можно ожидать внезапных прорывов замороженной толщи, со всеми вытекающими отсюда большими недостатками, если только трубы для замораживания не стоят строго вертикально и если оттаивание не производится вполне по правилам, снизу.

При оттаивании теплым воздухом, вместо теплой воды, имеется то преимущество, что во время оттаивания можно производить дальнейшую углубку и уплотнение швов чугунных колец раньше, чем они попадут под полное гидростатическое давление.

Во многих случаях температура в -20 — -25° , достигаемая обычными установками, недостаточна, чтобы заморозить всю воду в шахте и вокруг нее. Это бывает чаще всего в соляных породах, в которых имеются растворы различного происхождения и состава¹⁾. Растворы эти охватываются замороженной толщей и сильно охлаждаются. При этом происходит более быстрое увеличение концентрации солей, так как из раствора в первую очередь выделяется чистый лед. Процессы, которые происходят при кристаллизации таких соляных растворов, представлены для NaCl раствора на диаграмме (фиг. 4), где по абсциссе отложено процентное содержание соли в растворе, а по ординате — температура.



угольнике ABC кристаллы льда, далее направо з поля III кристаллы соли. Это выделение начинается, если температура падает до линии А — В или С — В. Если температура падает ниже — $22,4^{\circ}$, то выделяются вместе оба вида кристаллов, лед и соль, в виде тончайшей, но прозрачной смеси так называемого криогидрата. Эти прочные смеси при металлических сплавах называются овтектическими. Линия Е—Д представляет собой точку затвердения раствора каменной соли. Это есть к тому же самая низкая температура, которую можно получить, смешивая лед и поваренную соль.

Таким образом, Насе раствор при содержании 22,4% Насе можно совершенно заморозить только при температуре ниже 22,4° С. Для хлормagneвeвых и хлоркальциевых растворов эти криогидратические точки лежат соответственно при 33,6° и 55°. В этих случаях нужно обращаться к способу замораживания с очень низкой температурой.

¹⁾ Иостен. Способ замораживания при очень низких температурах „Glückauf“ 1927, стр. 293.

Если взять к примеру 9,09-процентный Насе раствор и охладить его до $6,0^{\circ}$ (точка а), то сохраняется первоначальное состояние чистого равномерного раствора. Если охладить дальше, то при $6,01^{\circ}$ выделяются чистые кристаллы льда, раствор мутнеет и обогащается Насе (см. поле II диагр. 4). Если взять раствор с содержанием Насе в 26,4%, что может быть только при более высокой температуре охладить его до -20° (точка с), тогда выделяются чистые кристаллы Насе. До содержания Насе в 22,4% (точка В в диагр. 4) выделяются в тре-

вильно. В противном случае потери могут достигнуть 500—600%. Замораживающие трубы могут отдавать при 20° раствора вначале 400 малых кал. в час с одного кв. м поверхности, а к концу замораживания 135 малых кал. «К» — число, характеризующее теплопроводность, можно считать для замороженных пород с содержанием 14,3% воды=1,6, а для всей зоны замораживания=1,18. Если повысить, как это делали раньше, температуру раствора при допущении, что только для поддержания надлежащей толщины стенки не нужно такой низкой температуры, как вначале, то замороженная толща начинает растаивать снаружи. Ибо по формуле Фурье этот процесс таяния протекает так же, как и образование промерзшей толщи но только с обратным знаком. Как раз незнание этого факта имело раньше роковые последствия. Если даже эти последствия и не сказались, то все же во время поддержания мерзлой толщи были истрачены миллионы калорий при ослаблении замерзшей стенки.

Для повышения экономичности способа замораживания целесообразно работать несколькими замораживающими аппаратами, чтобы достигнуть, по возможности, более высокого использования машин. Способ замораживания с очень низкой температурой, которым обычно пользуются для очень больших глубин или пород, содержащих соли, может применяться с успехом и для небольших глубин и пород, не содержащих рассолы, если хотят ускорить процесс замораживания и выиграть время. По проведенным подсчетам получается, что при понижении температуры раствора от -25° до -40° разница в затратах составляет только 0,5%, а выигрыш во времени в 25%, так как коэффициент полезного действия замораживающей установки повышается, а потери в проводке снижаются с 190% до 100%.

При понижении температуры раствора увеличивается полезное действие установки для образования замороженной стены. Кроме того, с понижением температуры увеличивается прочность замороженного тела, так что можно обойтись с меньшей толщиной стенки. Более высокие затраты на CO_2 машины скоро окупаются. Благодаря распределению труб на два замораживающих круга, из которых внутренний получает меньшее охлаждение, ускоряется образование замороженной стены, так как по существу образуется ледяное кольцо с внутренним не замороженным ядром, что значительно удешевляет углубку. Для углубки это мягкое ядро имеет большое преимущество, так как подвигание увеличивается почти в пять раз.

Вальбрекер доказал, что мягкое ядро не вызывает значительного уменьшения прочности замороженной стены. Однако нужно избегать взрывных работ, чтобы не нарушать бетонного кожуха. Для выемки породы служат особые отбойные молотки с лопатообразными остриями. С помощью таких молотков, при 4-сменной работе, по 12 человек в смену, можно проходить 3-4 м за сутки при диаметре шахты в свету в 6 м. Производительность значительно выше, чем при взрывных работах, которые к тому же представляют опасность.

Шахтное крепление из кирпичей, приготовленных из глины или цеппштейна и не содержащих извести и селитры, при применении высокосортного цемента, является все еще самым лучшим для водонепроницаемой крепи, даже для шахт, проходимых по способу замораживания при не очень больших глубинах. Кирпичное крепление легко можно отремонтировать. Оно может быть сделано безусловно водонепроницаемым с помощью цементирования или окремнения.

Другим строительным материалом, который завоевывает все больше сторонников, является бетон. Как раз научные исследования по высокосортным и содержащим глинозем цементам много содействовал увеличению применения бетона. Грюн¹⁾ доказал, что для цемента большое значение имеют не только его химический состав, но и его физические свойства; например, его гидравлическое схватывание зависит от того, что цемент применяется не в кристаллической, а в аморфной форме, а водонепроницаемый бетон получается от того, что добавочные составные части взяты в пропорции по кривой Фуллера.

¹⁾ Грюн. Доменношлаковый цемент и его использование. Изд. 4-е.

Уже давно известно, что в цементе только тончайшие частицы обладают гидравлическим свойством и охватыванием, а крупные частицы действуют только, как, присадочный материал, на этом основано и производство тонкомолотых высокосортных цементов. Трамбовка бетона должна производиться по возможности равномерными ударами. Полученный таким образом бетон во многих случаях будет водонепроницаемым.

При больших давлениях рекомендуется применять такие примеси к бетону, как Геймалол, Сика, Сикофикс, Трикозаль и т. д., которые могут также служить для быстрой ликвидации прорывов воды¹⁾. Их целесообразность и надежность доказана научными исследованиями²⁾. Конечно эти средства должны правильно применяться, так как некоторые из них ускоряют охватывание более или менее, в то время, как иногда прочность немного уменьшается. Неизменяемость на холоду повышается при их применении так же, как и при растворах с хлорокальцием.

Очень важные результаты о неизменяемости бетона на холоду в шахтах, проходимых по способу замораживания, показали исследования Графа³⁾, Грюна⁴⁾, Юнгеблота⁵⁾ и Шмидта. Эти данные вкратце таковы: если за водонепроницаемым креплением шахты, проходимой по способу замораживания, поместить слой бетона в 50 см, то он схватывается благодаря большому количеству теплоты, выделяемой цементом, и, кроме того, затвердевает настолько, что достигает достаточно значительной прочности также в мерзлом состоянии. Наружный слой этого бетонного кожуха, так называемый, потерянный слой, относительно которого раньше принимали, что он на толщину 10 см вообще не схватывается, затвердевает настолько, что отпадает необходимым в защитном от холода слое, например, в глине. Слой, граничащий с плавным, имеет даже спустя два дня после бетонирования температуру выше 0°, так что имеет место достаточное затвердение и этого слоя.

Конечная прочность такого бетона достигается после оттаивания 250 кг и более на каждый кв. метр, при хороших сортах цемента, доброкачественных добавочных примесях и при тщательной трамбовке.

Все же, несмотря на эти благоприятные данные, при бетонировании шахт, проходимых по способу замораживания, подогревают цемент, употребляют добавочные примеси и воду, чтобы иметь как можно больший запас тепла.

Далее, бетон находит широкое применение при торкретировании, которое уже несколько лет тому назад успешно введено в горном деле, не только для быстрого ремонта кирпичных и бетонных шахт⁶⁾, но и для собственного шахтного крепления, так как его прочность почти в 2,5 раза больше прочности хорошего набивного бетона.

Взамен обычного крепления уже торкретировали вентиляционные шахты и получили очень хорошие результаты. Для временного крепления шахт, которые проходят в рыхлых породах, этот способ также применим. Он является более дешевым, чем потерянная крепь и имеет то преимущество, что слой торкретбетона долго сохраняется.

При водонепроницаемом креплении в последние годы крепление из бетона и железобетона как из набивного, так и из бетонитов все более и более конкурирует с железным креплением, так имеет преимущество большей дешевизны⁷⁾. Большой частью бетонные кольца или сегменты, толщина которых может доходить до 1 м, а вес до 1000 кг, изготавливаются на поверхности из набивного бетона с железной арматурой. В них оставляются вертикальные каналы, в которые при креплении вставляются круглые железные штанги и заливаются цементом, так что крепление, по окончании его,

¹⁾ Гильгардт. Доклад об уплотнении (водонепроницаемом) водонепроницаемых пород и кирпичных сооружений при ж.-д. туннелях. 1928. Teststellungen über das Verfahren von Se'Ka Dichtungen. Изд. Jul Springer, 1928.

²⁾ Клейнгольц. Ликвидация прорывов воды. Technische he Blätter, 1928, стр. 81.

³⁾ Граф. Опыты по влиянию низких температур на сопротивляемость цементного раствора и бетона. Deutsch. Aüsschus für Eisen-Beton, 1927.

⁴⁾ Грюн. Исследования процесса схватывания и затвердевания бетона в шахтах, проходимых по способу замораживания. Цемент, 1920, № 37.

⁵⁾ Юнгеблот и Шмидт. То же Dlückaüf, 1928.

⁶⁾ Zeitschrift für Berg-Hütten u Salihen, 1924, В. стр. 15.

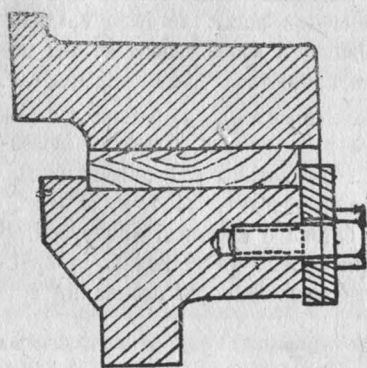
⁷⁾ Керлер. "Когда железобетон равносильен кирпичному или чугунному креплению" Dlückaüf, 1921, стр. 213.

представляет из себя замкнутое, прочное и жесткое целое, которое при толщине стенок в 0,5 — 1 м выдерживает большое напряжение на сжатие, а благодаря железобетонной арматуре — и на разрыв. Водонепроницаемость, относительно которой при железобетонном креплении можно сомневаться, достигается в большинстве случаев благодаря применению высокосортных цемента или особых примесей.

Венцы для расклинивания (*Keilkranz*) и несущие крепь венцы (*Tragkranze*) также изготавливаются из бетона и прочно соединяются с креплением с помощью арматуры и заливки швов. Таким образом, избегают пикотажных швов с их давно известными недостатками. Имевшаяся налицо в прошлые годы опасность, что низкая температура вредно влияет на схватывание и затвердевание зацементированных швов, устранена изобретением быстро схватывающегося цемента, который благодаря своему поразительно быстрому затвердеванию способен уже после короткого времени воспринимать все увеличивающееся давление промерзшей толщи, получающей радикальное удлинение. Конечно, в жесткости и неподатливости таких бетонных шахт кроется известный недостаток. Все же трещины можно быстро устранить цементированием и окремнением. Если, вследствие каких бы то ни было напряжений, образуются закалы в бетоне, то они быстро и хорошо исправляются торкретированием.

В добавление к креплению чугунными кольцами Петер Штах применил изогнутые, с железной арматурой, тонкие бетонные плиты, крестообразной формы, с фланцами. Бетон набивается позади этих плит, а при двойном ряде плит — и между ними. Бетон железной арматурой связывается крестообразными плитами. Каждые 30 м помещается венец для расклинивания из тяжелых бетонов. Это крепление также значительно дешевле, чем крепление чугунными плитами. Оно до сего времени хорошо себя оправдало.

При больших глубинах и особенно тогда, когда очистные работы сильно влияют на шахтное крепление, наиболее применимым родом крепления до сего времени является крепление чугунными кольцами или сегментами. Это — водонепроницаемая крепь из немецких чугунных колец, сегменты которых снабжены прилитыми штуцерами для заливки и легко заменяются, благодаря точной обработке фланцев, что при креплении дает значительную экономию во времени. Несущие крепь венцы получают часто прямоугольную форму потому, что все более убеждаются, что задача заключается не только в том, чтобы нести водонепроницаемую крепь, сколько в том, чтобы ее усилить и предохранить от искривления. Крепление чугунными кольцами с выступами для повышения податливости и предохранения расклинки, прорезка борозд в тех фланцах, которые несут деревянные клинья, скашивание поверхностей пикотажей (фиг. 5) и по предложению И. Римера¹⁾ стальные скобы на наружной стороне венца для расклинивания, которые заключены над подушками формы ласточкиного хвоста — все это хорошо себя оправдало, равно как и кое-где примененное уплотнение резиной.



Фиг. 5.

низкими, чем применяемые теперь в 1 м высотой, вследствие чего расходы по креплению, конечно, повышаются.

Маутнер доказал, что немецкие чугунные кольца в существенном обладают формой, наиболее благоприятной для всех напряжений, и что, может быть, только крупновские ящичные чугунные кольца или стальные кольца имеют большие преимуще-

¹⁾ Glückauf, 1926, стр. 311.

ства. Прочность болтов на срезание в обыкновенном чугунном кольце при больших напряжениях на изгиб значительней, чем прочность на изгиб самого чугунного кольца, так что имевшиеся в этом отношении опасения неправильны.

Вращающий момент, воспринимаемый болтами чугунного кольца диаметром в свету 6 м на каждый стыковой шов, составляет 7860 м/т, а вращающийся момент бетонного кожуха, толщиной в 40 см, забетонированного вокруг такой шахты—только 4060 м/т. Усиление крепления кожухом из набивного бетона не имеет никакого преимущества в отношении повышения сопротивляемости кручению, но имеет значение для одновременно появляющегося напряжения на изгиб, так что набивной бетон весьма значительно повышает сопротивляемость шахты на изгиб.

Сопротивляемость крепления чугунными кольцами продольному изгибу относительно мала, но пловун, как это известно, по опускной крепи присасывается к шахтному креплению настолько крепко, что опасность продольного изгиба по себе не столь уже велика. Само собой понятно, что позади такого крепления нельзя затрамбовывать глиной. При таянии глина распускается в воде пловуна и образует жирный смазывающий слой очень малой вязкости, который понижает до опасных пределов сцепление между шахтным креплением и пловуном.

Что же касается податливости крепления чугунными кольцами, то она, благодаря свинцовым прокладкам, упругости соединительных болтов и пикотажным швам, значительно выше, чем это вообще считают, так что в статическом отношении нет опасений, в то время как водонепроницаемость при еще допускаемых изменениях формы, уже значительно страдает. Чтобы повысить водонепроницаемость, пользуются бетоном и железобетоном, который набивают позади крепления. По Маутнеру при таком смешанном креплении отклонения в 159% от равномерного распределения гидростатического давления еще выдерживаются, в то время как крепление одними чугунными кольцами не выдерживает и 9% отклонений. Шахта «Августа-Виктория» потому и закреплена такой смешанной железобетонной и чугунной водонепроницаемой крепью. К тому же прочность на продольный изгиб, благодаря железобетонному кожуху, повышается настолько, что опасность продольного изгиба совершенно исключается.

В последнее время часто применяют двойные чугунные кольца со слоем набивного бетона между ними, при этом железные части распределяют на оба кольца. Без сомнения, при таком креплении имеются налицо чрезвычайно благоприятные условия в отношении водонепроницаемости и статических напряжений, особенно в отношении давления при оттаивании пород¹⁾. Несмотря на применение примесей, делающих бетон более плотным, его при очень большом давлении воды нельзя сделать навсегда совершенно водонепроницаемым, так что водонепроницаемость достигается свинцовыми прокладками во внутреннем чугунном кольце, но все же бетон значительно понижает гидростатическое давление, действующее на это внутреннее чугунное кольцо. Полное статическое давление воды на внутреннее кольцо может быть только тогда, когда бетон не соединяется с ним в радикальном направлении, т.-е. если между ними имеется раздельный шов. Последний можно, конечно, заполнить последующим нагнетанием цемента.

Чтобы усилить бетонный слой, лежащий между обоими водонепроницаемыми креплениями, в отношении скалывающих условий, появляющихся вследствие очистных работ, Маутнер предлагает применять железную армировку раскосной системы. Конечно, он сам допускает, что лучшим средством является повышение качества бетона выбором лучших составных частей, потому что тщательное трамбование для получения плотного бетона в небольших промежутках между армировкой практически очень трудно провести, что хорошо известно каждому практику. Возведение арматуры при очень низкой температуре и плохом освещении, несмотря на тщательный надзор, не может быть выполнено согласно требований, так же, как и тщательное трамбование бетона вокруг арматуры. В последнее время во многих местах было установлено, что вода через бетон доходит до железных частей, вызывает их химическое изменение, покрывает их жирным слоем, вследствие чего теряется связь с бетоном. Таким образом, при-

¹⁾ Heise—Boschungdrück beim Auftauen der gefrierschächte.

менение смешанного крепления, состоящего из тщательно выполненного набивного бетона из лучших материалов без железной арматуры и одинарной или двойной водонепроницаемой крепи, имеет значительное преимущество перед простым креплением чугунными кольцами.

Стальная водонепроницаемая крепь в последнее время применяется в шахтах, проходимых Западно-Рейнским обществом по глубокому бурению и проходке шахт. Изгибают железные кольца в холодном состоянии и сваривают их притык, просверливают во фланцах дыры заклепок и склепывают отдельные кольца в большие звенья. Эта водонепроницаемая крепь с бетонным дном для равновесия опускается в воду пробуренной шахты, при этом швы снаружи зачеканиваются и вся наружная сторона покрывается краской для предохранения от ржавчины. Когда звено бетонным дном сидит на подошву шахты, глиняные шламы промывают чистой водой, а пространство между звеном и породой заполняется бетоном. Без сомнения, такая водонепроницаемая крепь, благодаря большой прочности стали на изгиб, выдерживает очень большое напряжение, особенно если взять ее двойной, а промежуток между обоими кольцами залить бетоном¹⁾.

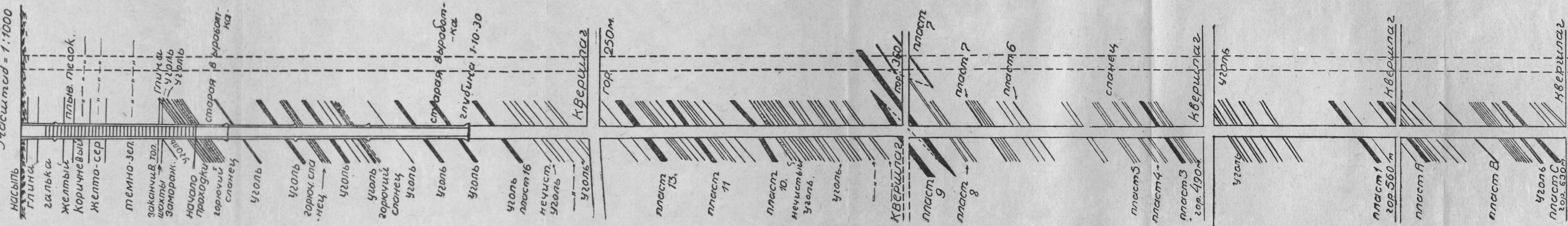
В последнее время часто дебатировали вопрос — что является более рациональным — производить ли горному предприятию самому проходку шахт или передавать ее специальным фирмам по проходке шахт. Как правило, теперь директор горного предприятия вряд ли имеет возможность пройти целый ряд шахт и при этом накопить необходимый опыт. К тому же ему, при его напряженной работе по службе, невозможно следить за всеми новинками в этой области, как это необходимо. Напротив, проходческие фирмы, при большом числе шахт, проходимых в различных условиях, накапливают значительный опыт, который научно-исследовательским штабом этих предприятий прорабатывается и становится полезным для будущего. К тому же эти фирмы в состоянии производить лабораторные опыты.

Передача проходческих работ таким более приспособленным фирмам имеет еще то преимущество, что они дают полную гарантию за успех, при этом, конечно, цена за проходку увеличивается. Это повышение сказывается только для того случая, который нельзя принимать безусловно, а именно: что углубка собственными средствами будет протекать без всяких инцидентов и будет выполнена в сроки, установленные планом.

¹⁾ Hergman. Der Schachtbau. Die Baumaschinen. IV часть, III т. II ч., стр. 90.

Профиль новой шахты
 Мариадорф-Эмвейленс-
 кого союза Горнопромыс-
 ленников.
 В "Kohlscheid" у Aachen.

Масштаб = 1:1000



О проходке шахт фирмой „Гемайншафтс- групп“ в Рурском бассейне¹⁾

В некоторый промежуток времени мы посетили проходки:

1. Maria-grube bei Aachen.
2. Schashte 2 Hannover.
3. Zentrum.

Кроме этого, вели переговоры с фирмой Гемайншафтсгруппа и ее инженерами о методах проходки шахт и креплении их.

Так как цель этой работы сводится не к точному описанию каждой проходки, а только к общему освещению работ, выполняемых фирмой, то материалы будут излагаться не по каждой шахте, а применительно к общим методам работы вышеуказанной фирмы по проходкам шахт.

Методы проходки шахт, которыми пользовалась и пользуется фирма, следующие:

1. Обычный метод проходки в нормальных условиях;
2. Методы проведения шахт в плавунках: а) метод замораживания, б) метод опускной крепи, в) метод забивной крепи (шпунты).
3. Проведение шахт в водоносных породах методом цементации.

Методом обычным (ручным) фирма пользуется в тех случаях, когда нет плавун, нет сильно водоносных пород, когда наносные породы устойчивы или, если и неустойчивы, то мощностью не более 6-10 м.

Метод замораживания применяется в тех случаях, когда наносы слабоустойчивы, водоносны, содержат плавун и превышают по мощности 15-20 м.

Методом опускной крепи фирма теперь пользуется при прохождении маломощных плавун, залегающих преимущественно неглубоко от поверхности земли, и если эти плавун такой консистенции, которая дает возможность вдавить опускную крепь без риска ее отклонения в сторону (отсутствие желваков в плавуне, подстилающие плавун породы должны гарантировать ход режущего башмака опускной крепи в эти породы без отклонения).

Вообще же этим методом фирма, в особенности в последнее время, пользуется очень редко, так как считают его ненадежным и зачастую требующим сужения шахты. Последний случай применения фирмой метода опускной крепи относится к 1922 г. при проходке шахты министр Штейн. Конечная глубина применения метода опускной крепи была в этом случае 14 м. При проходке же шахты «Констанце 1» в 1919 г. глубина, до которой пользовались опускной крепью, была 34,0 м от поверхности земли.

Забивной крепью (шпунтами) фирма пользовалась только один раз при проходке шахты «Центрум» в 1929 г., причем длина шпунтов была 18 м и забивались они с места, расположенного на глубине 5,7 м от поверхности земли. Способ этот, хотя и оказался дорогим, как первый опыт в работе фирмы, но все же доказал свою жизнеспособность. Недостатком его является то, что при взятой длине шпунтов (18 м) последние отклонялись от вертикального направления и в дальнейшем создавали затрудне-

¹⁾ Статья советских инженеров, находящихся в заграничной командировке.

ния в работе. Тем не менее, можно с уверенностью сказать, что применение этого метода при малоомощных плавучих, залегающих на глубине до 20,0 м, вполне себя оправдывает по сравнению с другими методами, применяемыми в таких случаях.

Методом цементации фирма пользуется широко, как одним из видов борьбы с притоком не только при проходке шахт, но также и при проведении других выработок по коренным водоносным породам.

Ни на одной из просмотренных нами проходках не удалось обнаружить насоса. Последний, как механизм для борьбы с притоком воды в проходках, да еще если приток велик, вытесняется цементацией.

Оборудование проходок

Оборудование на проходках преимущественно типовое, стандартное. На большинстве проходок совершенно одинаковые деревянные копры, которые, по окончании одной проходки, переносятся на другую. Так, например, копер на проходке «Марие-Грубе» был в работе уже на 5-ти шахтах.

Подъемные машины преимущественно — бобины паровые, но есть и электрические. На проходке «Центрум» одна подъемная машина — паровая, другая — электрическая.

На всех проходках бадья емкостью в 1 куб. м и, как сообщают работники фирмы, это наиболее практически удобный размер. Бадьи же, в которых подают материал для постоянного крепления, значительно меньших размеров.

На проходке «Ганновер II» все лебедки (для направляющих канатов, кабелей, труб и т. д.) приводится в действие сжатым воздухом, а не мускульной силой, как это делается на других проходках. Применение такого рода механизации, по утверждению работников фирмы, вполне оправдывает себя, так как увеличивает темп работы до 10-15%, расход же энергии незначителен.

Вентиляторы на всех проходках установлены производительностью не менее 150 куб. м/мин. Это дает возможность быстро проветривать забой после выпала, а так как после выпала, кроме вентилятора, пускают по трубам также и сжатый воздух, то времени на проветривание забоя тратится не более 15-30 минут, в зависимости от глубины шахты. Так, например, на проходке «Мариадорф» при глубине ее до 170 м, проветривание после выпала длилось до 10 минут. На всех проходках наблюдали три рода энергии: пар, сжатый воздух и электричество. Подъемные машины, лебедки работают паром или электричеством, бурильные молотки — сжатым воздухом.

Всю энергию для проходок фирма получает от соседних рудников на договорных началах и своих силовых установок на виденных нами проходках не имеет.

Разведочные работы перед прохождением шахты

Перед прохождением шахты фирма, во всяком случае, ведет детальные разведочные работы на том месте, где предполагается проходить шахту. Как правило, фирма никогда не ведет разведочных скважин на полную глубину шахты в предполагаемом сечении ее. Такие скважины проводятся вне сечения предполагаемой шахты (метрах в 10), в противном случае скважина может давать воду в местах работы по углубке.

Особенно детально разведывается напос. Например, на проходке «Мариагрубе», перед началом работ фирма имела полный разрез пород, по которым предполагалось проводить шахту (фиг. 6), и все же, перед окончательным выбором метода проведения шахты, фирмой были пробурены четыре разведочных скважины для точного исследования насоса. Скважины эти были расположены так, что их можно было в дальнейшем использовать, как скважины замораживания. Разведочное бурение показало, что скважины, которые необходимо было проводить для целей замораживания, подлежали креплению обсадными трубами на глубину 17 м от поверхности земли.

Организация работы в проходках

На всех виденных нами проходках мы нигде не могли наблюдать точного, строго разграниченного во времени по отдельным операциям, цикла работ. Падение, бу-

рение, выдача породы и крепление не всегда приходится на одни и те же смены и на одних и тех же людей, работающих в сменах.

А поэтому немцы требуют от проходчика умения делать все необходимое в проходках. Зависит это от разнообразности и быстрой смены тех природных условий, в которых находится одна и та же проходка. Различная крепость пород требует различного времени для выполнения таких операций, как бурение, разборка, погрузка и т. д. Следовательно, раз установленная цикличность для одного характера пород не может не изменяться при изменении породы и цикл работы смещается. Значит, проходчик, работающий в забое проходки, должен уметь там делать все.

Стараются приравливать падение к концу смены, но не редки случаи падения и в середине смены. Оплата рабочих, работающих в забое, при работе в нормальных условиях — сдельная от 1 пог. метра готовой шахты. Заработок их колеблется от 12 до 14 марок в день. Работающие на поверхности оплачиваются поденно.

Самая минимальная оплата проходчика 8,65 марок. Если проходчики, работающие сдельно, заработали ниже этой ставки, то фирма доплачивает до нее. В каждой смене ставят всегда четное число рабочих по забою, так как в этом случае производительность на одного всегда выше. Происходит это от того, что при погрузке люди работают всегда парами: один грузит, другой ему готовит породу к погрузке.

В каждой смене имеется старший рабочий, который ведет работу: он определяет место постановки бадьи, ее погрузку и отправку, следит за исправностью работы каждого рабочего. Этот старший рабочий получает на 1 марку в день больше от выработки наивысшей квалификации в проходке. Дополнительная оплата старшего рабочего идет из общего заработка и включена в пометровую расценку.

Кроме старшего рабочего, в каждой смене дежурит все время в проходке сменный штейгер, который также наблюдает за работой. Во время погрузки он лично бьет сигналы и следит за ходом бадьи, во время бурения намечает расположение шпуров и проверяет их глубину, во время зарядки шпуров вводит патроны пальники, он же пишет рапорт о работе.

Таким образом штаты на проходке, в частности на «Мариагрубе» при 3-х сменной работе следующие:

1. Производитель работ	1 чел.	
2. Сменные штейгера	3	„ один из них счит. помощ.
3. Табельщик	1	„
4. Машинист подъемных машин	3	„
5. Рукоятчиков	3	„
6. Откатчиков	6	„
7. Слесарей и кузнецов	2	„
8. Проходчиков	36	„

На других проходках штаты несколько больше или несколько меньше, но схема расстановки людей везде одинакова.

Надзор на проходках солидный и опытный, много лет работавший именно на проходках. На каждой проходке производители работ с 15-20-летним проходческим стажем.

Рабочий состав примерно таков:

1. Рабочих пожилых и с большим стажем около 40 %.
2. Рабочих молодых, не подготовленных к проходческому делу, около 60%.

Проходка шахт методом замораживания

В Рурском бассейне Германии, где и проходятся шахты фирмой Гемайншафтсгруппе, карбон прикрыт большой толщей наносов, содержащих малоустойчивые водоносные породы и пльвуны. Толщина наносов колеблется от 50 м до 100 м и выше. В таких условиях фирмой применяется метод замораживания, который считается наиболее надежным по сравнению с другими методами.

Заключается он в том, что на некоторой окружности, диаметром больше диаметра шахты, вчерне пробуриваются скважины на расстоянии 1 м одна от другой на глубину, превышающую наносы или слабоустойчивые водоносные породы, приблизительно

но на 8-10 м. В эти скважины вводятся трубы замораживания, по которым циркулирует охлажденная жидкость CaCl_2 или MgCl_2 , благодаря чему породы замерзают, образуя мерзлый цилиндр, и появляется возможность пройти шахту в мерзлых породах.

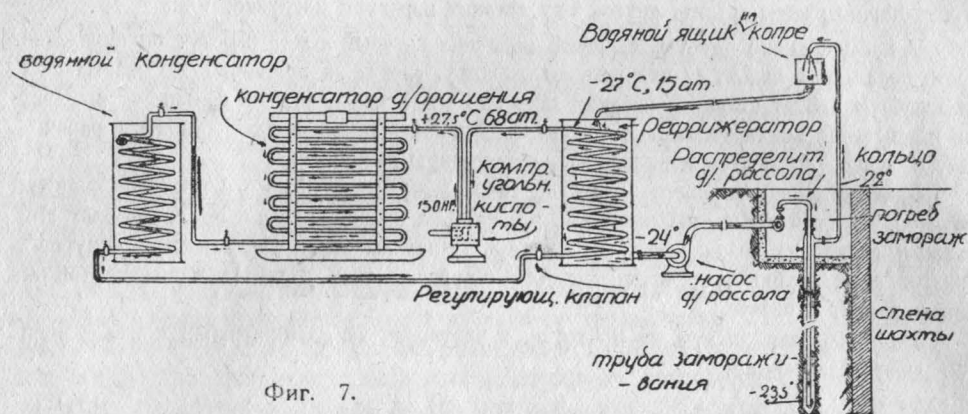
На «Мариадорф» был применен метод замораживания. Глубина наносов, содержащих воду и плывун, здесь была 57 м. Глубина скважин для замораживания — 68 м. Диаметр шахты в свету 5,0 м.

По кругу диаметром в 9,0 м пробурено было 29 скважин, приблизительно на расстоянии 1,0 м одна от другой и в центре еще одна скважина — дренажная.

Бурение производилось тремя станками. Пробурено всего 1900 м скважины. Начато было бурение 1 сентября 1929 г. и окончено 9 января 1930 г.

Стоимость бурения 1 пог. м скважины обошлась, по сообщению старшего инж. Крителя, в 12 марок.

В пробуренные скважины были введены трубы, диаметр которых в свету 125 мм, полный диаметр — 140 мм. Трубы эти на дне скважины закрыты. В эти трубы вводятся другие, меньшего диаметра. Они не доходят до дна первых труб и оканчиваются открытым концом (см. фиг. 7).



Фиг. 7.

По тонким трубкам охлажденная жидкость поступает в скважины и обратно возвращается через свободное пространство между трубами малого диаметра и большого.

Аппаратура по замораживанию на «Мариадорф» применялась следующая:

1. Компрессор с приводом для углекислоты;
2. Устройство для оросительного охлаждения с насосом;
3. Рефрижератор с насосом;
4. Серия труб, подводящих раствор к шахте;
5. Распределительная и собирательная трубы в камере замораживания;
6. Сеть труб в скважинах;
7. Устройство для охлаждения CO_2 отработанной жидкостью из скважин замораживания.

Компрессор для CO_2 мощностью в 150 лш. сил и производительностью 200.000 кал./час сжимает CO_2 до 60-65 атмосфер, благодаря чему температура углекислоты повышается до 35-45° С (см. фиг. 3).

После сжатия углекислота по трубопроводу высокого давления попадает в оросительный конденсатор, где получает первое охлаждение. Из оросительного конденсатора CO_2 попадает в охладитель, где полностью переходит в жидкое состояние.

Далее жидкая CO_2 через редукционный клапан, резко понижающий давление (от 65 до 15 атм.), попадает в рефрижератор, где тепло отнимается у раствора CaCl_2 . Температура этого раствора в данном случае понизилась до — 20° С.

Из рефрижератора при помощи центробежного насоса охлажденная CaCl_2 направляется уже в распределительное кольцо и дальше по тонким трубам в скважины.

Температура при процессе замораживания на проходке «Мариадорф» была следующая:

температура у рефрижератора — 20° С;

температура у входа в малые трубы — 19°C ;

температура у выхода из скважины — 16°C ;

Процесс замораживания длился от 24 января 1930 г. до 10 марта 1930 г. и тогда, т.е. 10 марта 1930 г., начали проходить шахту (фиг. 8).

Конец замораживания определяется появлением воды через центральную дренажную скважину, о которой упоминалось раньше. Эта скважина обсажена дырчатой трубой, отверстие этой трубы — открытое.

Когда породы под действием охлаждающей жидкости замерзают и цилиндр снизу закрывается, вода по дренажной скважине начинает подниматься вверх и истечение ее через трубу указывает именно на то, что цилиндр замораживания закрыт и можно проходить шахту.

Радиус влияния каждой скважины принимается фирмой на основании опыта в среднем 1,5 м.

Выбор машин по замораживанию

В зависимости от характера пород, подлежащих замораживанию, количества их и времени на замораживание, выбирается и машина соответствующей производительности.

Чтобы получить мерзлый цилиндр вокруг проходимой шахты, необходимо определить то количество тепла, которое надо отнять от пород, чтобы они стали мерзлыми.

Так как удельная теплота воды — 1, льда — 0,5, породы — 0,2, то охлаждение 1 куб. м воды на 1°C потребует единиц тепла 1000. Охлаждение 1 куб. м льда потребует 500 (удельный вес льда 0,92).

Для охлаждения 1 куб. м породы с удельным весом 2 на 1°C потребуется:
 $0,2 \times 2 \times 1000 = 400 \text{ WE.}$

Скрытая теплота при переходе воды в лед на 1 кг. льда = 79.

Если удельная теплота какого-нибудь вещества есть C , то 1 кг этого вещества требует X единиц тепла для понижения его температуры на 1°C .

При весе тепла M кг и повышении температуры от T_1 до T_2 , необходимое количество тепла выразится:

$$\text{WE} = M (T^{\circ}_2 - T^{\circ}_1) \cdot C.$$

Если удельная теплота какого-нибудь вещества есть C , то 1 кг этого вещества температурой в -15°C , то необходимое количество тепла будет:

$$10 \cdot 1000 + 79 \cdot 1000 + 15 \cdot 0,5 \cdot 1000 = 96500.$$

Если понадобится 1 куб. м породы охладить от $+10^{\circ}\text{C}$ до -15°C , то:

$$\text{WE} = 2,0 \times 0,2 \times 1000 \times 25 = 1000.$$

В частности, для «Мариагрубе» подсчет был произведен так:

глубина замораживания 62,00 м;

диаметр шахты в свету 5,00 м;

диаметр окружности замораживания 9,00 м;

число буровых скважин 29 штук;

наружный диаметр цилиндра замор. 12 м;

внутренний диаметр 4 м.

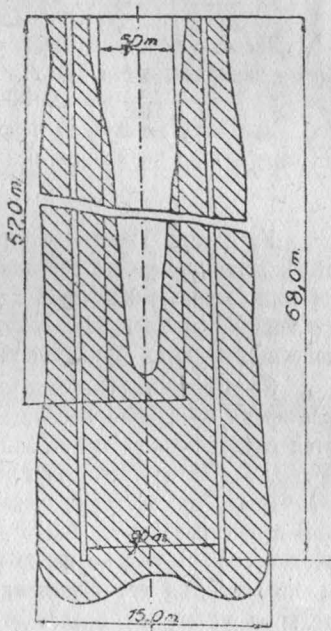
По шахте «Мариадорф» было установлено, что в 1 куб. м породы содержится:

твердой породы 1600 кг,

воды 400,

соответственно чему, для понижения температуры 1 куб. м такой породы от $+10^{\circ}\text{C}$ до -20°C потребуется:

$$1.600 \cdot 0,2 \cdot 30 + 400 \cdot 10 + 400 \cdot 79 + 400 \cdot 0,5 \cdot 20 = 49200.$$



Фиг. 8.

Объем пород, подлежащих замораживанию, будет:

$$3,14 \frac{1,2^2 - 4^2}{4} \cdot 62 = 6225 \text{ куб. м.}$$

Для замораживания этого количества породы потребуется:

$$49200 \times 6225 = 306270000$$

Часовая производительность машин на «Мариагрубе» была 200000 кал. Значит, время замораживания будет:

$$306270000 : 200000 = 1531 \text{ час, или 64 дня.}$$

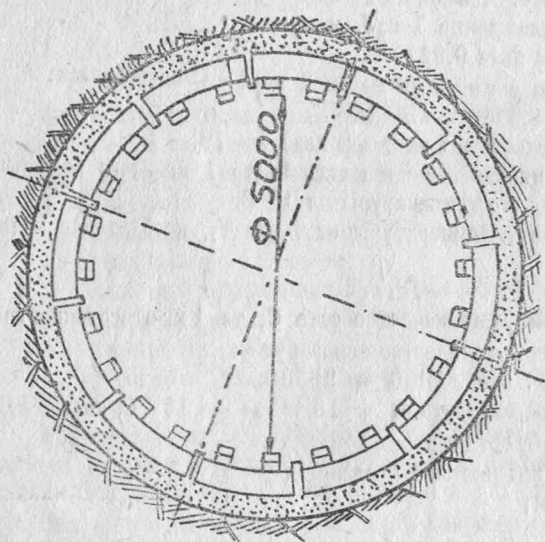
Проходку же начали через 45 дней после начала замораживания. Работа протекала совершенно нормально, без всяких осложнений.

О креплении шахт

Крепление шахт в части, пройденной замораживанием, производится чугунными тюбингами немецкого образца. В частности, проходка шахты «Мариагрубе» закреплена такими же тюбингами с толщиной стенок от 35 до 45 мм. Иногда при сильных давлениях, которые наблюдаются с увеличением глубины, в пльвунах или сильно водоносных породах применяются две колонны тюбингов.

Крепление тюбингами производится, как сверху вниз, так и снизу вверх. Последнее время крепление тюбингами стремятся производить только снизу вверх, так как в этом случае можно лучше заполнять пространства между тюбингами и стенкой выработки. Также и установка тюбингов снизу вверх значительно легче.

После прохождения некоторого участка шахты, в забое ее укладывается основной венец тюбингов. Место для основного венца тщательно выравнивается, подсыпается песком и уже на песке собирается основной венец. После сборки венца тщательно прозверяется его положение относительно оси шахты и горизонтальность. Окончательная установка производится помощью клиньев, забиваемых с внутренней стороны венца (фиг. 9).



Фиг. 9.

Температура окружающих пород на прочность такого бетона оказывает меньшее влияние, чем на бетон обычный. Цемент этот называется «Bauerzement». Ранее для этой цели применяли портланд-цемент высокого качества.

При укладке основного венца и возведении тюбингов придерживаются таких расстояний, чтобы последнее кольцо тюбингов не доходило до вышележащего основного венца на 5-6 см.

Через эту щель плотно забивается бетоном пространство между последним кольцом тюбингов и стенкой выработки. Кроме того, верхняя часть пространства плотно

После этого основной венец еще раз тщательно проверяется и пространство между венцом и стенкой выработки заполняется набивным бетоном.

Когда основной венец укреплен и проверен, приступают к установке тюбингов. Устанавливаются они на стальных прокладках толщиной 3 мм. По мере возведения тюбингов, пространство между ними и стенки плотно утрамбовывается набивным бетоном.

Состав бетона 1-2. Цемент для этой цели берется специальный, который при схватывании выделяет большое количество тепла и низ-

забивается сухим цементом. Когда утрамбовка закончена, приступают к пикотажу. В оставленную щель вводят ранее заготовленную прокладку из американской сосны, по толщине равную щели. Эта деревянная прокладка раскалывается по середине и в щели загоняются клинья из того же сорта дерева (фиг. 10). Клинья трех размеров:

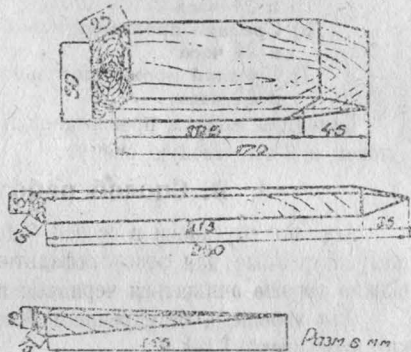
первый клин $25 \times 50 \times 170$ мм,

второй клин $15 \times 15 \times 250$ мм,

третий клин $15 \times 15 \times 165$ мм (пирамидальный).

Клинья забиваются настолько плотно, что уплотненная масса дерева начинает выделять смолу. Когда уплотнение (пикотаж) закончен, тогда устанавливают кольцо, удерживающее забивку от выдавливания.

Как видно из чертежа, упорное кольцо не соединяется с основным венцом, т.-е. отдельные звенья тюбинговой крепи не соединены между собой жестко. Упорное кольцо перекрывает слой уплотнения только наполовину. Делается это для того, чтобы придать хотя некоторую эластичность колонне тюбингов.



Фиг. 10.

Раньше существовало мнение, что бетон за тюбингами никакой службы по увеличению прочности крепи не несет и является только забутовкой. После целого ряда лабораторных испытаний и практики было установлено, что:

1. При схватывании бетона в условиях, соответствующих условиям в проходке, которая ведется замораживанием, была достигнута твердость в 250 кг/см^2 , а при высоких качествах цемента даже выше.

2. Прочность бетона бывает тем больше, чем сильнее был развит процесс схватывания до замерзания бетона.

3. Замерзание бетона приостанавливает процесс схватывания бетона и после размораживания процесс схватывания продолжается.

4. Главные опыты, произведенные при условиях, близких к условиям замораживаемых шахт, показали, что обмен теплоты между бетоном и замороженными шпелюнами редоставляет достаточное время для предварительного схватывания бетона, которое для высококачественного цемента (Bauerzement) выражается величиной в 113 кг/см^2 . Эти работы утврдили теперь мнение, что бетон за тюбингами не является потеряннм и толщина его применяется теперь от 300 — 500 мм. Иногда применяют даже железобетон, как это сделано при проходке шахты «Августа-Виктория» концерна Гутефунгсгютте в 1928 г.

Крепление каменной кладкой шахты, пройденной способом замораживания

Технические данные о креплении шахты, пройденной способом замораживания в 1924 году при руднике «Игнау» в Мариенберге, у Острау в Моравии (фиг. 11), ниже следующие:

А. Общие данные

Диаметр шахты в свету	6,20 м.
Глубина замороженной части шахты	88,00 "
Толщина стен 1,19 м составляется нижеследующим образом:	
1) I. Витуренное кольцо стены в свету=2,5 кирпича толщ.	0,64 "
2) Асфальтовое кольцо	0,10 "
3) II. Каменная кладка	0,25 "
4) Промежуток между каменной стеной и шахтным забоем, утрамбованный искусственно высушенной глиной	0,20 "
Итого	1,19 м.

Б. Производительность

Производительность крепления кирпичем, включая заливку асфальтовых стен и утрамбовывание пустых пространств сушеной глиной, были нижеследующие:

- | | |
|---|---------|
| 5) Средняя производительность до глубины 0—25,00 метров в 24 часа | 1,60 м. |
| 6) Средняя производительность до глубины в 25,00—50,00 м. в 24 часа | 1,40 " |
| 7) Средняя производительность до глубины в 50,00—88,00 м. в 24 часа | 1,25 " |

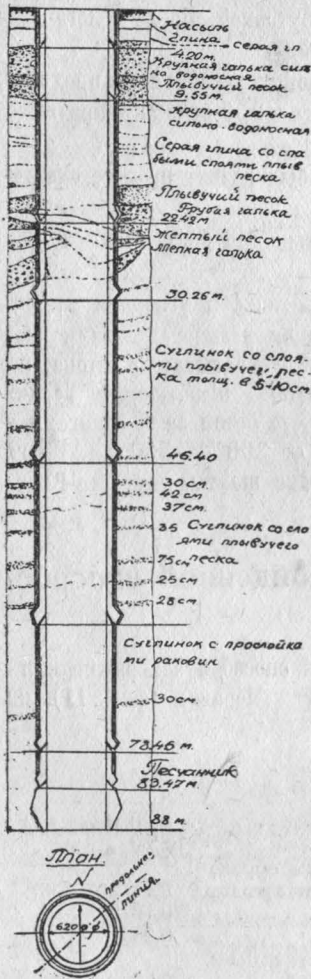
Каменная кладка производилась с подвешного полка, с количеством рабочих 10 человек в 6-ти часовую смену.

В. Способ работы для укладки асфальта

Асфальт спускался в особой бадье, емкостью 600 лит. и заливался бовшами в предусмотренные для этого асфальтовые кольца. Перед вливанием асфальта, кольцо должно хорошо очищаться черпаком и освободиться от частей цемента.

Для хорошего, безупречного заполнения кольца заливаемая часть стены не должна превышать 1,00 м.

Надо обращать особое внимание, чтобы краевые кирпичи обоих колец стены предварительно нагревались со стороны, обращенной к кольцу, и потом погружались до половины в горячий деготь и после этого в асфальт, для повышения способности связывания.



Фиг. 10.

Согревание кирпичей и подготовка к заливанию асфальтом происходит на поверхности на особых точечных решетках.

Г. Составление цементного раствора

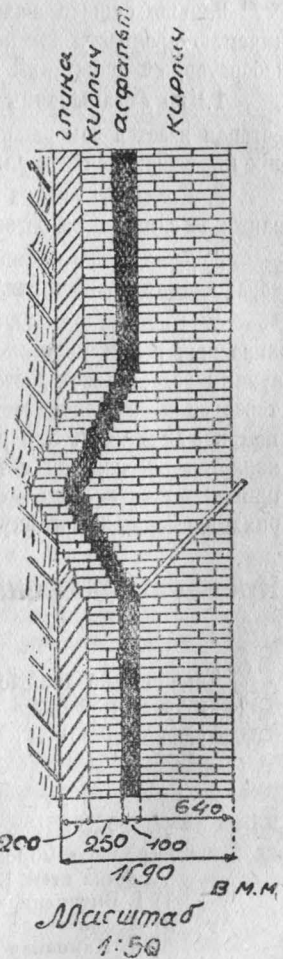
Цементный раствор для каменной кладки изготовлен в пропорции 1 : 3. Чтобы препятствовать замораживанию цементного раствора, рекомендуется добавлять «Антифрост». В шахте «Игная» вместо «антифроста» к воде для смешивания добавляется 1% хлоркальция.

Д. Штаты рабочих

Проходческие и каменные работы производились неодновременно, а постепенно, звеньями по 25,00 м. Число рабочих при проходке было: 6 забойщиков и 4 грузчиков породы.

На подвешном полке при креплении шахты было: 6 каменщиков и 4 поденных рабочих.

Работа всегда производилась при продолжительности смены по 6-ти часов.



Фиг. 11.

Е. Состояние каменной кладки после оттаивания и ее плотность

Плотность каменной кладки после оттаивания была хорошая и до сего времени, около 6 лет, не было произведено дополнительной цементации.

Ж. Оттаивание

Оттаивание замороженного корпуса происходило таким образом, что через отдельные трубы замораживания накачивался постепенно нагретый раствор помощью насоса для раствора. Как только порода показывала температуру в $+ 1^{\circ}\text{C}$, оттаивание было прекращено и трубы замораживания наполнялись цементным молоком.

Работы были выполнены филиалом Сторан, Фрелих и Клопфель, в Беумене, в Верхней Силезии в 1924 г. Они были начаты 1.4.1924 г. и закончены 16.8.1924 г. т.-е. приблизительно через 5 месяцев.

Другие виды водонепроницаемой крепи

Фирмой «Фрейлих Клопфель и Дейльман» в Верхней Силезии применяется вид крепления в шахте, пройденной методом замораживания, состоящий из двойной стены кирпичной кладки и асфальта (фиг. 12). Одна стена выкладывается в 2 кирпича, другая — в 1 кирпич, между ними оставалось пространство в 100 мм, которое заполнялось асфальтом. Пространство же между кирпично-асфальтовой крепью заполнялось бетоном толщиной в 200 мм.

Таким образом крепление было толщиной в 1100 мм. Стоимость 1 пог. м такого крепления 800 марок, стоимость 1 пог. м крепления туббингами 1800 марок.

Но при креплении с асфальтом надо иметь толщину стенок больше на 600-700 мм, а это при диаметре шахты в свету, скажем, в 6 м дает разницу в площади забоя на

$$520 - 363 = 15 \text{ кв. м}$$

и выгода от применения такого метода крепления, благодаря такому обстоятельству, значительно уменьшается.

Для СССР этот метод крепления имеет то значение, что при отсутствии туббингов их можно заменить материалами, которые могут быть приобретены в достаточном количестве на месте. Технически этот метод является сложным, но вполне возможным и экономически он все же значительно дешевле крепления туббингами.

Крепление шахт в обычных условиях

Как правило, за небольшим исключением, все немецкие проходки в обычных условиях крепятся кирпичом. Хотя, по заявлению работников фирмы, все это может обходиться немного и дороже, чем крепление бетоном, но сам процесс крепления кирпичом более производительен и более удобен, чем крепление бетоном.

Сравнение же стоимости крепления бетоном и кирпичом сводится к следующему:

Таблица № 4.

Наименование крепления	Работа на 1 куб. м крепи в марках	Материалы на 1 куб. м в марках	Итого на 1 куб. м в марках
Кирпичное крепление	12	28	40
Бетонное крепление	10	33	43

Из приведенной таблицы видно, что кирпичное крепление немного дешевле, если его относить к 1 куб. м крепления. Но так как толщина стенки всегда берется немного большей, чем при бетонном, то в общем, при проходке шахты диаметром в свету 6 м, получается такая картина:

Таблица № 5

Наименование	Кирпич	Бетон
Толщина стенок шахтной крепи	550 мм	400 мм
Диаметр шахты в черне	7,1 м	6,8 м
Площадь забоя проходки	39,6 кв. м	36,5 кв. м
Количество крепи на 1 пог. м шахты	11,5 куб. м	8,3 куб. м
Стоимость крепи на 1 пог. м	460 марок	357 марок

Но так как площадь забоя при креплении кирпичем будет на $39,6 - 36,5 = 3,1$ кв. м больше, то разница в стоимости 1 пог. м шахты будет еще значительнее. Несмотря на это, фирма Гемайншафтсгруппе рекомендует крепить шахты кирпичем по следующим соображениям:

1. Производительность работы при кирпичном креплении значительно больше, чем при бетонном: за сутки закрепляют от 6-8 пог. м шахты. При бетонном же эта величина колеблется от 4 до 5 м.

2. Крепление кирпичное является более эластичным, чем бетонное, так как последнее, при давлении на него, разрушается большими глыбами и трудно поддается ремонту, тогда как кирпичное легко ремонтируется и при нарушении какого-либо участка может быть разобрано по кирпичу.

Исходя из этих преимуществ кирпичного крепления, фирма всегда решает вопрос в пользу последнего, если нет определенного требования на другой вид крепи со стороны заказчика. Большинство немецких шахт закреплено кирпичем.

Раствор, применяемый при кирпичной кладке, состоит из:

песка 3 части,
смеси (известь + цемент) 1 часть.

Смесь же из извести и цемента состоит из:

цемента 1 часть.
извести 2 части.

Расход материалов при кирпичном креплении шахт, установленный фирмой на основании многолетнего опыта, сведен в таблицу № 6. (См. таблицу на 35 стр.)

О скорости проведения шахт

При проведении шахт в различных условиях, фирмой были достигнуты различные скорости. Так, например, при проходке шахты «Верне 3» еще в 1912-13 г. была достигнута максимальная скорость проведения готовой шахты, равная 93,0 м. Технические показатели по этой шахте сведены в таблице № 7 (см. табл. на 36 и 37 стр.).

Среднее продвижение в месяц было 45,6 м.

Более полную картину скорости проведения шахт, а также некоторых технических данных, дают таблицы №№ 8 и 9, приведенные ниже (см. таблицы на стр. 38, 39 и 40).

Таблица № 6.
(к тексту на 34-й стр.)

Расход материалов
на 1 пог. м шахты при различных стенах различной толщины.
Нормальная забутка 0,082 куб. м. Состав раствора 1:3.

Диаметр шахты	1½ кирпич. — 39 см. стены				2 кирпич. — 52 см. стены				2½ кирпич. — 65 см. стены				3 кирпич. — 78 см. стены			
	Стены куб. м.	Штук кирпич.	Мешков цемента	Песка куб. м.	Стены куб. м.	Штук кирпич.	Мешков цемента	Песка куб. м.	Стены куб. м.	Штук кирпич.	Мешков цемента	Песка куб. м.	Стены куб. м.	Штук кирпич.	Мешков цемента	Песка куб. м.
4,00	6,60	2640	23,8	2,9	3,69	3480	31,3	3,82	10,86	4340	39,1	4,17	13,13	5260	47,3	5,78
4,50	7,35	2940	26,5	3,24	9,68	3870	34,9	4,26	12,01	4810	43,3	5,29	14,51	5810	52,3	6,38
5,00	8,07	3230	29,1	3,55	10,61	4260	38,3	4,53	13,18	5280	47,5	5,80	15,84	6340	57,1	6,98
5,50	8,83	3540	31,8	3,89	11,54	4620	41,6	5,08	14,35	5740	51,6	6,31	17,20	6890	62,0	7,56
6,00	9,55	3820	34,4	4,20	12,50	5000	45,0	5,50	15,48	6180	55,7	6,81	18,57	7430	66,9	8,17
6,50	10,31	4130	37,1	4,54	13,40	5360	48,2	5,90	16,61	6650	59,8	7,31	19,93	7980	71,8	8,97
7,00	11,06	4420	39,8	4,86	14,37	5740	51,7	6,32	17,77	7100	63,9	7,81	21,29	8520	76,6	9,37
7,50	11,79	4720	42,4	5,18	15,32	6130	55,2	6,75	18,91	7570	68,1	8,32	22,64	9060	81,5	9,96
8,00	12,52	5010	45,1	5,51	16,26	6510	58,5	7,16	20,09	8040	72,3	8,84	23,96	9580	86,2	10,53
8,50	13,27	5310	47,8	5,84	17,21	6890	62,0	7,57	21,22	8490	76,4	9,38	25,34	10130	91,2	11,15
9,00	14,03	5620	50,6	6,18	18,15	7260	65,3	7,98	22,39	8950	80,6	9,85	26,67	10660	96,0	11,98

Примечание. Вес одного мешка цемента—50 кг. При креплении шахты диаметром в свету—6,0 м., если и крепление производится в 2 кирпича, на 1 пог. м. требуется:
кирпича 5000 штук
цемента 45 мешков
песка и раствора 5,5 куб. м.
Всего материала 12,5 куб. м.

Из этих таблиц видно, что:

1. Предварительные работы перед началом проходки, как-то: монтаж машин, сооружение временных зданий и проч. длилось от 2 до 11 недель.

2. Бурение, в зависимости от количества его, глубины скважины, характера пород и количества аппаратов по бурению — длилось от 7 до 34 недель.

3. Чистое время замораживания длилось от 6 до 17 недель и т. д.

4. Средняя скорость проходки только по углубке и креплению колебалась от 30 м до 9,15 м в месяц, причем нижняя граница была только на двух шахтах и объясняется особенно трудными условиями в отношении пород (очень слабые и были допущены обрушения пород). Вообще же среднюю скорость можно принять 30 м.

5. Включая все операции, как сооружение временных зданий, монтаж и демонтаж машин, бурение скважин для замораживания, получим среднюю скорость проходки в месяц 16,0 м, причем эта средняя скорость прохождения относится к восьми шахтам, пройденным методом замораживания, и количество, пройденное в породах замороженных, выражается 52% по отношению к общему количеству, пройденному вышеуказанными шахтами.

6. Скорость бурения скважин замораживания колебалась для различных шахт от 143 м до 685 м в неделю.

Все эти скорости, также при хорошем качестве работ, значительно выше тех, которые достигнуты на проходках у нас. Достигнуты они не введением каких-либо новых механизмов или новых методов прохождения шахт, а исключительно четкой организацией работы и высокой дисциплиной труда.

Немецкие проходки не знают задержек из-за недостатка пара, сжатого воздуха или света в забое проходки; так же, как не знают недостатка в исправных инструментах и механизмах. Ни на одной из проходок нам не сказали, что они в чем-нибудь чувствуют недостаток.

На проходке «Центрум» нас сопровождал производитель работ, который работал в Донбассе на Лутугино и Рутченково от фирмы Тиссен. Сравнивая работу в Донбассе

Производительность и календарный план

Месяц	Годы	Горные породы	Производит.		Надзор				Р а			
			Углубка в мт.	Крепление в мт.	Производители работ	Штейгеры	Машин. штейгеры	Контора	Подземные б час.	Крепильщики 8 час.	Подъемные машин. канат. 8 час. пород. 12 час.	Смазчики 12 час.
Ноябрь	1912	До 3-х метров глины и песка	—	—	0,5	—	—	—	21.00	—	26.00	—
Декабрь	1912		—	—	1	—	—	—	230.00	—	47.00	—
Январь	1913	От 3-х метров до 430	21 0	—	1	2	—	—	793.20	—	83.50	—
Февраль	1913		23 0	21 0	1	2	—	1	1048.00	—	96.50	—
Март	1913	Мергель	48 0	4 0	1	3	—	1	1739.50	29.00	129.00	16.00
Апрель	1913		60 0	50 0	1	3	1	1	1686.25	275.00	148.75	28.00
Май	1913		83 0	76 5	1	3	1	1	1854.25	374.00	156.25	46.00
Июнь	1913		93 0	93 5	1	3	1	1	2125.00	426.50	149.50	48.75
Июль	1913		71 0	91 5	1	4	1	1	2117.00	407.25	151.75	80.00
Август	1913		50 0	78 5	1	4	1	1	1757.75	374.00	152.50	53.75
Сентябрь	1913	От 430 до 580 м	50 0	40 0	1	4	1	1	1888.50	196.75	146.00	51.25
Октябрь	1913		5 0	9 0	1	4	1	1	1194.50	196.25	148.25	28.50
Ноябрь	1913	Мергель	55 0	33 0	1	4	1	1	1638.00	164.75	135.00	33.75
Декабрь	1913		45 0	39 0	1	4	1	1	1612.00	279.50	146.50	33.75
Январь	1914	От 580 до 730 м.к/уг. породы	47 0	55 5	1	4	1	1	1654.00	323.50	152.00	—
Февраль	1914		40 0	54 0	1	4	1	1	1480.75	312.75	141.25	—
Март	1914		39 0	45 0	1	4	1	1	1539.75	254.50	153.25	—
Апрель	1914		—	34 5	—	—	—	—	—	170.00	—	—
Итого .			730 0	730 0	16,5	52,0	12,0	14,0	24379.50	3783.75	2163.00	419.75
Среднее на 1 пог. м.									33.39	5.18	2.96	0.57

Примечание. В числах, приведенных в таблице № 7, не учтены такие элементы

и в Руре, он сказал, что максимальная производительность, которую он достиг в Донбассе, была 1,5 куб. м на одного подземного и то в исключительные дни, в Руре же он добивается в среднем 2 куб. м на одного подземного и в отдельные дни до 2,5 куб. м.

Низкую производительность на русских проходках он объясняет большим количеством задержек в подаче энергии. По его подсчетам и записям, которые он показал, выходит, что около 20% рабочего времени тратится, как правило, на различные простои. Большую роль играет низкая квалификация рабочей силы, которая зависит от непостоянства штатов и неравномерности выходов на работу, что в Руре совершенно исключено.

Основные штаты квалифицированных проходчиков в Руре постоянные и пополняются они из малоквалифицированных, которые постепенно проходят все стадии работ на проходке, начиная с поверхности.

Чтобы получить звание проходчика, рабочий, помимо стажа на проходках, должен посещать курсы, так называемых, горных забойщиков и выдержать экзамен, после чего он приобретает право на получение высшей рабочей ставки. В противном случае он ставки этой не получает, хотя и работает на ряду с квалифицированными рабочими, выдержавшими экзамен.

В последнее время придают особо важное значение таким курсам. И если раньше допускали оплату высшей ставкой рабочего с большим опытом, но без прохождения курсов, то теперь начинают довольно четко проводить порядок пропуска через курсы и старых опытных рабочих, регулируя этот вопрос заработной платой. На всех проходках, которые мы посетили, наблюдалась какая-то исключительная интенсивность работы. В ней нет спешки, нет работы рывками. Движения рабочих плавные и уверенные. Во время работы нет разговоров, на месте работы тихо, периодически слышна только

Таблица № 7.

работ по проходке шахты „Верне 3“.

б	о	ч	и	е								Сумма
Рукоят. кан. пад. 8 час., пород. — 12 час.	Кочегар 8 час.	Кузнецы 12 час.	Слесари 12 час.	Столяр 12 час.	Номерщ. 12 час.	Банщ. 12 час.	Лампов. 12 час.	Шофф. 12 час.	Гараж. 12 час.	Маш. к. 12 час.		
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	47.00
15.25	43.50	23.00	—	21.00	—	—	—	22.00	24.00	—	—	425.00
24.00	58.50	26.50	—	24.00	—	38.00	—	25.00	30.00	—	—	1122.75
22.00	80.75	28.00	—	24.00	—	33.50	—	24.00	26.00	—	—	1382.75
47.50	89.50	37.75	24.50	24.00	—	27.00	—	25.00	26.00	—	—	2216.75
131.00	78.500	37.75	62.50	5.00	31.00	37.00	—	14.00	61.00	—	—	2595.25
146.00	95.25	49.50	28.00	55.25	31.00	56.00	—	—	72.50	61.50	—	3025.50
138.00	92.50	64.50	31.50	52.50	30.50	53.00	17.00	25.00	—	56.25	—	3310.50
128.00	74.75	64.75	31.00	52.75	31.00	56.75	28.25	—	—	59.25	—	3282.50
120.25	89.25	63.75	34.00	50.75	31.00	62.50	28.25	—	—	32.75	—	2850.50
101.25	83.75	56.75	24.75	26.25	31.00	54.50	25.50	—	—	58.50	—	2744.75 ¹⁾
76.50	92.25	59.75	7.50	27.00	31.00	57.50	23.00	—	—	55.50	—	1997.50
77.75	91.00	56.25	25.50	27.25	30.00	55.50	19.00	—	—	55.50	—	2408.75
77.75	94.50	61.26	31.50	29.00	31.00	57.25	24.50	—	—	51.25	—	2529.75
84.50	77.00	51.00	24.00	56.00	31.00	60.50	25.00	—	—	62.25	—	2600.75
74.50	78.75	51.75	—	52.25	20.00	51.25	24.00	—	—	52.75	—	2348.00
47.50	75.75	61.50	—	53.75	31.00	61.00	26.00	—	—	58.00	—	2362.00
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	170.00
1311.75	1295.50	793.25	324.75	582.75	367.50	781.25	240.50	135.00	239.50	603.00	—	37420.25
1.99	1.76	1.08	0.44	0.79	0.50	1.07	0.32	0.17	0.28	0.82	—	51.2

работ, как демонтаж машин и окончательная армировка шахты.

резкая отчетливая команда штейгера или старшего рабочего при постановке и отправке бабьи.

На наших проходках этого нет и перенять нам это необходимо, так как сосредоточенность во время работы есть также большой элемент повышения производительности труда.

Заключение

На основании вышеизложенного, можно сделать следующие предварительные выводы:

1. Успешная проходка шахт в Германии обусловлена высокой организацией работ. Фирмы, занимающиеся проходкой шахт, как правило, обладают достаточным количеством механизмов и инструментов, которые находятся как на местах работ, так и в базах, расположенных неподалеку от мест проходок. Если на проходках держатся и не все необходимые механизмы, которые несут не постоянную работу, то они непременно имеются на базе и переброска их на место работы занимает всего лишь несколько часов.

Если у нас и нельзя создать такого количества баз, какое имеют проходческие фирмы Германии, то все же проходческое оборудование можно собрать в отдельные базы и приблизить к местам проходки шахт. Проходки необходимо обеспечивать достаточным количеством бурильных и отбойных молотков, а также запасными частями к ним. Фирмы считают негодными те молотки, которые проработали 1-1,5 года. Их заменяют новыми.

¹⁾ От 560 до 580 м. приток воды закрыт цемент. 7 м. белого мергеля проб. перед.

Таблица № 8.

Производительность и календарный план работ по проходке шахт методами замораживания и цементацией.

Шахтные установки	Местоположение	Продукция в шахте	Глубины			Предварительные работы				Б у р е н и е			
			Шахты	Замораживания	Диаметр в свет	Начало	Конец	Время в нед.		Начало	Конец	Количество буров в мтр.	Время в нед.
Arenberg Fortsetz	Bottrop	Уголь	90	80	4,5	25.2.11	10.3.11	3		10.3.11	27.4.11	1650	7
Wilhelmine Mewissen I	Niederrhein	"	310	110	6,0	24.1.12	19.2.12	3½		19.2.12	4.4.12	2860	11
Wilhelmine Mevissen	"	"	216	110	5,0	1.3.12	25.3.12	3½		25.3.12	24.5.12	2640	9
Wendland	Hannower	Каменный	600	187	4,1	1.10.11	25.11.11	8		25.11.11	25.7.12	4862	34
Welheim I	Kar-Essen	Уголь	100	90	6,0	1.2.13	16.2.13	2		16.2.13	15.3.13	2740	4
Welheim II	"	"	100	90	4,8	20.3.13	10.4.13	3		10.4.13	5.5.13	2160	3½
Moers I	Nied-rhein	"	390	230	6,0	15.11.12	30.12.12	6½		30.12.12	21.4.13	7130	16
Moers II	"	"	390	230	4,5	15.11.12	1.2.13	11		1.2.13	5.5.13	5520	13
Osterfeld IV	Oberhausen	"	388	435	6,1	25.3.13	3.9.13	—		3.9.13	29.10.13	4455	8
Berghöpen	Peine-Han	Каменный	600	75	4,5	31.10.13	8.12.13	5		8.12.13	27.1.14	1875	7
Lüneberg	Hannower	"	600	—	5,5	1.11.10	10.1.11	10		—	—	—	—
Thüringen	Arter-Nordhs	"	275	—	5,0	15.1.13	1.3.13	6½		—	—	—	—
Min-Stinnes V	Kar-Essen	Уголь	650	—	6,5	1.6.22	15.7.22	6					Спускная крепь до 14,00 м глубины
Constanze	Langedreer	"	180	—	4,5	1.5.19	1.7.19	9					Спускная крепь до 34,00 м глубины

Таблица № 8 (продолжение).

Шахтные установки	Местоположение	Продукц. в шах-те	Замораживание				У г л у б к а				Чистое время заморажив.			
			Начало	Коней	Ков. атрег.	Время в нед.	Начало	Коней	Закреп. туб. в метр	Закреп. крупн. в мт.	Время в нед.	Начало	Коней	Время замораживания
Arenberg Fortsetz	Bot trop	Уголь	12.5.11	25.9.11	1	19	18.7.11	30.9.11	90	—	10¼	12.5.11	18.7.11	9
Wilhelmine Melwissen I	Niederrhein	"	12.5.12	3.11.12	2	25	2.7.12	30.7.13	118	192 56		12.5.12	2.7.12	6
Wilhelmine Movissen	"	"	22.6.12	25.1.13	2	31	1.10.12	15.4.13	118	98 28		22.6.12	1.10.12	14
Wendland	Hannower	Калий	20.8.12	24.9.13	3	56	23.11.12	30.9.14	231	369 96		20.8.12	23.11.12	11
Welheim I	Kar-Essen	Уголь	2.4.13	22.7.13	1	16	1.6.13	31.7.13	100	—	8	2.4.13	1.6.13	8
Welheim II	"	"	27.7.13	3.11.13	1	14	18.9.13	22.11.13	100	—	10	27.7.13	18.9.13	7
Moers I	Niedrhein	"	14.6.13	2.9.14	4	63	20.10.13	1.11.15	238	—	105	14.6.13	20.10.13	17
Moers II	"	"	20.2.14	22.6.15	4	65	10.6.14	1.6.16	238	—	102	20.2.14	10.6.14	15
Osterfeld IV	Oberhausen	"	19.11.13	13.5.14	2	25	2.3.14	30.11.14	138	250 39		19.11.13	2.3.14	15
Berghöpen	Peine-Han	Калий	10.2.14	28.4.14	1	10	25.3.14	20.6.14	83	—	11	10.2.14	25.3.14	6
Lüneberg	Hannover	"	—	—	—	—	10.1.11	7.8.13	2195	400 134		—	—	—
Thüringen	Arter-Nordhs	"	—	—	—	—	1.3.13	15.8.14	277	48 54		—	—	—
Min-Stinnes V	Kar-Essen	Уголь	Сп. крепь до 34,00 м глуб.	—	—	—	15.7.22	1.8.24	—	650 56		—	—	—
Constanze	Langedreer	"	Сп. крепь до 14,00 м глуб.	—	—	—	1.7.19	1.2.20	—	180 33		—	—	—

Таблица № 9.

Наименование шахт	Метры. Пройдено и закреплено				Буровые сква- жины замораж.			Время проходки шахт в мес.		Сред. скор. про- хожд. в месяц	
	Диаметр шахт	Тюбинги	Кирич	Всего	Время в неделях	Всего про- бурено	Проб. в неделю	Полное	Только по углуб. и креп.	Включая все работы	Только по углуб. и креп.
Arenberg Fortsetzung	4,5	90	—	90	7	1650	236	7.25	2.5	12.4	36.0
Wilhelmine Mewiss I	6,0	118	192	310	11	2860	260	19.25	24.0	16.1	22.2
Wilhelmine Mevis II	5,0	118	98	216	9	2640	293	13.5	7.0	16.0	30.9
Wengland	4,1	231	369	600	34	4862	143	36.0	24.0	16.7	25.0
Welheim I	6,0	100	—	100	4	2740	685	6.0	2.0	16.7	50.0
Welheim II	4,8	100	—	100	3½	2160	618	8.0	2.5	12.5	40.0
Moers I	6,0 ¹⁾	238	—	238	16	7130	446	35.5	26.0	6.7	9.15 ¹⁾
Moers II	4,5 ¹⁾	238	—	238	13	5520	425	42.5	25.5	5.6	9.35 ¹⁾
Osterfeld IV	6,1	138	250	388	8	4455	557	20.25	9.75	19.2	39.8
Berghöpen	4,5	83	—	83	7	1875	268	7.5	2.75	11.1	31.0
Итого, за исключением I и II Moers	—	978	909	1887	—	—	—	117.75	64.50	—	—
Среднее за месяц	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16.0	29.3

2. Успешное проведение шахт в очень большой степени обусловлено высокой организацией труда и дисциплиной.

В этой области у нас можно и нужно сделать очень много. Шахтстрой должен и может иметь какую-то группу квалифицированных проходчиков и всегда их держать только на проходках. Не скупиться в количестве надзора и провести порядок пребывания сменного штейгера все время в забое шахты. Расстановку шпуров и проверку зарядов вменить в безусловную обязанность только штейгеру, так как именно от этого зависит большая доля успеха.

Необходимо применить сдельный метод оплаты труда в проходках, которые проводятся в нормальных условиях. Нечего бояться ухудшения качества работы от такого метода оплаты, так как достаточный и квалифицированный надзор обеспечит в этом случае вполне хорошее качество работы.

3. Теперь уже можно сказать, что в случае проведения шахт в сложных условиях, когда требуется водонепроницаемая крепь, возможно заменять тюбинги другими, достаточно надежными методами крепления, материалы для которых без особого труда можно найти в Союзе.

4. Необходимо обеспечить проходки бесперебойной подачей энергии и в достаточном количестве. На проходках можно вполне обойтись без паровой энергии, так как ни один из говоривших с нами немецких инженеров-проходчиков не указал на безусловную необходимость и исключительные удобства пара. В одно и то же время немцы постепенно вводят электрическую энергию также и для подъемных машин при проходках и, по нашему мнению, распространение пара на немецких проходках в настоящее время объясняется исключительно тем, чтобы не выбрасывать имеющееся вполне годное оборудование.

¹⁾ При прохождении были завалы.

Положение слоев глины в шахтах замораживания¹⁾

Об изменении объема замораживаемой водоносной породы в шахтах, проходимых при помощи замораживания, мало известно. До сих пор почти никто не пробовал установить с помощью нивелировки до и после замораживания, а также после оттаивания,—меняет ли, и в какой мере, замораживаемое место свой объем благодаря спущиванию над поверхностью земли, или опусканию, хотя такие повышения или опущения вполне возможны.

Если рассматривать сперва только твердые составные части породы, то охлаждение вызывает уменьшение их объема. Так как кварц обладает линейным коэффициентом расширения в 0,000008, то кварцевый цилиндр породы на каждые 100 м высоты при охлаждении от +15 на — 10° С, то-есть на 25 градусов уменьшается $100 \cdot 25 \cdot 0,000008 = 0,2$ м, или на столько же процентов. При этом объем цилиндра уменьшается кругло на 0,06%.

Находящаяся в породе вода, количество которой в кварцевом песке может быть определено приблизительно в 300 литров на куб. метр породы, ведет себя иначе. Как известно, при переходе в замороженное состояние, объем воды увеличивается круглым числом на 9%. Следовательно 300 л. воды дают 327 л. льда, или каждый куб. м породы вследствие замерзания воды увеличивается в объеме на 27 л. или на 2,7% объема. Однако в действительности это сильное увеличение объема воды при замерзании не имеет особого влияния на породу. Наоборот, имеется возможность излишку воды уходить из водопроницаемой породы. Вследствие этого порода в замороженном состоянии содержит меньше воды, чем в незаможенном.

В шахтах, проходимых способом замораживания, действительно вода уходит частью в сторону, в незаможенную породу, частью по закрытии кольца замораживания, когда выход из него уже невозможен, поднимается вверх. Там, как известно, вода находится внутри круга замораживания выше наружного уровня подпочвенной воды. Сомнительно, находит ли излишек воды дорогу вне круга замораживания. Поэтому с незначительным увеличением объема придется считаться даже в породе, пропитанной водой.

Но имеется порода, которая не дает возможности воде проходить и выступать при процессах замораживания. Это глина, которая в естественном состоянии содержит 15-18% воды. Она встречается, например, в третичных формациях толстыми пластами до 30 м и более.

Спрашивается, как ведет себя водонепроницаемая глина при замораживании? Автор предполагает, что в соответствии с содержанием воды, при замораживании должно наступить увеличение объема. Он считает, что в праве поступить так, тем более, что как известно, при проходке шахт способом замораживания именно в слоях глины наблюдается сильное давление.

Чтобы познакомиться с размером и ближайшими условиями этого предполагаемого увеличения объема, он предложил провести опыты с замерзающей глиной. Опыты были произведены Исследовательским институтом заводской цементной промышленности в Дюссельдорфе по указаниям д-ра Грюна и д-ра Бекмана. Однако, опыты не дали ожидаемых результатов. Наоборот, они показали, что при замерзании глины не только не наступило увеличение объема, а наоборот — сильное уменьшение.

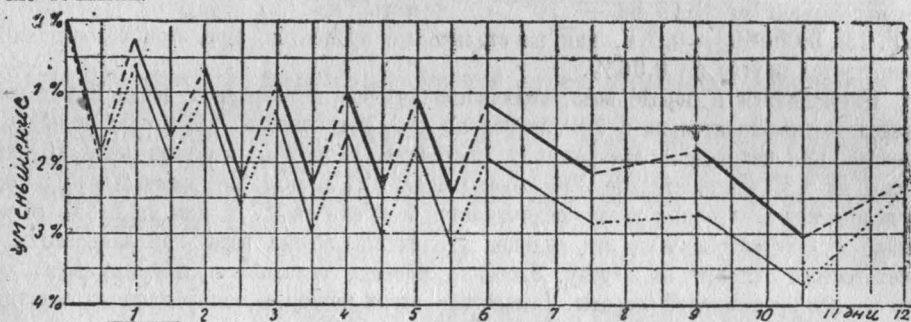
¹⁾ Перевод с немецкого Х. Дубау из журнала „Der Bergbau“ 1929, № 43, стр. 603—607 и 1930, № 47, стр. 693.

Для опытов применялась Шармбекская Септарийская глина в свежедобытом виде. Для испытания брались малые призмы, имеющие размеры $100 : 20 : 20$ мм и большие размеры в $500 : 100 : 100$ мм. Малые призмы частично вырезывались из больших кусков и частично делались вбиванием глины в медную форму. Сравнение полученных эффектов при опытах замораживания показывало, что они были одинаково практичными для обоих испытываемых тел, так что для больших призм вбивание глины в форму оказалось допустимым.

Для малых призм применялся известный Баушингский мелкий масштаб, допускающий точный отсчет на $0,001$ мм и для больших призм — масштаб Амслера, допускающий такую же точность с призмами, длиною 50 см. Концы масштабов при малых призмах надевались на вдавленные стеклышки, а у больших — на вдавленные стальные шары. Призмы охлаждались в леднике с установленным на нем аппаратом для изготовления льда, точно гарантирующим низкую температуру (-8°C) автоматическим включением ледоделательной машины при повышении температуры до -7° .

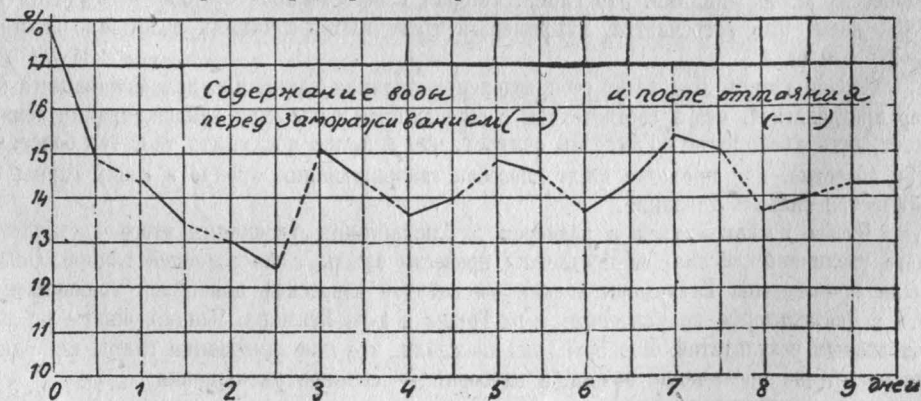
Прежде всего делались предварительные опыты с малыми призмами, которые в течение 12 часов замораживали и после этого оттаивали в течение 12 часов. Во время оттаивания призмы сохранялись в стеклянном сосуде, дно которого было покрыто водой, во избежание высыхания.

Все параллельные опыты как с призмами из натуральной, так и из утрамбованной глины, в достаточной мере совпадали, так что опыты можно было считать достаточно точными.



Фиг. 13.

В таблице 10 приведены цифровые результаты двух рядов опытов и на фиг. 13 — соответствующие графические данные. Уменьшения объема при первом и втором замерзании находились между 1,68 и 2,06%. При повторном замораживании, уменьшения в объеме поднимались до 3,06 и 3,72%. При оттаивании призмы уже не имели прежней длины. Благодаря постоянному «уменьшению в объеме», кривая постепенно становится плоской. Было установлено, что при замораживании имело место высыхание. Содержание воды снизилось с 18% на 14%. Снижение происходит, как показано на фиг. 14, главным образом, при первом замерзании.



Фиг. 14.

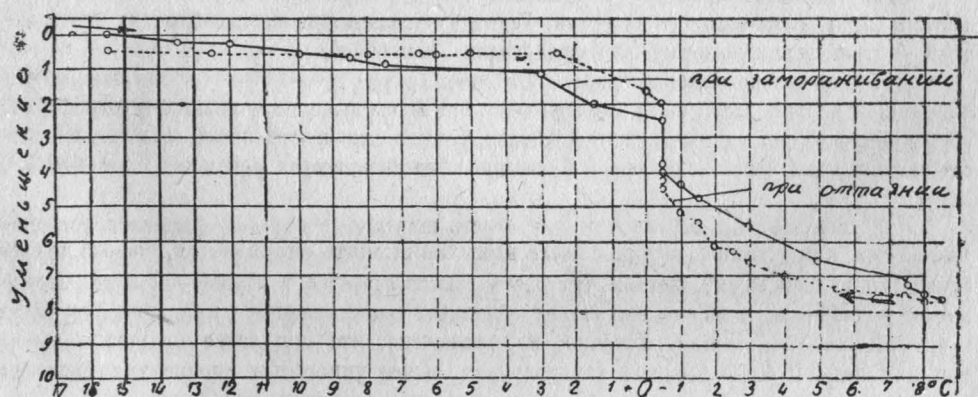
Опыты потом были продолжены с большими призмами. Установленное здесь уменьшение в объеме было менее значительно, чем с малыми призмами. Два опытных тела, после семидневного замораживания, уменьшались на 0,848 и 0,66%. Две дальнейших призмы лежали в течение четырех недель в леднике, после чего уменьшение объема было отмечено на 1,59 и 1,61%. Остается сомнительным, было ли действительно измерено полное уменьшение объема и не затемнило ли образование трещин действительно наступившее уменьшение. При оттаивании здесь тоже оказалось, что первоначальный размер призмы больше не мог быть достигнут. Постоянное уменьшение объема составляло 0,59 и 0,45%.

Таблица № 10.

Уменьшение и растяжение глиняных призм длиной в 10 см при замерзании и оттаивании. Утрамбованные призмы.

Время: дни	Первый опыт				Второй опыт			
	Длина призм в мм		Уменьш. в объеме		Длина призм в мм		Уменьш. в объеме	
	После замораживания	После оттаивания	в мм	в %	После замораживания	После оттаивания	в мм	в %
0	98,425 ¹⁾	—	—	—	98,910 ¹⁾	—	—	—
½	96,615	—	1,810	1,84	96,870	—	2,040	2,06
1	—	98,150	0,275	0,28	—	98,305	0,605	0,61
1½	96,770	—	1,655	1,68	96,930	—	1,980	2,00
2	—	97,785	0,640	0,65	—	97,955	0,955	0,97
2½	96,195	—	2,230	2,26	96,325	—	2,585	2,61
3	—	97,600	0,825	0,84	—	97,660	1,250	1,26
3½	96,120	—	2,305	2,34	96,020	—	2,890	2,92
4	—	97,500	0,925	0,94	—	97,340	1,570	1,59
4½	96,125	—	2,300	2,34	95,900	—	3,010	3,04
5	—	97,395	1,030	1,05	—	97,140	1,770	1,79
5½	96,030	—	2,395	2,44	95,735	—	3,175	3,21
6	—	97,250	1,175	1,19	—	97,020	1,890	1,91
7½	96,305	—	2,120	2,16	96,070	—	2,840	2,87
9	—	96,625	1,800	1,83	—	96,225	2,685	2,72
10½	95,410	—	3,015	3,06	95,225	—	3,685	3,72
12	—	96,255	2,170	2,21	—	96,000	2,310	2,34

Особенно важными оказываются опыты, результаты которых изображены на фиг. 15 и 16. На фиг. 15 время исключено и температура сделана абсциссой. Фигура пока-



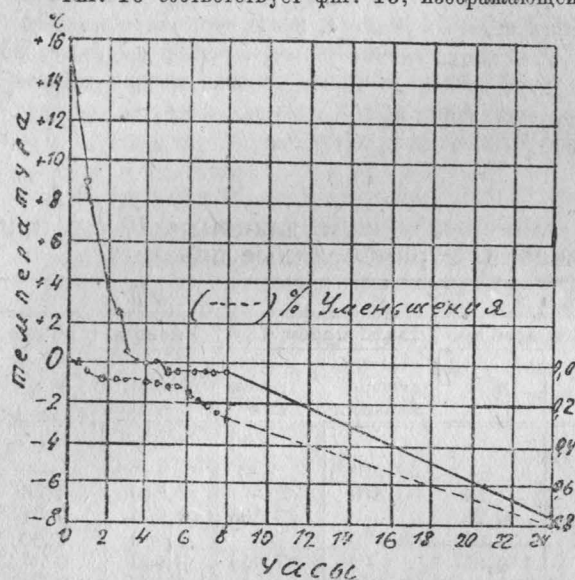
Фиг. 15. Уменьшение глины в объеме в отношении температуры.

зывает при какой температуре происходит главное уменьшение. Продвигающаяся слева направо кривая замораживания и кривая оттаивания, проходящая справа налево, доказывает, что самое сильное уменьшение объема происходит при $-0,5^{\circ}$. Замечательно, что уменьшение при оттаивании, при средней температуре незначительнее, чем во

¹⁾ Первоначальная длина призм.

время замерзания. Возможно, что здесь играет роль неправильность измерения температуры, потому что глиняная призма не обладает совершенно одинаковой температурой.

Фиг. 16 соответствует фиг. 15, изображающей ход температуры и уменьшения в



Фиг. 16.

сжатие 42 кг/см², т.-е. выше замороженного кубика.

Можно сказать, что глина при замораживании сильно уменьшается в объеме и сильнее всего, если она несколько раз или в течение продолжительного времени охлаждается на -8° . По кривым можно заметить, что уменьшение в объеме не закончено при указанной температуре, а может продолжаться при еще более низких температурах.

При оттаивании глина опять сильно расширяется; но она уже не достигает первоначального объема, а определенное уменьшение постоянно остается. Уменьшение глины в объеме нельзя объяснить общеизвестными изменениями тел при нагревании или охлаждении в соответствии с коэффициентом расширения, потому что они от 40 до 120 раз сильнее их. Кроме того, они не должны были оставлять «постоянного уменьшения в объеме».

Физически этот процесс объясняется тем, что при охлаждении коллоидального состава глины вода выходит из гелия. Гелии сжимаются и сплющиваются, пространства уменьшаются, следовательно происходит уменьшение объема.

Особенно сильно заметен процесс при температуре в $-0,5^{\circ}$ во время замерзания выходящей наружу воды, но он заметен тоже при более высоких и низких температурах. Уменьшение объема глины временно больше увеличения пространства, вызванного выстулением воды через молекулы и благодаря образовавшемуся при менее, чем $-0,5^{\circ}$, льду.

При согрезании и оттаивании вода опять вступает в гелии и вызывает увеличение объема, как у глины, которая после высыхания опять смачивается, но вода не выступает в полном объеме, потому что часть гелиев остается в сгущенном виде. Оставшееся уменьшение в объеме составляет около 0,25 наступающего при температуре до -8° общего уменьшения. Конечно, не исключено, что при более продолжительном влиянии воды и более высоких температурах общее уменьшение вполне уничтожается проникновением воды и глина снова принимает свой первоначальный вид.

Если это своеобразное поведение глины до сих пор оставалось неизвестным в горнопромышленных кругах, то оно не могло быть незнакомым владельцам глиняных карьеров, имеющим возможность наблюдать за глиной на морозе, на дневной поверхности. На запрос о поведении глины при морозе автор получил от некоторых управлений глиняных карьеров и отвалов нижеследующие справки:

¹⁾ Валбрекер указывает прочность на сжатие замороженной при -25° С глины только в 21 кг/см (см. Глюкауф 1910, стр. 1719).

«Трещины от мороза появляются особенно ярко в слоях глины, содержащих, так называемую, твердую пластичную глину. При незначительном морозе поверхность покрывается сетью трещин. При усилении мороза образуются трещины до 1 м глубиной. Если мороз держится продолжительное время, глина разделяется на бесконечно мелкие кусочки и распадается. Слой глины с содержанием песку выдерживают мороз без малейшего образования трещин...».

«Глина сама по себе от мороза уменьшается и после замерзания имеет трещины, зависящие от содержания влаги».

«При сильном морозе наша глина становится меньше в объеме. Как на отвалах, так и на стоячей стене в глиняном карьере, при морозе показываются трещины, имеющие сходство с трещинами, образующимися летом от сильной жары...».

Упомянем еще, что в глиняной почве будто бы были найдены трещины от мороза, образовавшиеся в ледяном периоде (см. Кесслер «Климат ледяного периода», 1925, стр. 100 и т. д.).

Конечно, ни вышеупомянутые опыты, ни наблюдения владельцев предприятий и геологические указания не могли в достаточной мере разъяснить вопрос о воздействии мороза на глину. Какое влияние имеет разное содержание воды на изменения объема глины при охлаждении? В какой мере продолжается уменьшение объема при более низких температурах, напр., до -40° , как это бывает в шахтах, пройденных по методу замораживания? Как велико уменьшение объема глины, находящейся под давлением породы? Задерживается ли образование трещин от уменьшения в объеме достаточным внешним давлением? Каково поведение песчаной глины и глинистого песка?— Вот вопросы, ждущие решения.

Надо обратить внимание, что при опытах, произведенных до настоящего времени, глиняные призмы были охлаждены с наружной стороны. Уменьшающийся внешний слой должен был при этом получить трещины над неуменьшившимся в достаточной степени ядром, заслоняющие действительный размер уменьшения объема. Конечно, возможно, что этим объясняются установленные при малых и больших призмах различия в уменьшении объема.

В отношении проходки шахт горняка особенно будет интересоваться вопрос, чем объяснить сильное давление, встречающееся в глиняных слоях шахты. Ввиду вышеизложенного, можно было бы предположить пониженное давление, происходящее благодаря уменьшению объема глины и объема породы. Но этому прежде всего можно противопоставить сравнительно незначительную прочность на давление замерзшей глины, которая, как выше сказано, была установлена в $37-38 \text{ кг/см}^2$.

Если специфический вес расположенной над глиной породы составляет 2,5, то уже на глубине 150 м замерзший слой глины, имеющий прочность на давление только $37,5 \text{ кг/см}^2$, должен быть нагружен до предела подъемной силы. Если мы предполагаем, что специфический вес породы равен 2,0, то этот предел все же наступил бы на глубине в 180-190 м. Замерзшие слои глины, следовательно, будут уступать под давлением расположенной над ними породы и будут вдвигаться медленно.

Но и на незначительной глубине, где подъемная способность замерзшей глины еще достаточна в сравнении с давлением породы, уменьшением объема глины порода приводится в движение. Появившееся уменьшение объема, благодаря замерзанию, выравнивается или опусканием расположенной выше породы или придвижением окружающей, незамерзшей глины, благодаря чему образовавшиеся пустоты немедленно опять закрываются. Во всяком случае, благодаря уменьшению объема глины, порода должна при замерзании приходить в движение и перемещаться.

Горняк чувствует каждое движение породы как давление. Таким образом кажущееся на первый взгляд удивительным явление повышенного давления при уменьшении объема глины объяснить нетрудно.

Неоднократно в замерзающих слоях глины наблюдались прогибания труб замораживания в направлении шахтной оси. Поэтому предполагали, что изгибы возникали только при проходке от продвижения забоев шахты. После изложенного нельзя исключить возможность, что изгибы труб замораживания и вызванная этим чрезмерная на-

грузки возникли уже во время первого замерзания, еще до достижения проходкой глиняного слоя.

Еще необходимо обсудить вопрос, — является ли возникающее при оттаивании глины увеличение объема и связанное с этим повышенное давление опасностью для туббинговой шахты. Можно будет предполагать, что пластичный характер глины будет во всяком случае исключать одностороннюю и неравномерную нагрузку стены шахты. Поэтому, надо полагать, что усиленное давление будет влиять равномерно вдоль всей стены шахты.

Далее возможно, что наивысшее давление не будет превышать давления расположенных выше слоев. Однако, полное давление породы максимально 2,0-2,5 раза больше соответствующего глубине давления воды.

Такому давлению, влияющему равномерно на весь объем шахты, туббинги в состоянии оказывать сопротивление. Однако автор предполагает, что от увеличения объема глины, происходящего при оттаивании шахты, опасность не возникает.

Новые данные о расширении слоев глины в шахтах замораживания

На основании различных опытов, установлено своеобразное поведение глины под влиянием мороза. Глина, в отличие от прежних общих предположений, не увеличивает-ся в объеме, а сильно уменьшается. Произведенными до сих пор опытами вопрос о реагировании глины над действием мороза еще не в достаточной степени выяснен. Между вопросами, ожидающими решения, в особенности выделяется вопрос о влиянии различного содержания воды на изменение объема глины при охлаждении.

С тех пор вопрос продолжал разрабатываться и приближается к своему разрешению. При проходке новой шахты рудника Гнейзенау способ замораживания должен был применяться в диллювиальных слоях глины и галечника. По местным соображениям, рудоуправление считало необходимым перед проходкой установить изменения породы в объеме под действием замораживания. Опыты проводил д-р Грюн, директор Исследовательского института заводской цементной промышленности в Дюссельдорфе. В свое время д-р Грюн проводил и назначенные мной опыты.

В то время, как при прежних исследованиях дело касалось глины третичной формации, обладающей установленным посредством накаливания содержанием воды в 12-15% (в виде исключения 17%), исследуемая вносъ глина была диллювиального происхождения и обладала не только более высокой примесью песка, но в особенности большим содержанием воды (16,6—27,9%).

Опыты показали, что при замораживании в глинах, содержащих сравнительно мало воды, все же наступают уменьшения в объеме, которые, однако, с увеличением содержания воды, менее значительны и при приблизительно 20% воды переходят в увеличение объема. Между тем, третичная глина с содержанием только 12-15% воды уменьшалась при измерениях длины до 20%, — в последнем случае уменьшения составляли максимально только 0,25%. При более 20% воды — расширение глины при замораживании поднималось до максимального предела в 0,87%, что соответствует 2,71% изменения площади). Объяснение для обратного изменения в объеме замороженной глины из уменьшения в расширение очевидно следует искать в том, что присущая глине склонность к уменьшению получает наслоение от расширения замерзающей воды, при чем она больше чем выравнивается.

Во всяком случае показываются новые результаты, выражающиеся в том, что при образовании замороженного тела и при его оттаивании могут наступить движения породы, происходящие от увеличения и уменьшения ее объема.

В заключение еще скажем, что при проходке шахты Августы Виктории 3 способом замораживания реагирование поверхности было точно обследовано посредством маркшейдерских измерений. Во время замораживания окружность шахты поднялась на 37 мм. Следовательно, замерзающая порода получила расширение вверх. По окончании замораживания окрестности шахты опять постепенно опустились. Здесь имелась избыточная водой преимущественно песчаная порода.

Схватывание и затверждение бетона в замороженной шахте¹⁾

Обвалы при проходке шахт «Ганиэль-2» завода «Гутехоффнунг» и «Августа-Виктория 3» доказали нам, что простой тюббинговый ствол не в состоянии устоять против сгибающих, надламывающих и искривляющих сил, особенно в то время, когда шахта оттаивает. В товариществе «Августа-Виктория» по этому случаю поднялся вопрос, какое крепление наметить для запроектированной шахты 4, проходку которой должны были начать в спешном порядке. Крепление должно быть настолько прочным, чтобы оно могло противостоять против всяких разрушающих сил.

Первое предложение рекомендовало снабдить шахту простым тюббинговым стволом, но постоянно держать ее в замороженном состоянии, — это предложение было отвергнуто, так как, не говоря уже о высокой стоимости постоянных работ охладителей, замораживающие трубы, вставленные в породу, со временем проржавели бы и, таким образом, порода постепенно оттаяла бы от выступающей из них щелочи.

Кроме того, сырость воздушного тока осела бы на тюббингах в виде льда, и этот все постепенно утолщающийся ледяной осадок сильно подвергал бы опасности как самую шахту, так и весь работающий в ней персонал. Уже несколько раз примененное крепление двойным тюббинговым столбом бесспорно гарантирует нужную безопасность, но оно непропорционально дорого. Высокая стоимость здесь не дает желаемых результатов, так как при креплении двойными тюббинговыми столбами внутренний столб должен иметь такую устойчивость, чтобы он один смог выдержать полное гидростатическое давление. Наружный ствол для уплотнения шахты в счет не идет, так как он недоступен и в нем плотность поддерживать невозможно.

При втором способе крепления вставляется простой тюббинговый ствол с облицовкой из бронированного или небронированного бетона. К применению бетона в замораживаемых шахтах в кругу горняков относились до сего времени довольно неодобрительно, так как предполагалось, что бетонная масса, под влиянием низкой температуры, получится недоброкачественной. Поэтому в пустое пространство между тюббингами и породой вводили бетон только в таком количестве, сколько нужно было, чтобы заполнить это пространство, причем старались, чтобы оно было по возможности меньше. Так как введенный за тюббинги бетон в дальнейшем только в очень редких случаях был доступен наблюдению, то мнение о его недоброкачественности в кругу технических работников по проходке шахт так и осталось неопроверженным, хотя некоторые уже оставили тот предрассудок, что получившаяся от схватывания бетона теплота является некоторым противодействием против охлаждения замороженной породы.

Таким образом уже двадцать лет тому назад в одной из шахт Аахенского района тюббинги были облицованы толстым железо-бетонным слоем. При поломке тюббингов, происшедшей позднее, оказалось, что железо-бетон хорошо затвердел и этим предохранил шахту от затопления. Кроме этой шахты бетонную облицовку применяли еще и в других шахтах, между прочим, и в калийном горном промысле, однако не исследовав планомерно вопрос о применении бетона в замораживаемых шахтах.

¹⁾ Перевод с немецкого О. Арениус из журнала Glückauf 1928, № 40.

В 1924 г. в верхнюю часть шахты Баллах 2 на немецких рудниках Сольвей в Борте на протяжении от 0 до 230 м за туббинги была введена толстая утрамбованная бетонная масса толщиной в 60 см. Температура бетона измерялась вставленными в него термометрами. Получался неожиданный результат: температура в середине бетонной стены, при температуре щелочи в -24° , при температуре породы -13° и при температуре воздуха в шахте -8° , понизилась на 0° только через 72 часа, что является доказательством того, что более значительные бетонные массы при схватывании развивают также значительную теплоту. Произведенные от 1920 до 1926 г. профессором Графом обширные и имевшие большое научное значение опыты (измерительный институт технической высшей школы в Штутгарте) дали хотя достойные внимания результаты, но не рассеяли еще все сомнения, существовавшие относительно применения бетона в замороженных шахтах.

Если Граф, развивая свой рабочий план, говорит: «Приготовленный при обыкновенной температуре бетонный раствор применялся в работах при низкой температуре, соответствующей, приблизительно, условиям, при которых бетон применяется при устройстве шахт в промороженной породе», то это не совсем правильно. Фактически — опыты производились при гораздо худших условиях, чем это могло быть в промороженной шахте, так как их производили в породе, разделенной на части кубической формы при длине ребра в 7 см, на которые холод мог влиять гораздо быстрее и сильнее, чем это могло бы случиться при введении в шахту больших масс бетона, в которых развивающаяся схватывающая теплота в высшей степени противодействует влиянию холода извне.

Итак, если опыты Графа считать решающими по применению бетона в промороженных шахтах, то во многих случаях этот способ следовало бы отвергнуть, а на самом деле он здесь более всего у места. Таким определением значение этих опытов ни в коем случае не уменьшается; мы здесь только заметим, что к ним надо сделать некоторые дополнения. Доктором Грюн были произведены в лаборатории института для исследований заводов цементной индустрии в Дюссельдорфе соответствующие опыты¹⁾. Д-р Вернер произвел тщательные опыты в том же направлении в своей лаборатории в г. Леверкузене, чтобы испытать пригодность изготовленного цемента (Байер-цемент для доменных печей и Байер высшего качества) для применения его в промороженных шахтах. Таким образом получились два ряда опытов, которые можно сравнить и проверить один с другим. Целью опытов был ответ на вопрос: можно ли в замороженной шахте получить твердый бетон? При этом, в первую очередь, нужно было выяснить следующие второстепенные вопросы: 1) какую теплоту развивают при схватывании различные виды цемента и в какой срок; 2) каково свойство проб бетона из различных сортов цемента: а) при замораживании во время схватывания, б) при замедленном промораживании (предварительное затверждение), в) во время пребывания в замороженном состоянии, г) после оттаивания (последовательное затверждение); 3) какова должна быть твердость бетона при введении его за туббинги?

Определение теплоты при схватывании

Чтобы определить путь кривой теплоты при схватывании цемента различных видов, Грюн произвел измерения проб чистого цемента, которые по возможности были защищены от потери теплоты изнутри изоляцией из инфузальной земли. Теплота развивалась так сильно, что температура всех видов цемента (глинистый цемент Альба, португальский железистый цемент, португальский цемент и цемент Байера для доменных печей) через короткое время повысилась выше 50° C, ее больше нельзя было измерять термометрами, так как ртуть в них выше не поднималась. При повторении опыта без изоляции получилось понижение температуры.

Температура цемента Альба через несколько часов также поднялась выше 50° ,

¹⁾ Г р ю н. Исследования процесса схватывания и затвердения бетона в промораживаемых шахтах „Цемент“. 1928, стр. 1371.

а потом очень быстро снизилась. Другие виды цемента дали более незначительную теплоту, но зато она держалась более продолжительное время.

Такой же опыт был произведен над бетоном, составленным в пропорции 1 : 3.

Эти результаты показали, что и в бетоне можно достичь высокой температуры. Замечательно то, что при этом цемент Байера для доменных печей развил более сильную теплоту, чем портландский железистый цемент и портландский цемент, но при опыте с чистым цементом, в отношении развития теплоты, — он отстал.

Для определения влияния хлористого кальция на затвердение бетона даже без воздействия мороза произвели опыт развития теплоты над бетоном в пропорции 1 : 3 из портландского железистого цемента и из цемента Байера для доменных печей. Опыты были сделаны — один раз с прибавлением в воду для раствора хлористого кальция в 80° В°е, а в другой раз — без добавки его (хлористый кальций значительно усиливает схватывающую теплоту).

Известное на практике благоприятное влияние хлористого кальция на бетон, замешанный при низкой температуре, зиждется не только на понижении точки замерзания воды для раствора, но и на том, что от хлористого кальция развивается довольно значительная добавочная теплота.

Состояние бетона в замороженной шахте

Известно, что при промораживании шахт плавучая порода замораживается таким образом: через замораживающие трубы, окружающие ствол шахты, пропускают сильно охлажденную щелочь, отданный породе холод который возобновляется новым, сохраняющимся на долгое время охлаждением на поверхности. Расстояние замораживающих труб от стенок шахты составляет 1-3 м. При распределении теплоты между бетоном, нагревающимся при схватывании, и породой, постоянно охлаждающейся щелочью, играет большую роль проводимость тепла как породы, так и бетона. Для полного выяснения этого вопроса следовало бы произвести опыты над различными имеющимися налицо видами породы.

Так как в данном случае только нужно было выяснить условия в шахте Августа-Виктория, где главным образом существует плавучий песок, то здесь только его и приняли во внимание.

При опытах, имевших наиважнейшее значение, существующие в замороженной шахте условия были воспроизведены самым тщательным образом при помощи опытных установок, которые были устроены Грюном и Вернером по различным системам.

В установке Грюна слой плавучего песка, толщиной в 20 см, плотно подошел к той стенке охладителя, в которой проходила замораживающая щелочь. Этот слой плавучего песка был затрамбован бетоном в форме куба (длина ребра 50 см), изображавшего бетонную стенку шахты. Охлаждаемая из охладителя холодным воздухом передняя сторона бетонного куба должна была соответствовать наполненному холодным воздухом внутреннему пространству шахты. Остальные четыре кубических площади были отделены от влияния холода толстыми пробковыми пластинками. В шахте, вместо пробковых пластинок, изолятором от холода является свежескатрамбованный бетон, который своей схватывающей теплотой гораздо лучше препятствует воздействию холода.

В приборе Вернера пласт плавучего песка, вышиной в 40 см и в 60 × 60 см основной площади, был расположен непосредственно на охладительном змеевике. Поверх этого пласта была затрамбована бетонная масса длиной ребра в 30 см и со всех четырех сторон окружена затрамбованной бетонной массой толщиной в 15 см, схватывающая теплота которой точно так же, как и в шахте должна была препятствовать быстрому охлаждению массы, над которой производится опыт. Расположенный против плавучего песка бок, примыкающий к шахте, охлаждался щелочью, проходившей по особому змеевику.

Весь этот прибор был изолирован от наружной температуры пробковыми пластинками. Во время проведения обоих опытов температура измерялась при помощи самопишущих электрических термометров. Грюном были намечены следующие пункты изме-

рения: в плавучем песке, на границе между плавучим песком и бетоном, на расстоянии 3-х, 4-х, 5-ти, 10-ти, 20-ти и 30-ти см от границы бетона в воздушном пространстве охладителя и в охлаждающем змеевике.

В приборе Вернера имеется 6 пунктов измерения в бетоне: 3 пункта на средней площади куба, на различной высоте и 3 места, распределенных подобным же образом поблизости боковой площади.

Далее имелось 5 пунктов измерения в плавучем песке на расстоянии 10 см друг от друга: наверху непосредственно поблизости бетона и внизу, вблизи охлаждающегося змеевика.

Грюн производил опыты над высокоценным доменным цементом Байера и над чистым просеянным гравием 3-х различных величин зернистости в 10—40, 2—20 и 0—10 мм; смесь в пропорции: 1 деление цемента на 3 деления гравия. Рассортировав через сито 3 сорта гравия на 5 различных величин зернистости и сделав расчет, установили, в какой пропорции надо было смешать отдельные сорта гравия, чтобы получить такую смесь, которая больше всего подходила бы к кривой Фуллера, представляющей изготовление наиболее плотного бетона.

Так как получилось, что смесь трех сортов гравия, в пропорции 1 : 1 : 1, сравнительно не много разнилась от кривой Фуллера, то остановились именно на этой смеси. Температура щелочи автоматически держалась на -10° , температура воздуха $+1^{\circ}$.

В первую очередь был произведен пробный опыт, которым надо было испытать пригодность приспособления. После опыта внимание было обращено только на результаты, получившиеся от пробного опыта, и на результаты решающего опыта. Температура замешанного при комнатной температуре бетона сначала понижается, а потом это понижение, под противодействием развившейся схватывающей теплоты, замедляется.

В противоположность этому, температура плавучего песка быстро повышается с -8° до $+1^{\circ}$ и остается на этой точке до 29-го часа, после чего, соответственно охлаждению бетона, снова падает до -8° . Температура на границе между плавучим песком и бетоном сначала быстро падает до $+4^{\circ}$, остается на этой точке до 17-го часа, после чего постепенно падает все ниже, причем замечательно то, что она достигает 0° только через 58 часов. На 3-й точке измерения нуль достигается через 66 час., на 4-й точке после 78 час., а на 5-й после 88 часов.

Вернер для своих опытов также применял высокоценный цемент Байера и тот же самый гравий в пропорции 1 : 3 и производил опыты один раз с примесью хлористого кальция, а другой раз без него. Опыт без хлористого кальция можно определенно приравнять к опыту Грюна. И здесь бетон охлаждается до 0° только через 78 часов, в то время как слои плавучего песка нагреваются тем сильнее, чем ближе они находятся к бетону и чем дальше от охлаждающего змеевика.

Ближайшие точки измерения находятся в сильной зависимости от колебаний температуры щелочи, в то время как их влияние, смотря по расстоянию точек измерения от охлаждающего змеевика, постепенно ослабляется.

Результаты опытов Грюна и Вернера почти соответствуют один другому. Оба доказывают, что бетон, если его применять в довольно большом количестве, развивает такую сильную теплоту, что ему надо несколько дней на схватывание и на предварительное затверждение, прежде чем дальнейшее затверждение будет прервано морозом.

При опыте Вернера, с прибавлением хлористого кальция, температура повышается, приблизительно, на 13° выше, чем при опыте с хлористым кальцием.

Точка замерзания в обоих случаях достигается почти в одно и то же время: через 76 часов. В верхнем слое плавучего песка температура поднимается до $+6^{\circ}$, почва промерзает даже на глубине до 10 см.

Этот опыт не дал существенных преимуществ против опыта без применения хлористого кальция. Вернером был предпринят еще один опыт с применением цемента Альба; этот опыт, в общих чертах, производился таким же образом, как и те опыты, которые описаны выше.

Как и надо было ожидать, температура за несколько часов, то-есть сравнительно за короткое время, поднялась очень высоко.

Через 12 часов температура в бетоне достигла $+30^{\circ}$, после чего она быстро понизилась; через 70 часов кривая температуры прошла по нулевой линии. 1-я точка измерения в плавучем песке показала через 14 часов $+18^{\circ}$, 2-я точка (в) — через 24 часа $+4^{\circ}$ и 3-я точка (с) на расстоянии 20 см от бетона после 22 час. $+1^{\circ}$. Отсюда получается опасность, что при применении большего количества бетона Алька, как при проходке шахты, где в течение 24 часов вводится до 60 м^3 бетона, отчего освобождается так много теплоты, что стенки шахты начинают оттаивать. В противоположность этому, цемент Алька, сильно затвердевающий уже через несколько часов, может быть применим с большой выгодой, когда понадобится ввести тонкий слой бетона при низкой температуре.

Определение твердости

После того, как мы определили, что для бетона в замораживаемой шахте нужно несколько дней для того, чтобы окончательно замерзнуть, мы должны установить, какой твердости он фактически может достичь при замерзании.

Испытываемый кусок Вернера был настолько велик, что он ни в коем случае не мог быть раздавлен. Поэтому пригласили каменотеса, которому поручили разделить этот кусок на восемь частей кубической формы и их обработать таким образом, чтобы их можно было бы раздавить. Перед разделением испытываемый кусок в течение 11 дней охлаждали в охладителе при температуре -10° , также отдельные части, которые не находились в обработке, каждый раз помещали обратно в охладитель для того, чтобы они не затвердевали.

Приготовление материала для испытаний продолжалось 11 дней, так что процессу раздавливания их подвергли через 22 дня.

Кубам дали немного оттаять, после чего подвергли испытанию на давление; при этом нашли следующие данные об их твердости:

Таблица № 11.

Задняя часть (у плавучего песка) кг/см ²		Передняя часть кг/см ³	
136	179	138	133
91	180	88	122

Результатам этих испытаний на давление можно было, однако, придать только условное значение, так как основная твердость бетона вследствие его размельчения естественно уменьшилась.

Решающие испытания происходили следующим образом: были взяты пробы цилиндрической формы, высотой в 10 см и с таким диаметром, что их верхняя площадь была равной верхней площади пробы, взятой при главном опыте. В охладителе их подвергли такой температуре, которая по сроку и высоте соответствует кривым охлаждения. Пробы по порядку через различные интервалы времени были раздавлены.

Температура регулировалась: один раз согласно кривой температуры измерительного пункта 2 (пограничный слой) и в другой раз — согласно кривой температуры пункта измерения 3 (на глубине 10 см в бетоне) главного опыта. Из охладителя пробы были вынуты через 5, 18, 28 и 60 дней, при следующей твердости: (см. таб. на стр. 52).

Во время главного опыта Вернера маленьким частям проб придали такой размер, который допускался дробильной машиной в Леверкузене. После пятидневного охлаждения исследовали тело из высокоценного цемента Байера и портландского железистого цемента с примесью хлористого кальция и без него. Кроме того, исследовали еще одно тело из цемента Алька и получили следующие результаты: (см. таб. на стр. 53).

Стрелка применявшегося пресса выше 334 кг/см^2 не доходила, так что действительную ценность замешанного на цементе Алька тела измерить было невозможно. Все эти опыты достаточно сходны между собою; из-за отдельных отступающих от общего правила цифр, они не теряют свою силу.

Таблица № 12.

Соответств. температура	Пребывание в охлаждающем шкафу							
	5 дней		18 дней		28 дней		60 дней	
	Без примеси	С примесью	Без примеси	С примесью	Без примеси	С примесью	Без примеси	С примесью
	хлористого кальция							
Точка измерения 2 (погранич. слой)	118	148	226	245	210	252	322	358
Точка измерения 3 (на 10 см глубины в бетоне)	112	201	221	311	223	308	191	303

	С примесью	Без примеси
	Хлористого кальция кг/см ³	
Высокоценный цемент Байера . .	113	164
Портландский железистый цемент	82	141
Цемент Алька	> 334	—

Результаты этих опытов дали для проходки шахты два очень важных открытия: 1) бетон еще до своего замерзания достигает уже значительной твердости, так что бетонная облицовка туббингового столба в случае нагрузки шахты работает уже во время замораживания или в начале оттаивания, 2) бетон, прилегающий к замороженной стене, имеет ту же, отчасти даже более высокую, плотность, чем бетон, находящийся дальше. Следовательно, при проходке шахты не нужно считаться с пограничным слоем, названным Грюном «потерянным бетоном», имея при этом уверенность, что бетон в твердой породе является надежной связью между туббингами и стеной породы.

Там, где приходится работать на большой глубине, или где из труб выступает щелочь и принуждены работать при очень низкой температуре, применяя щелочь, охлажденную до очень низкой температуры, вышеописанные определения придется проверить дальнейшими опытами. Какого-либо другого существенного результата, вероятно, ожидать не придется.

После того как было определено, что бетон в приблизительно одинаковых с замораживаемой шахтой условиях еще до замораживания значительно затвердевает, надо исследовать, как и до какой высоты происходит последовательное затвердение, когда бетон, после довольно продолжительного перерыва, снова оттаивает. Чтобы согласоваться с опытами Графа, Вернер и Грюн подвергли целый ряд проб, тотчас же после замешивания, сильному замораживанию и вынув из охладителя, проверили их частью тотчас же и частью после последовательного затвердения, происшедшего в течение короткого или продолжительного времени в комнатной температуре.

Тело, вынутое Грюном через 3 дня из охладителя, через 7 дней дало последовательное затвердение в 40 кг/см² и через 28 дней 130 кг/см² в то время, как другое тело, которому дали, для сравнения, затвердеть при обыкновенной температуре, показало твердость в 254 кг/см². При опытах Вернера быстро замерзшая проба с высокоценным цементом Байера, после 7-дневного последовательного затвердения, показала 189 кг/см². В противоположность этому проба, взятая для сравнения при обыкновенной температуре, показала 463 кг твердости на каждый кв. см. Следовательно результаты опытов Графа в этом отношении вполне подтверждаются.

Дальнейшие опыты должны были выяснить, до какого предела доходит последовательное затвердение в бетоне, которому предварительно дали затвердеть в течение 1,2 или 3-х дней, после чего его держали 7 дней на морозе, а потом подвергли последо-

вательному затвердению в течение 28 дней. Опыты производились как с нормальным цементом для доменных печей Байера, так и с многоценным цементом Байера. Для сравнения взяли несколько одинаковых проб при температуре $+20^{\circ}$.

Сначала обыкновенный цемент, как и следовало ожидать, при предварительном затвердении не только опережается высокоценным цементом, но последний, даже при последовательном затвердении, в гораздо более короткое время достигает высокой степени твердости. По этим опытам видно, что бетон, который замораживается при достаточном предварительном затвердении, после оттаивания достигает такой же твердости, как и незамороженный бетон. В противоположность этому, при непосредственном замерзании бетон не достигает полной твердости и имеет тем меньшую твердость, чем раньше морозом было прервано схватывание.

При проведении кривых не приняли во внимание очень вероятное дальнейшее затвердение во время процесса замораживания, так как не могли установить его размера. Не встречаются серьезные повреждения в бетоне тогда, когда перед замораживанием вся вода для замешивания будет химически связана, иначе действие замораживания будет неблагоприятным, потому что от увеличения объема замораживание имеющейся еще налицо свободной воды раз'единяет находящиеся в процессе схватывания продукты. Бетон, при достаточном предварительном затвердении, благодаря последующему затвердению после оттаивания достигает своей абсолютной твердости; это обстоятельство для проходки шахт имеет большое значение, так как после того, как все опыты будут подтверждены, можно будет считаться с предварительным затверждением, продолжающимся несколько дней, причем возможно будет принимать во внимание статический расчет нормальной твердости бетонного крепления в замораживаемых шахтах.

Практическое подтверждение результатов, получившихся от опытов

Результаты опытов, произведенных в обеих лабораториях в Дюссельдорфе и Леверкузене, могли быть проверены при проходке шахты 4, рудника Августа-Виктория. На практике можно было испытать пригодность бетона. Имея в руках схемы опытов, приняли окончательное решение относительно способа крепления и 17 марта 1928 г. начали замораживать двумя машинами в 200000 кал. производительности в час. 7-го апреля, благодаря тому, что вода в скважине в шахте поднялась, установили, что замороженный цилиндр сомкнулся. Обе машины работали до 10-го июня. 11-го июня одну машину остановили и начали проходку. Самая низкая температура щелочи составляла -26° .

Из производительности машин высчитали, что в течение этого времени у породы взяли 675 млн. кал. тепла. Первым приемом прошли 41,5 м от 11-го июня до 3-го июля, производительность составляла 2,07 м за каждый рабочий день. Предварительного крепления не потребовалось. На глубине 41,72 м были поставлены заклиненные венцы, а на них туббинги, стенки которых были толщиной в 35 и 42 мм. Одновременно с этим, за туббингами возвели бетонный столб, состоявший из 40 см железобетона (120 кг железа на каждый квадратный метр бетона) и наружный бетонный слой толщиной в 15 см.

Этот последний слой не бронирован, он должен был защищать туббинги от холода замороженной породы. Этот бетон был замешан по схеме кривой Фуллера.

Вместо 350 кг цемента на каждый куб. м бетона, которые требовались по расчету, взяли 475 кг для того, чтобы бетон сильнее нагрелся. Установка туббингов производилась от 4-го до 16-го июля включительно; общая производительность за один рабочий день составляла следовательно 3,77 м.

Несмотря на самое тщательное исполнение работ, за которыми был постоянный надзор, они были исполнены очень быстро, что особенно надо подчеркнуть, так как теплота развивается тем сильнее, чем быстрее вводится бетон, в котором при этом происходит процесс схватывания. За четвертым туббинговым кольцом сверху, то-есть на глубине 7 м, были забетонированы электрические термометры, действующие на да-

лекое расстояние: 3 термометра в бетоне и еще 3 в скважинах, пробуренных на различную глубину и в различных местах стенки шахты в замороженном плавучем песке.

Кабель был проложен в бетоне за туббингами от термометров к одному общему сборному месту, где во всякое время можно было считать температуру. Кривые измерений температуры 3-х термометров в бетоне получились почти одинаковые.

Бетон, через 2 дня после того, как его ввели за туббинги, достиг высшей температуры в $+30^{\circ}$, которая потом постепенно понижалась, сперва очень быстро, а впоследствии так медленно, что дошла до нуля только через 22 дня. Термометр, вставленный через короткий промежуток времени после введения бетона, показал, что плавучий песок сильно нагрелся (выше 0°), но его кривая достигает нуля только еще через 21 день. Таким же образом заложенные еще глубже в замороженный плавучий песок термометры показали нагревание, высшая точка которого соответствовала переходу теплоты из бетона в стенку шахты, но с некоторым запозданием.

Благодаря введению бетона, воздух в шахте значительно согрелся, как это видно по приведенным здесь цифрам.

Время измерения	Температура	Время измерения	Температура
Июль	$^{\circ}\text{C.}$	Июль	$^{\circ}\text{C.}$
2	— 1,0	13	+15,0
3	— 1,0	17	+ 5,0
4	— 1,5	18	+ 2,0
11	+15,0	19	+ 1,0
12	+16,5	—	—

Температура поднялась на $+15^{\circ}$ и постепенно опустилась опять на нуль после введения бетона, прежде всего под влиянием освободившегося холода при дальнейшей проходке вниз.

24-го июля, т.е. через 10 дней после того, как начали вводить бетон и именно только после продолжительной остановки циркуляции щелочи, в одной замораживающей трубе была измерена температура. Получились следующие цифры:

Глубина	Температура	Глубина	Температура
М	$^{\circ}\text{C.}$	М	$^{\circ}\text{C.}$
30	— 9,5	90	—14,5
50	—11,5	110	—15,5
70	—12,5	—	—

При введении бетона можно было наблюдать, что от теплоты внутри шахты на поверхности на расстоянии нескольких метров растаяла порода, находящаяся над возвышающимся туббинговым столбом. При дальнейшей проходке было установлено, что иней впервые был замечен на туббингах первого звена 4-го августа, следовательно, через 18 дней после окончания бетонирования. Эти результаты оказались такими поразительно благоприятными, что было решено отказаться от защищающего бетонного слоя и пользоваться только одним действующим статически железобетоном, так как от него происходит непрерывное схватывание и затвердение.

Вторым приемом прошли в течение времени от 17-го июля до 7-го августа включительно 37,9 м, что соответствует ежедневной производительности, круглым числом

в 2,0 м. На этой глубине от 8 до 21 августа были уложены заклиненные венцы, возведен туббинговый столб (толщина его стенки в 42-50 мм) и введен железо-бетон таким же способом, как и при первом приеме, не пользуясь, однако, защищающим бетонным слоем, но включив его в общую толщу в 50 см действительно полезного бетона. Работа, следовательно, произведена в течение 12-ти дней при ежедневной средней производительности в 3,16 м.

Во время этих работ на глубине 71,6 м измеряли температуру электрическими, действующими на далекое расстояние термометрами. Термометры были вставлены в бетон на расстоянии 6 см от слоя, граничащего с бетоном, и в плавучем песке, в середине, между замораживающими трубами и слоем, граничащим с бетоном. Кабели термометров были проложены в сальниках через туббинговую стенку и в шахту в точке измерения.

Температура была такая же, как при испытаниях в первом звене, однако, с той существенной разницей, что она сначала поднималась медленно: в термометре для измерения температуры воздуха она поднялась только до 7° .

Понижение произошло так же медленно, как и при первом опыте: оно продолжалось 17 дней. В точке измерения за бетоном, в плавучем песке, в продолжении 8 дней стояла температура в $+1^{\circ}$, которая впоследствии опустилась до -1° .

В третьем пункте измерения в середине замерзшего плавучего песка температура очень медленно, только через 12 дней, поднялась с -10° до $-4,2^{\circ}$, после чего она снова понизилась.

Указания об измерении в третьем звене туббингов составлены следующим образом:

Высота звена	37,814 м
Продолжительность проходки	16,5 дней
Производительность каждого рабочего дня	2,2 м
Глубина заклиненного венца	118,814 м
Толщина стенки туббингов	56—63 см
Толщина железо бетона	55 см.
Время, за которое была вставлена крепь	10 раб. дн.
Ежедневная производительность в среднем	3,78 м
Глубина 3-х пунктов измерения	105,46 м

Все три термометра были в таком же положении, как при испытаниях во втором звене, но термометр, находящийся в бетоне, при вставлении испортился. Таким образом, можно было использовать только оба термометра в плавучем песке, как раз за бетоном; ими были произведены измерения температуры в середине между бетоном и замораживающими трубами.

Не долго после введения бетона (16 сентября) первый термометр показывал $+10,5^{\circ}$, а второй — 9° , после чего температура в обоих термометрах ежедневно все больше уравнивалась и 24-го сентября (через 8 дней) один термометр показывал $+3^{\circ}$, а второй — $4,5^{\circ}$.

Замораживающие машины были остановлены 13-го сентября; крепление шахты было закончено 21 сентября. Разница между кривыми температур для всех трех звеньев при начале схватывания была очевидно обоснована на том, что влияние дневной температуры на замороженный столб, при незначительной глубине в 7 м, не было включено и что бетон был введен на глубину 7 м, как раз во время не обычной жары, в июле м-це, что имело влияние как на замороженный столб, так и на введенный в него строительный материал (туббинги, облицовочное железо, бетон).

По тому, как проходят кривые температуры, можно сделать очень важный и успокаивающий вывод, что затверждение продолжалось долго, вследствие чего для бетона до полного замораживания можно предполагать твердость, по крайней мере, в 300 кг/см^2 .

З а к л ю ч е н и е

Вышеописанные опыты Грюна и Вернера в общем подтвердили результаты, полученные опытами Графа над быстро охлажденными телами. В отдельности, получи-

лись следующие выводы. Процессом замораживания бетона прерывается процесс схватывания и затвердения. После того, как тело начало таять, происходит последовательное затвердение и чем дальше прошел процесс схватывания, тем он будет сильнее. Своей полной твердости незамороженного бетона он достигает после того, как уже вся вода для замешивания была схвачена химически.

Примесь хлористого кальция ускоряет затвердение и отражает воздействие мороза, понижая точку замерзания и развивая свою собственную теплоту.

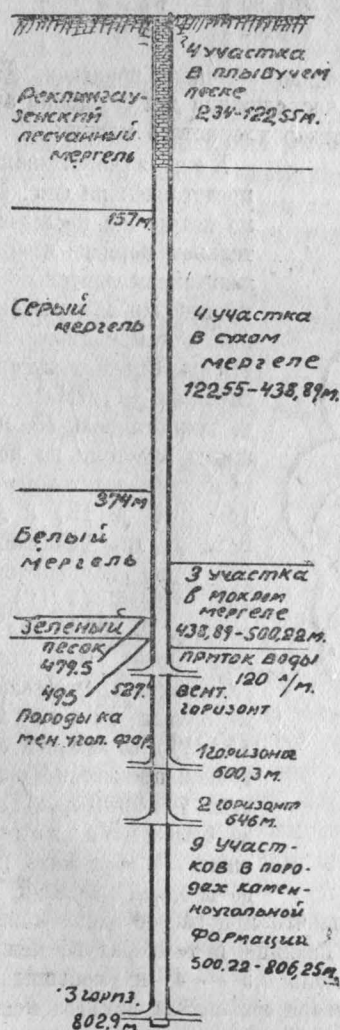
Для высокоценных сортов цемента требуется малое количество хлористого кальция. Решающие опыты были произведены при таких же условиях, какие существовали в замороженной шахте, и показали, что обмен тепла между бетоном и замерзшим плавучим песком протекает по мере нагревания последнего медленно и что бетону остается достаточно времени для схватывания и для значительного предварительного затвердения, которое, например, при высокоценном цементе Байера составляет 113 кг/см. При последовательном затвердении, при опытах над всеми видами цемента была достигнута твердость в 250 кг, а при опытах над высокоценным цементом результат получился значительно больше. Поэтому примесь хлористого кальция, а также применение очень дорогостоящего цемента Алька не требуется.

Измерения во время проходки шахты 4 в руднике Августа-Виктория показали, что условия, при которых проводились опыты, были гораздо хуже, чем те условия, при которых происходило забетонирование самой шахты. Следовательно, результаты в шахте получились значительно благоприятнее, чем результаты при опытах. Это будет понятно, если обдумать, что при этих опытах исследовались только пребы незначительных размеров, в то время, как в шахте имелась закрытая бетонная стена толщиной, по крайней мере, в 50 см. Теплота, развившаяся в этих бетонных массах, была настолько сильна, что температура в шахте во время забетонирования поднялась даже ко выше нуля. Далее — теплота между плавучим песком и бетоном в шахте сравнялась значительно медленнее, чем в охладителе при опытах, потому что слой плавучего песка между бетоном и замораживающими трубами был толщиной в несколько метров, в то время как слой плавучего песка в охладителе был толщиной от 40 до 20 см.

Установив это, мы должны изменить свое предубеждение против применения бетона в замораживаемых шахтах, поскольку будет применяться бетон хорошего качества, достаточной крепости, при тщательной работе и при правильном и быстром ходе работ, при котором теплота задерживается. Тогда с «потерянным бетоном» не надо будет больше считаться. ,

Проходка шахты „Августа Виктория 4“¹⁾.

В настоящей статье описываются способы проходки шахт при различных природных условиях на глубину 800 м, стоимость этих работ и наблюдения над процессом замораживания в связи с проходческими работами.



Фиг. 17.

Работы по проходке и креплению шахт

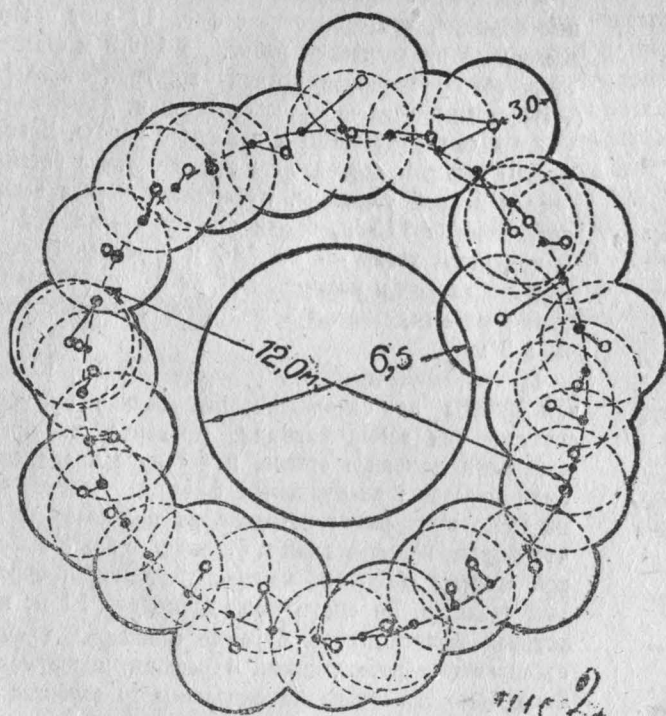
В табл. № 13 приведены результаты работ в разные периоды, что совместно с фиг. 17 дает обзор всего хода проходческих работ. До 120,2 м шахта закреплена водонепроницаемой шахтной крепью (тюбингами), усиленной железобитомом. Далее идет участок до глубины 806 м в твердой породе. Крепление целиком состояло из трамбованного бетона неравномерной толщины. Устойчивая порода была встречена на 115 м, белый мергель — на 374 м и каменный уголь — на 496 м глубины. Между белым мергелем и каменным углем находится зеленый песчаник, имеющий мощность приблизительно в 9 м.

Шахта была пройдена рудуправлением, включая работы по замораживанию. Только бурение скважин для замораживания, проверка их правильности помощью отвеса, и бетонное крепление были переданы специальным фирмам. Отдельная передача этих работ исходила из предположения, что фирма, непричастная к бурению, в более высокой степени обеспечит контроль положения буровых скважин. По окружности диаметром 12 м, по которой расположились буровые скважины, тремя одновременно работающими буровыми инструментами было пробурено 34 скважины до глубины в 115 м и, кроме того, еще скважины по середине шахты. Бурение общей длиной 4054,9 м было закончено в 39 рабочих дней. Средняя производительность за рабочий день составляла 100,15 м. Проверка отвесом буровых скважин на глубине в 114 м дала изображенные на фиг. 18 результаты. Добавочных буровых скважин не потребовалось.

¹⁾ Перевод с немецкого [Х. Дубау из журнала „Glückauf“. 1930, № 18, стр. 597—607.

№ № участков	Отдельная глубина в м	Общая глубина в м	Крепление	
			Р о д	Толщ. мм
1	40,90	40,90	туббинги железобетон	35—42 613
2	39,27	80,17	туббинги железобетон	42—56 538
3	36,33	116,50	туббинги железобетон	56—63 609
3-а	3,72	120,22	туббинги утрамб. бетон	63 480
	—	—	подпирание	—
1—3-а шахта, крепленная туббингами . .	—	120,22	—	—
4—7 в сухом мергеле	316,26	436,48	утрамб. бетон	485
8—10 в мокром мергеле	61,41	497,89	то же	634
11—19 в каменноугольной формации . . .	306,03	803,92	то же	680

Оборудование для замораживания шахты происходило обычным порядком. Два компрессора, производительностью по 200000 кал. в час, служили для сгущения аммиака. Для понижения температуры применялся раствор хлористого магния.



Фиг. 18.

Ход замораживания представлен на фиг. 19, на которой в последовательном порядке изображена производительность машин для замораживания и температуры раствора. Сначала замораживания (17/III-28 г.) до конца апреля обе машины работали на полную производительность (см. таб. № 13) и давали до дня окончания работ по замораживанию ствола (7/IV) в среднем 9530000 кал. в день. После этого замораживание продолжалось до начала проходки (11/VI) со средней суточной производительностью 7156000 кал. Тогда был произведен опыт — обслужить работы одной машиной, но

в скором времени он был отменен, так как оказалось, что при работе одной машиной раствор имел слишком высокую температуру. Разница в температуре между притекающим и уходящим раствором составляла сначала 3,5 — 4° и уменьшилась со временем на 1°. Самая низкая температура раствора составляла немного меньше — 26°. Обе диаграммы на фиг. 19 ясно показывают зависимость температур от

¹⁾ В них содержится 14 рабочих дней с 1280 сменами для закладки камнем водо

²⁾ Они содержат 44,5 рабочих дня с 5424 сменами для сооружения пунктов сцепки

Производительность							Смен на 1 пог. м
При проходке		При креплении		Раб. дней	Всего		
Рабоч. дней	М/дней	Рабоч. дней	М/дней		М/дней	Смен	
20	2,04	10	4,09	30	1,36	3910	96
19	2,07	12	3,27	31	1,27	4151	106
18	2,02	10	3,63	28	1,30	3829	105
2	1,86	3	1,24	5	0,74	838	225
—	—	28	—	28	—	2952	—
59	2,04	63	1,91	122	0,99	15680	130
88	3,60	26	12,16	114	2,77	14768	47
37	1,66	6	10,23	43 ¹⁾	1,43	5104	83
137,5	2,23	44,5	6,88	182 ²⁾	0,68	20,497	67

производительности машин. Понятно, что скорость циркуляции раствора при этом играет существенную роль. Были приняты меры, чтобы циркуляция раствора оставалась на неизменно одинаковой высоте. При работе обеих машин она составляла 120 куб. м в час, при работе одной машины — половину.

11 июня 1928 г. были начаты проходческие работы и одна из холодильных машин была остановлена, в виду чего средняя суточная производительность снизилась до 3083000 кал.

Работали на 3 смены по 8 часов, причем в каждую смену в забое шахты находилось по 18 человек. Включая поверхностных рабочих, получилось среднее общее количество в 100 уряжек в сутки.

В центре шахты порода была мягкая, незамороженная, так что только по наружной периферии были произведены небольшие взрывные работы. Временного крепления шахты не требовалось.

Особое внимание и величайшая тщательность были посвящены постоянному креплению шахты, для которого, после долгих обсуждений, было решено применить простые туббинги и железобетонную облицовку.

Как наиболее ясная статически и с экономической стороны при хорошем выполнении, наиболее соответствующая делу была устроена простая туббинговая крепь с толщиной крепления, соответствующей местным гидростатическим условиям и достаточно прочной бетонной облицовкой из наилучших материалов. Для достижения этого руководились, главным образом, лабораторными опытами (см. стр. 61).

Как видно из фиг. 20, шахта, закрепленная туббингами, разделена основными венцами на три части, длина которых указана в табл. 13. При проходке каждой части шахты без предварительного крепления она закреплялась снизу вверх постоянной крепью. Крепление показано на фиг. 21, где, кроме вертикального разреза, показан первый основной венец с соединением кверху и книзу, а также нижний основной венец третьей части с соединением находящейся под ней шахты, закрепленной бетоном. В начале крепления в забое шахты в первую очередь было поставлено деревянное основание в 10 см высотой. Свободное пространство заполнили песком (фиг. 22). Этот песок предназначался для помещения загнутых концов железной арматуры, которая при позднейшем возведении нижнего крепления и удалении песка приводилась в правильное положение и потом соединялась с ниженаходящейся арматурой. Для армировки применялось круглое железо, диаметром 14—22 мм, которого на

носных слоев.

на 4-х этажах. Без таковых общая производительность повышается с 1,68 на 2,23 м.

Температура раствора

Производительность холода

Мил.
мил.

17.3-6.4.209,7 мил. год

4-10.6.465 мил. год.

11.6-16.7.111 мил. год.

127-20.8.159 мил. г.

21.8-13.9.95 мил. год

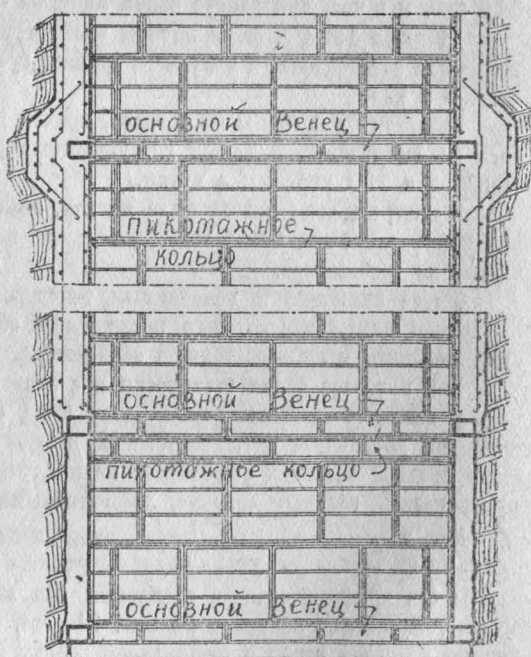
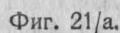
мороз апрель май июнь июль август сентябрь

конец кольца замораживания

начало проколки

проколка крепление проколка крепление проколка

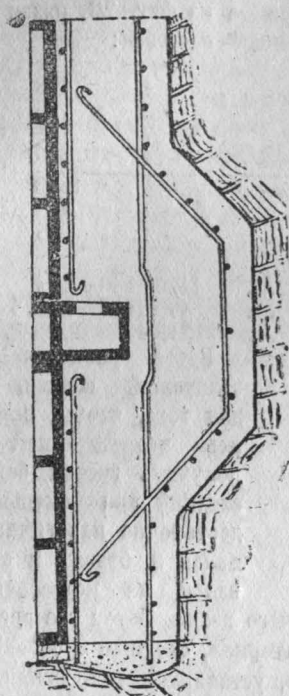
температура Производ.



Фиг. 21/б.

Отдельные стержни изготавливались точно по шаблонам на поверхности и опускались в шахту в согнутом и связанном виде. Эти ступени устанавливали на расстоянии 20 см — для горизонтальной армировки и 14 см друг от друга — для вертикальной. Во избежание изменения их положения, они привязывались и удерживались особыми распре-

лительными кольцами. Расстояние между породными стенками шахты, по возможности точно отпаленными, обеспечивается особыми деревянными кольцами. Когда армировка, устанавливаемая каждый раз особо на двойную высоту туббингового кольца, имела правильное расположение, то устанавливался венец из туббингов (фиг. 22).

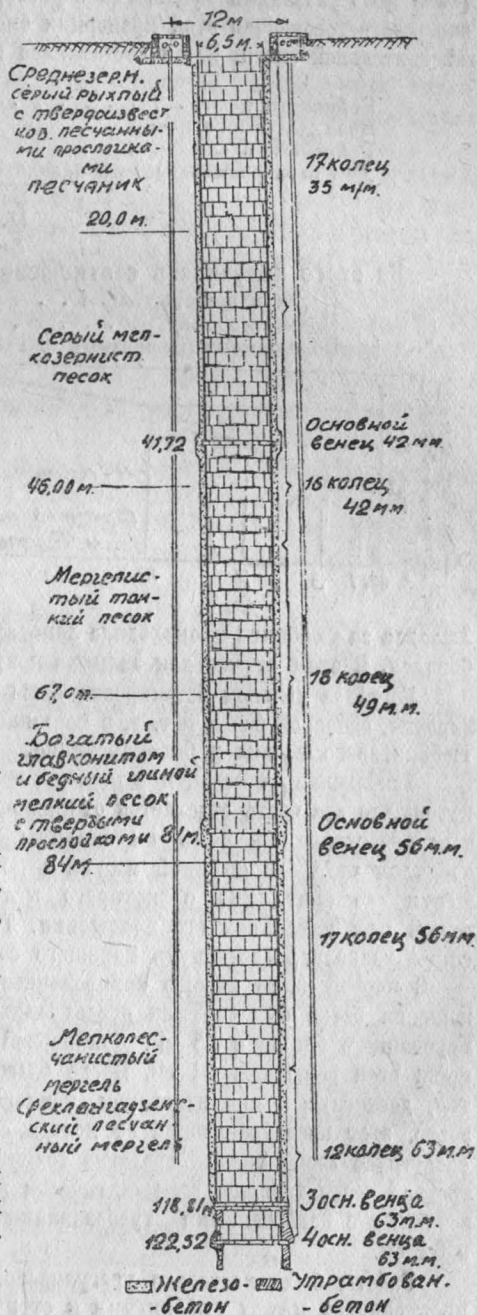


Фиг. 22

Положение армировки вслед за установкой венца осматривали еще раз и, в случае надобности, между армировкой и туббингом для сохранения расстояния в 5 см устанавливали небольшие деревянные распорки. После этого можно было начинать бетонные работы, которые производились, по возможности, механизированным способом, во избежание неодинакового качества бетона, встречающегося при бетонировании шахты ручным способом вследствие небрежности рабочих.

Фирма Вайсс и Фрейтаг в Дюссельдорфе, которой было поручено железобетонное крепление, установила на дневной поверхности образцовое оборудование для изготовления бетона. Материал, находящийся в высоко расположенных хранилищах, доставлялся по маленькой подвесной дороге вагонетками, которые были снабжены в середине метками, чтобы каждая составная часть была точно отмерена и имелась бы гарантия однородности состава. Применялся высокосортный цемент из доменных печей Акц. об-ва международной компании красок в Лаверкузене. Количество цемента было взято более необходимого для получения большего сопротивления на раздавливание: вместо 300 кг/м³ — 475 кг для достижения высокой, быстро развивающейся температуры.

В качестве примеси, на выбор которой фирма обратила особое внимание, приме-



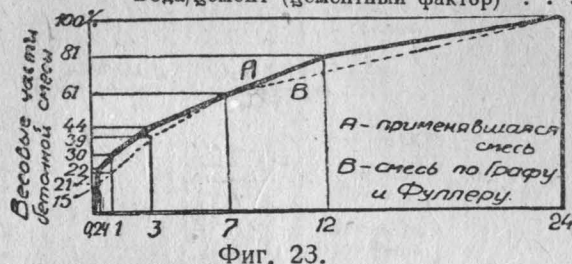
Фиг. 20

выпес: рейнский песок с размером зерна до 1 мм, воздуховуный песок с зерном от 1 — 3 мм, рейнская галька от 3 до 7 мм и базальтовый щебень, величиной в 7 — 24 мм. Смешивание примесей происходило по указаниям Графа (для размеров зерна до 7 мм) и по указаниям Фуллера (для размера зерна от 7 — 24 мм). Теоретическая кривая, соответствующая этой пропорции смеси, изображена на фиг. 23, рядом с кривой действительной смеси. Бетон составлялся нижеследующим способом:

	мм	кг
Рейнского песку	0—1	198
Воздуховуного песку	1—3	198
Рейнской гальки	3—7	724
Два раза размельченный базальтовый щебень	7—24	510
Всего примеси	—	1660
Цемент	—	475
Воды	—	215

Из этого получилось соотношение смеси:

Песок и щебень/галька	1120/ 540=2:1
Примесь/цемент	475/1660=1:3,5
Вода/цемент (цементный фактор)	215/475=0,45



Фиг. 23.

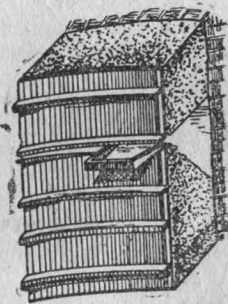
Вдвое размельченный базальтовый щебень был взят для того, чтобы, придерживаясь теоретической кривой, получить густой бетон. Последний при смешении был достаточно пластичным, спускался в бадьях и опрокидывался на подвесной полке.

Укладка за туббинги происходила лопатами с рабочего полка. Бетон все время трамбовался. В этом случае для заливки получился материал, сходный с бетоном.

Когда за кольцом бетонировка была закончена, устанавливалась дальнейшая армировка, основной венец и т. д. в постоянном чередовании работ: армировка, установка туббингового кольца и бетонирование.

Заполнение за кольцом в верхней части каждого участка было затруднительно потому, что эта часть отделяется от нижнего кольца верхнего участка только निकотажным отверстием в 2—3 см ширины. Бетонный раствор вводился туда без крупной смеси с помощью желоба из жести «а» (фиг. 24), с которого материал сбрасывался рукой при наклонном его положении. Только таким способом удавалось достигнуть хорошего соединения бетона.

В первой части хорошо армированный в статическом отношении бетон был окружен предохранительным слоем неармированного бетона в 15 см. Для первой части средняя толщина стен равнялась 61 см. После благоприятных результатов, достигнутых при измерении температуры в следующем звене, этот предохраняющий от холода слой был устранен и следующее звено имело среднюю толщину стен в 54 см. В третьей части толщина стен статически работающего бетона была увеличена, в соответствии с повышенными требованиями к креплению шахты, до средней толщины в 61 см.



Фиг. 24

Работы были настолько урегулированы, что неточность и неполное заполнение пространства между туббингами и стенами шахты были совершенно исключены.

Выполняющая работы фирма производила на основании научных методов точные проверки бетона на поверхности. Бесперывно брались пробы и исследовались как в отношении просеивания, так и на сжатие, так что насчет высококачественного выполнения железобетонного крепления не могло быть никаких сомнений.

Отшлифованный образец бетона показывает безусловно равномерное распределение добавочных веществ, особенно остроконечного, раздробленного вдвое базальтового щебня.

Шахта с креплением туббингами была пройдена с 11 июня до 19 сентября

1928 г. в течение 89 рабочих дней, считая с начала проходки до начала дальнейшей углубки под третьим основным венцом.

Производительность при проходке и при креплении отмечена в табл. № 13.

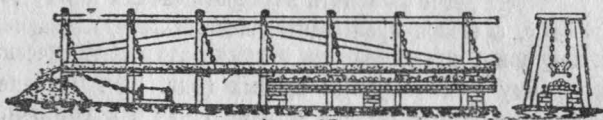
Дальнейшая углубка происходила регулярно, чередуясь между проходкой и креплением, и была закончена без каких-либо особенностей; цифры производительности тоже отмечены в отдельных графах табл. 13.

Численность кадров была одинакова с вышеупомянутой, работа производилась тоже в 3 смены по 8 часов. Крепление из утрамбованного бетона без железной арматуры производилось фирмой Фольрат в Везеле.

Смотря по крепости породы, отдельные участки для одновременного крепления доходили до 82 м и велись с предварительным креплением, которое было потом извлечено. При менее хорошей породе участки проходились соответственно меньших размеров. Бетон закладывали с подвешного полка за железные шаблоны, состоящие из колец коробчатого железа и железных листов, высотой в 1 м, приспособленных таким образом, чтобы их установка и с'емка происходила с наименьшей тратой времени. Работы были обильно снабжены материалами, почему очень мощная подъемная машина рудника могла быть полностью использована. При 24-х часовй работе укладывалось около 180—200 куб. м бетона. Работы по проходке шахты прерывались только на 4,5 дня для крепления звена в 82 м.

Необычайно суровая зима 1928-29 г. потребовала особых мер для изготовления безупречного бетона. Вода для цементного раствора подогревалась в установленных для этого локомотивных котлах. Чтобы оттаивать замерзший гравий, перед загрузкой в барабан для смешивания было изготовлено изображенное на фиг. 25 оборудование. Оно состояло в главной своей части из качающегося конвейера «а», подвешенного

на деревянных стойках между складочным местом гравия и копром на протяжении около 40 м. Кон-



Фиг. 25.

вейер приводился в движение пневматическим мотором. Под конвейером, на протяжении 12 м, помещалось отопление коксом для подогревания замерзшего гравия. Гравий на складах добывался кирками, накладывался на конвейер, доставляющий его с устанавливаемой согласно потребности скоростью в 2—3 мин. к бетономешалке. Помощью такого оборудования можно было совершенно оттаивать около 6—8 куб. м гравия в час, так что при этой работе тоже можно было достигнуть производительности в 120—130 куб. м бетона в день.

Воду для раствора применяли с температурой в $+60^{\circ}\text{C}$. Из барабана бетономешалки бетон получался с такой температурой, что даже при самом суровом морозе после нахождения около 10 минут в копре, он доставлялся в шахту с температурой в $+15^{\circ}\text{C}$.

Пропорция смешивания принималась в среднем 1 : 5 при 300 кг Байэрского цемента из шлаков доменных печей на куб. м бетона; добавочным веществом являлся рейнский гравий при 60% песку и 40% гравия.

Бетон имел толщину минимум 48 см. По подсчетам всех измерений, он имел среднюю толщину в 55 см. Чередованию проходки и бетонирования при бетонном креплении безусловно надо отдать предпочтение перед одновременными работами, потому что бетонные работы могут быть произведены с большой скоростью (до 18 м в сутки) без ущерба выполнения. Поэтому при одновременных работах может быть получена только незначительная выгода во времени, вызывающая значительные добавочные расходы при оборудовании проходки (вторая подъемная машина и пр.).

Кроме неизбежных переывов, вызванных засечкой 4-х рудничных дворов, потребовавших 44,5 рабочих дня, работы на проходке имели еще некоторые задержки, благодаря двухкратному подтягиванию болтов туббинговой колонны, занявшему 28 рабочих дней, цементированию водоносных жил в белом мергеле, вызвавшему задержку в 14 рабочих дней. В белом мергеле бурение первоначально производилось начерно, отчего немного страдала успешность работы.

10 декабря 1929 г., т.-е. через 461 рабочий день, шахта была пройдена до глубины в 806 м, причем 86,5 рабочих дней приходилось на вышеуказанные задерживающие промежуточные работы.

В нижеследующем обзоре перечислена производительность в отдельных частях шахты (подробности указаны в таблице № 13).

Таблица № 14.

	Производительность за 1 рабочий день		Ограб. смены на м шахты	
	С промежуточн. раб.	Без промежуточн. раб.	С промежуточн. раб.	Без промежуточн. раб.
Шахта с тюбингами	0,99	1,28	130	106
Шахта на участке с мергелями сухая	2,78	2,78	47	47
Тоже мокрая	1,43	2,12	83	62
Шахта в каменноугольной формации	1,68	2,23	67	49
В среднем	1,74	2,15	70	58

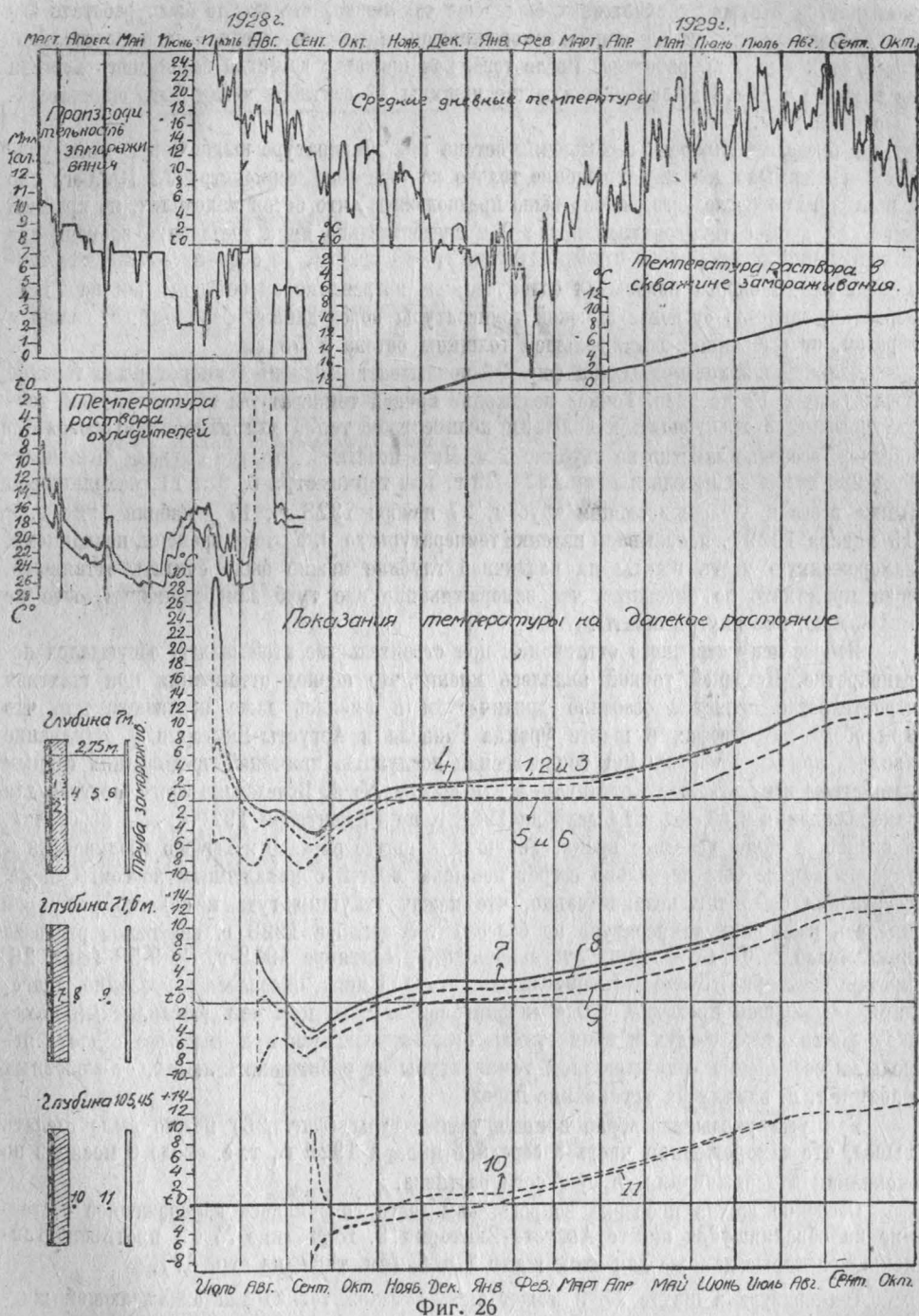
При 25 рабочих днях в месяц месячная производительность равна: для части ствола, крепленного тюбингами — 24 м, на участке с мергелями — 60 м, на участке с породами каменноугольной формации — 42 м и в среднем — 44,8 м.

Измерение температуры и наблюдения при замораживании и оттаивании

Чтобы легче выяснить взаимоотношения между температурой в бетоне и в горных породах, а также производительностью замораживающих машин, кривая фиг. 19, дающей ясное представление о температуре, перенесена в уменьшенном масштабе на диаграмму температурных кривых (фиг. 26). Термометры, показывающие на далекое расстояние, находились на глубине 7; 71,6 и 105,5 м. Так как в бетоне первого звена три термометра на глубине 7 м почти не имели разницы в показаниях, то дальше было установлено только по одному термометру. В плавуне показания наружного и среднего из трех термометров в первом участке были тоже почти одинаковы, а поэтому решили в дальнейшем довольствоваться двумя. К сожалению, термометр в бетоне на глубине 105,5 м вскоре после установки был разбит, благодаря чему это измерение не состоялось, однако, показания в плавуне дали хорошую картину общего измерения температур.

Одновременно с закладкой бетона, температура в местах измерения на глубине 7 м сильно поднялась. Бетон, сам по себе, согрелся до 30°, что, вероятно, зависело от высокой температуры на поверхности. Через небольшой промежуток времени поднялась температура также в плавуне; точно также сильно нагрелось внутреннее пространство шахты. Температура под полком на уровне земли поднялась до + 17,5° С. Это нагревание послужило поводом к увеличению производительности замораживающих машин. Перед началом дальнейшей проходки, начатой 18 июля, опасались, что замороженная порода за бетоном первой части сверху может оттаять и вся шахта обвалится. Однако, дальнейшая проходка показала, что влияние выделившегося из бетона тепла не распространялась так далеко. Средняя дневная производительность в течение этого времени до 10 августа составляла 6,36 млн кал. Начиная с 18 июля, температура на местах измерения опять сильно снизилась, но все же только со 2 августа, т.-е. через 22 дня, температура бетона достигла нуля. Пробные кубики, взятые из замороженного бетона, через 22 дня показали прочность на сжатие в 480 кг/см², что можно полагать также для бетона верхней части.

Большое значение самосогревания во время схватывания бетона, таким образом, подтвердилось; поэтому наружный предохранительный слой бетона, казавшийся сначала потеряннм, можно было считать тоже действующим статически (схватившимся). Поэтому было решено в более глубоких частях не возводить предохранительного слоя, защищающего от слишком раннего замерзания бетона.



Когда 10 августа было начато крепление второй части, обе замораживающие машины были остановлены, чтобы не препятствовать распространению тепла от бетона путем наружного охлаждения. Постоянный контроль температуры пород был возможен благодаря установлению термометров и поэтому временная остановка замораживающих машин казалась безопасной. Как и надо было ожидать, температура на местах измерения не поднималась так высоко, как в первой части, но все же прошло 17 дней, пока она поднялась до нуля. В течение этого времени образцы на сжатие показывали среднюю прочность в 360 кг/см^2 .

Как показывает фиг. № 19, при начале проходок третьего участка 22 августа, Сборник материалов по иностранному опыту. 5.

температура в буровых скважинах была еще так низка, что можно было работать без всякого опасения. Тем не менее, замораживающая машина средней производительности в 4,13 млн. кал. работала. После того, как проходка достигла водоносного мергеля на глубине в 118,8 м, замораживающие машины 13 сентября могли быть окончательно остановлены.

О продолжительности нахождения бетона при температуре выше 0 в третьем участке можно было делать заключение только по соседнему термометру № 10. Согласно с показаниями последнего, можно было предположить, что бетон находился, по крайней мере, 13 дней с температурой выше 0 и следовательно имел достаточно времени для схватывания до прочности приблизительно в 300 кг/см². То обстоятельство, что термометр № 10 сперва показывал более сильное нагревание за бетоном, чем на 71 м, вероятно, зависело от более высокой температуры пород данной формации, а, главным образом, от выбранной здесь большей толщины бетона в 55 см.

Дальнейший ход кривых на фиг. 26 показывает развитие температуры в течение последующих 12 месяцев. Точное положение кривой температуры вблизи нулевой точки, вызванное требующимся большим количеством тепла для изменения состояния массива, особенно заметно на глубине 7 м. Надо полагать, что тут сыграла роль чрезвычайно холодная погода в зиму 1928-29 г. Три термометра 6, 9 и 11, находящиеся ближе всего к замораживающим трубам, 27 ноября 1928 г., 17 декабря 1928 г. и 13 января 1929 г. показывали падение температуры до 0. К этому времени, повидимому, замороженную часть шахты на различной глубине можно было считать оттаявшей, если принимать во внимание, что замораживание вне труб замораживания было не так сильно, как внутри шахты.

Вопрос искусственного оттаивания при строительстве этой шахты обсуждался неоднократно. Исходной точкой являлось мнение, что период оттаивания при шахтном строительстве является особенно критическим и имелись даже предположения, что при обеих катастрофах в шахте Франца Ганиеля и Азгусты-Виктории 3 оттаивание явилось причиной обвала. Эта точка зрения послужила причиной предписания горным ведомством искусственного оттаивания для шахты № 4. Вследствие этого, раствор для замораживания в период с 14 декабря 1928 г. по 17 сентября 1929 г. был перекачан, частично, в самое холодное время. Текущий к шахте раствор в хорошо изолированном трубном канале был несколько согрет помощью клеток с накаленным коксом. Однако, согревание было так незначительно, что между текущим туда и обратно раствором имелась разница в температуре не более 1°. В декабре 1928 г. измерение раствора показывало $\pm 0^{\circ}$ С. К концу этого времени, в сентябре 1929 г. $+ 9,5^{\circ}$ (фиг. 26 кривая раствора). Более действительным, чем эта мера, оказалось согревание, благодаря дальнейшей проходке, ниже тиббинговой шахты, при чем доставленный помощью вентилятора воздух и точно также освобождающаяся при проходке теплота породы, в соединении с повышением температуры от работающих людей, от взрывных работ и т. п. влияли на оттаивание пород.

Как уже указывалось, из кривых температуры (фиг. 26) можно было сделать вывод, что замороженная часть в середине января 1929 г., т.-е. около 6 месяцев по окончании замораживания, в сущности растаяла.

Особенно важна проверка вопроса, как долго сохранялось замороженное состояние на обвалившейся шахте Августы-Виктории 3. В таблице № 15 противопоставлены некоторые данные для этих шахт 3 и 4. (см. табл. на стр. 67).

Температура в шахте № 3 может быть указана только для охлаждающей жидкости, потому что там не было предусмотрено наблюдений помощью термометра на глубине. Из соответствующих цифр для шахты № 4, однако, можно сделать вывод, что во время обвала 24 июля 1927 г., т.-е. через 22 месяца после окончания замораживания, от замораживания больше ничего не осталось и что, в виду этого, оттаивание и связанная с этим односторонняя нагрузка тиббинговой колонны не явились причиной обвала.

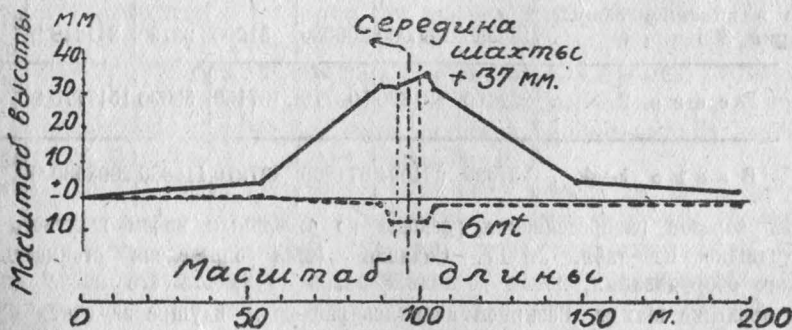
В шахте № 4 маркшейдер регулярно производил измерения, чтобы установить, не появились ли со временем в тиббинговом креплении отступления от кругового сечения или отклонения от отвеса. При этом не было замечено заслуживающих внимания

Таблица № 15.

Данные для сравнения замораживания шахт № 3 и 4 рудника „Августа-Виктория“.

	Шахта № 4	Шахта № 3
Глубина замораживания	115 м	218 м.
Начало замораживания	17.III.1928	2.I.1925
Срок окончания замораживания, после скольких суток	7.IV.1928 21 день	25.II.1925 55 дней
После какой производительности охлаждения	210 млн. кал.	542 млн. кал.
Конец замерзания	13.IX.1928	26.IX.1925
После какого срока	5 мес. 26 дн.	8 мес. 25 дней
После какой общей холодильной производительности	1040 млн. кал.	1650 млн. кал.
Самая низкая температура холодильного раствора С°	-26°	-21°
	В плыв. песке °С	В трубе замораж.
Самая низкая температура к концу замораживания	- 9	-14
Через 3 мес.	- 1	0
„ 4 „	0	+15
„ 5 „	+ 1	+ 2
„ 6 „	+ 2,5	+ 2
„ 7 „	+ 4,5	+ 2,5
„ 8 „	+ 6	+ 4
„ 9 „	+ 8	+ 5,5
„ 10 „	+10	+ 7

уклонений ни от формы круга, ни от отвеса. У устья шахты другими измерениями производилось наблюдение над поверхностью земли, результаты которого изображены на фиг. 27.



Фиг. 27. Повышение и опускание поверхности у устья шахты

Во время замораживания близлежащая к шахте поверхность поднялась на 37 мм, следовательно замерзающая порода поднималась кверху. По окончании замораживания та же поверхность шахты опять постепенно опустилась. В качестве второго движения, не совпадающего по времени и в объеме с первым, точными измерениями было установлено поднятие верхнего края туббингового крепления, появившегося скоро после опускания поверхности шахты на 27 мм. Вероятно, это опускание происходило от осадки туббинговой колонны вместе с находящимся за ней железобетоном, вследствие охлаждения сперва сильно нагретого крепления и одновременного сильного сжатия свинцовых уплотнений, а позднейший подъем возник от повторного согревания.

Стоимость проходки

Стоимость проходки шахты 4 приведена в таблице № 16, причем надо различать следующие 4 периода шахтного строительства: 1) часть шахты, крепленная туббинтами, 2) участок шахты в сухом мергеле, 3) участок шахты в мокром мергеле и 4) часть шахты, пройденная к каменноугольной формации. Для последнего периода строительства в суммах двух последних граф содержатся добавочные расходы на 10 м рудничного двора (на четырех горизонтах на сумму округло в 120000 марок, потому что работы эти были тесно связаны с текущей работой по проходке шахты).

Произведенные расходы разделяются на: 1) расходы по оборудованию, 2) платежи выполняющим работу предприятиям, 3) уплачиваемая рудником зарплата, 4) приобретение и поставка рудников материалов, 5) расходы на энергию и воду (см. табл. № 16. Стоимость проходки).

Таблица № 16.

Стоимость проходки (В немецких марках).

	Расходы по оборудованию	Платежи предпринимателям	Зарплата по руднику	Рудничные расходы на материалы	Энергия и вода	Всего	За 1 мет. шахты
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Туббинговая шахта	240	770	—	35	23	—	—
Бурение 120 м ¹⁾ и	25000	92360	—	4240	2800	124400	1036,67
Измерение лотом	1330	—	76	52,5	330	—	—
Замораживание	159400	—	9100	63,70	38750	213620	1780,16
Проходка и крепление	83470	257434 ²⁾	161936	319510 ³⁾	15690	838040	6983,67
Всего	267870	349794	171036	330120	57240	1176060	9800,50
2. Шахта в сухом мергеле, 316 м.	107161	269000	177180	46200	23950	623491	1973,07
3. Шахта в мокром мергеле в 61 м.	27961	52300	57260	9350	5990	152861	2505,92
4. Шахта в каменноугольной формации, 306 м.	134338	260000	266330	51600	29150	241418 ⁴⁾	2422,93 ⁵⁾ (2030,77)
Всего 2—4	269460	581300	500770	107150	59090	1517770 ⁴⁾	2222,22 ⁵⁾ (2046,50)
Всего 1—4	537330	931094	671806	437270	116330	2693530 ⁴⁾	3354,70 ⁵⁾ (3205,27)

Каким образом распределяются расходы по отдельным видам шахтного строительства, видно из табл. № 17. Сначала была определена стоимость приобретенного оборудования, потом устанавливалась стоимость его после использования по проходке шахты. Разницей являлись расходы, идущие за счет проходки шахты. При распределении этих расходов по отдельным участкам шахты были приняты во внимание пройденное количество метров и продолжительность проходки участков.

На основании этих обоих моментов была найдена доля расходов, падающих на участок шахты с туббинговыми креплениями в 21%, шахты по сухим мергелям — в 32%, участок шахты по мокрому мергелю — в 8% и шахты в каменноугольной формации — в 39%. В этой пропорции суммы на оборудование, за исключением стоимости установки замораживания, были разделены на 4 части. Стоимость установки замораживания в 99100 марок и копра в 50000 марок была записана в де-

¹⁾ 1 м. буровой скважины стоимостью 30,68 мар.; ²⁾ расходы по железобетонному креплению; ³⁾ содержат—299,200 мар. за туббингское крепление; ⁴⁾ содержат—12000 мар. для 4-х расширений рудничных дворов; ⁵⁾ без включения расходов для 4-х расширений для рудничных дворов.

бет туббинговой части шахты, так как считали, что копер в целях обслуживания буровых работ надо было соорудить значительно выше и прочнее; к тому же после окончания работ по бурению копер должен был подвергнуться дорогостоящей перестройке для приспособления его к проходческим работам.

Таблица № 17

Распределение стоимости оборудования

	Стоимость при покупке мар.	Стоим. при дальнейшем применении мар.	Расходы в счет шахты № 4 м.	Расходы за счет отдельных частей шахты			
				Шахта, закрыв. туб-бин, мар.	В сухом мергеле мар.	В мокром мергеле мар.	В породах каменноуг. формаций мар.
Установка для замораживания . .	249500	90100	159400	159400	—	—	—
Проходческие сооружения:							
копер	108300	8800	99500	50000	18063	5687	25750
подъемное оборудование	199730	79800	119930	58470	39098	22274	108588
прочие машины	94450	48400	46050				
сооружения для снабж. током . . .	16850	7000	9850				
мастерские	20000	—	20000				
временн. произв. здания	6400	—	6400				
временные цеха площадь	31150	5400	25750				
разное	29950	3200	26750				
Окончательные сооружения:							
производственные здания	62000	49600 ¹⁾	12400				
цеха площадь	56500	45200 ¹⁾	11300				
	874830	337500	537330	267870	107161	27961	134338

Установка для замораживания считалась новой, хотя оба аммиачных компрессора и оборудование конденсатора и орошения были взяты из шахты № 3. Общая стоимость новоприобретенной установки для замораживания обошлась в 249500 марок. Из этой суммы на постройку, обзаведение и провода, оставшиеся в породе, были отчислены значительные средства, целиком за счет шахтных расходов, потому что такого рода оборудование можно применить только один раз. Оставшееся пригодным к повторному применению оборудование было оценено в 150000 мар. Из этой стоимости только 40 % было отнесено за счет шахты № 4.

Так же остояжно были произведены дальнейшие начисления. Чтобы не создавать слишком благоприятной перспективы, к дальнейшему применению были отнесены только небольшие суммы. Так, например, стоимость копра после слома была назначена только по оценке лесных материалов, учитывая сильное его изнашивание. Подъемное оборудование, кроме подъемной машины, состояло из площадки с лебедкой, канатов, бадей, канатных шкивов и т. д., а также здания и фундаментов. Только в отношении чисто механического оборудования была допущена возможность применения оценки в 60 % первоначальной стоимости. Прочие машины (2 воздушных компрессора, шахтные вентиляторы, разные кабельные лебедки и т. д.) были признаны пригодными к дальнейшему применению.

Расходы по снабжению током заключались в стоимости распределительной установки. Соединительный кабель между шахтой 4 и старой установкой, проложенный окончательно для продолжительного снабжения током, не был поставлен в счет, но зато стоимость тока, израсходованного на шахтное строительство, была принята по соответственной высшей оценке: по 4,6 пфеннига за квт/час, тогда как стоимость тока для рудника составляла 4 пфеннига.

¹⁾ 80 проц. стоимости.

Производственные здания и цеховая площадка были выполнены в окончательном виде. Для временных помещений (умывальные, магазины, конторы и т. п.) было использовано оконченное здание для промывных насосов и соответственно все оборудование, служащее исключительно для проходческих работ, было записано в дебет шахтного счета. В отдельных случаях была принята к учету стоимость материала. Все остальное в размере 10% по счету приращения процентов и погашения было подсчитано в течение 2-х лет при расходах проходки (см. табл. № 17).

В качестве платежей предпринимателям (табл. № 16) в перечень расходов были засчитаны суммы, получаемые предпринимателями за работу. Буровые работы и проверка лотом были произведены людьми отдельной фирмы; следовательно сумма в 92360 марок содержит тоже зарплату. Во время этих работ была остановлена проходка и забойщики поступили на работу к строительной фирме, причем зарплата была отнесена за счет рудника. Суммы в 257434 и 581300 марок содержат вознаграждение, причитающееся строительным фирмам за оборудование строительной площадки, расходы на материалы и надзор, включая оплату некоторых специалистов. Первая сумма является особым расходом за железобетонное крепление в шахте, крепленной туббингами, что составляет 2145,30 мар. за метр. Эта сумма округло составляет 21,9% общей стоимости закрепленной туббингами шахты. В бетонной шахте, на глубине 120—803 м стоимость крепления 581300 марок или 851,0 марок за метр, что составляет 38,3% общих расходов по изготовлению этой части шахты.

Для возможности сравнения чисел, указанных в рудничной зарплате, надо также указывать цифру средней зарплаты, выплачиваемой забойщикам в течение всего времени проходки. Она составляла 12,18 марок. Одновременно средняя зарплата забойщиков, согласно тарифной ставки, для Рейнско-Вестфальского округа составляла 9,60 мар. и с 1 мая 1929 г. — 9,80 мар. В 4-й рубрике 16-й таблицы указана зарплата проходческого персонала и поденных рабочих. Долю зарплат в общей стоимости изготовления можно видеть из нижеследующего перечня:

Таблица № 18.

З а р п л а т а	Мар/метр	% общей стоимости
На участке, укреплен. туббингами	1425,30	14,50
Мергель сухой	560,70	28,42
" мокрый	938,70	37,46
Порода каменного угля	870,35	35,92
Всего	836,60	24,94

Эта значительная доля общей стоимости падает, конечно, при одинаковых прочих расходах, в обратной пропорции на производительность. Однако, на участке шахты, укрепленной туббингами, она сравнительно невелика при сопоставлении с очень высокими расходами для туббингового крепления вместе с железобетонным наружным креплением.

В графе 5 таблицы № 16 в стоимость материалов в 319510 марок включены 299200 марок за туббинги. Эта сумма представляет собой стоимость материалов и туббинговой колонны, включая заклиненный венец, материал для уплотнения и винты. На 1 м туббинговой шахты приходится 2493,30 марок; прочие суммы за материал незначительны, потому что платежи предпринимателям содержат главные расходы на материалы, т.-е. на крепление шахты. При этом надо заметить, что шахта еще не снабжена расстрелами и проводниками и, в виду этого, их стоимость в перечень не включена.

Израсходованная на воду и энергию сумма довольно низка: на участок шахты, укрепленной туббингами, приходится 4,9%; на остальную шахту — 3,9% и на общее крепление шахты — 4,3% соответствующей общей суммы стоимости.

Сравнение стоимости электрической энергии со стоимостью паровой показывает

экономическое преимущество электрической энергии. Технических осложнений при исключительном применении электрического тока нигде не встречалось.

Следующая таблица показывает размер стоимости метра шахты в отношении к общей стоимости участков, закрепленных туббингами и бетоном, и всей шахты по отдельным позициям.

Таблица № 19.

	Участок шахты, креп- ленной туббингами		Бетонная шахта		Общая шахта	
	Марок за м	% общей стоимо- сти	Марок за м	% общей стоимо- сти	Марок за м	% общей стоимо- сти
Доля оборудования	2232,2	22,8	394,5	17,8	669,0	20,0
Платежи предпринимателям	2915,0	29,7	851,0	38,3	1159,5	34,6
Зарплата на рудниках . . .	1425,3	14,5	733,2	33,0	836,6	24,9
Стоимости материалов на рудниках	2751,0	28,1	157,0	7,0	544,6	16,2
Энергия и вода	477,0	4,9	86,5	3,9	145,0	4,3
Всего	9800,5	100,0	2222,2	100,0	3354,7	100,0

В виду, того, что расходы на метр участка шахты, закрепленного туббингами, заслуживают особого внимания, ниже дается особое перечисление их:

Таблица № 20.

	Марок за метр	% общей стоимости
Доля расходов по сооружению . .	2232,25	22,78
Зарплата	1425,30	14,54
Крепление, туббинговые колонны	2493,30	25,44
Крепление железобетоном	2145,30	21,90
Энергия, вода	477,00	4,87
Прочие расходы	1027,35	10,47
Всего	9800,50	100,00

Цементация породы¹⁾

Под словом «цементация» подразумевается ряд работ, сходных между собой по роду и способу выполнения, но значительно отличающихся друг от друга своей конечной целью.

В одной группе работ речь идет не о непосредственной проходке, но об укреплении уже пройденных шахт, которые могут страдать от притока воды, вследствие того, что вода проникает через неплотности крепления или потому, что, как это бывает при проходке шахт с опускной крепью или по способу Кинда и Шодрона, ниже подошвы (основного венца) в забое или около него, прорывается вода. В некоторых случаях путем введения жидкого цементного раствора (теста) сзади шахтной крепи последняя уплотняется; в других случаях доступ воды прекращается посредством заполнения пустот водонепроницаемым веществом в пространстве между креплением и породой. Кроме того во всех случаях окружающая шахту порода укрепляется путем закрытия цементом пустот и трещин.

Во второй группе работ — до начала проходки или во время ее происходит цементация породы, т.е. искусственное пропитывание ее цементом с целью сделать ее плотней, а также водонепроницаемой и этим достигнуть осушения шахты.

Цементация производится помощью специально пробуренных скважин, вскрывающих водоносные породы и служащих для нагнетания по ним цементного состава.

Описание обеих групп работ, вследствие исторического развития сходства их сущности, а также фактического осуществления, должно излагаться параллельно.

Укрепление уже пройденных шахт путем цементации

Опыт нагнетания жидкого цементного состава в породу для ее уплотнения не нов, так, например, уже в 1864 г. в шахте «Рейнпрейсен» 1 у «Гомберг-Риссе» шахтная кладка при 70 м глубины была укреплена помощью нагнетания сзади нее цементного состава посредством небольшого насоса, с давлением до 14 атмосфер. Еще до 1873 г. мокрые туннельные своды укреплялись цементом позади крепи (этот способ часто применяется при постройке туннелей).

Всеобщее внимание привлек в 1899 г. опыт французского инженера Партье, заключающийся в том, что ему удалось в местности «Курьер», где приходилось бороться с сильными притоками воды, очень успешно укрепить старую шахту с простым болтовым креплением. Потом этот способ часто применялся в Северной Франции и Бельгии.

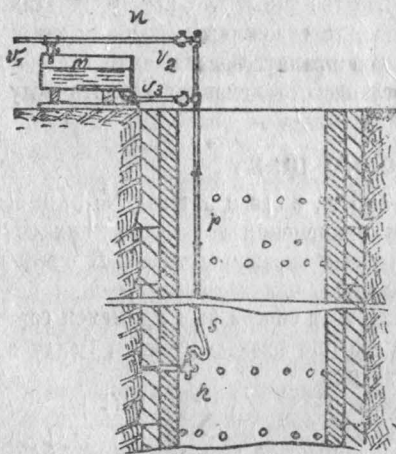
Во вновь проходимых шахтах большой глубины со значительным напором воды водонепроницаемое крепление тубингами производится обычным путем, т.е. свинцовыми прокладками, болтовыми скреплениями и бетонированием. Опыт цементации был применен впервые в 1901 г. на руднике калийных солей «Винтерсхалл» в Тюрингии, где эта мера во всех отношениях привела к желанной цели.

¹⁾ Перевод с немецкого Н. Вербловской из книги „Bergbau Kunde“, ч. II, гл. VI, §§ 125—144.

Пропитывание цементным составом водопроницаемого крепления шахт

Для цементации водопроницаемого крепления оно пробуривается, при чем скважины углубляются в породу, чтобы непосредственно вскрыть водоносную трещину. Буровая скважина может закрываться посредством особой трубы, снабженной краном. Если скважина пробурена до воды, то для включения применяют устройство, изображенное на фиг. 28. Поворачиванием винта резиновые прокладки p и p^3 нажимаются и, расширяясь, плотно прилегают к стенке скважины, в то время, как вода вытекает через трубку «г». Эти направляющие трубы имеют то преимущество, что они могут быть после цементации удалены и использованы вторично. Таким образом они не мешают последующей работе, но ускоряют дальнейшую проходку шахты.

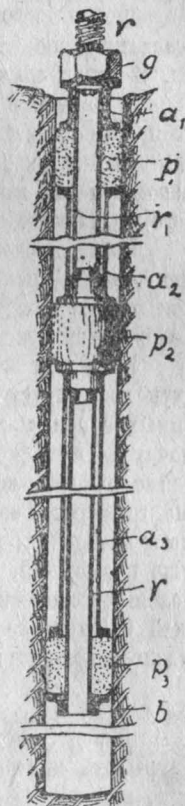
При сухих буровых скважинах соединительная труба может быть зацементирована, а при туббинговом креплении ввернута. Фигуры 29 и 30 показывают цементацию шахты с кирпичным креплением. Соединительная часть «h» имеет четыре крана 1 — 4. Открывая краны 2 и 4, бурят скважину. Краны 1 — 3 допускают бурение в вертикальном направлении. Для цементации к крану 1 прикрепляется изогнутая шланга «s», другой конец которой присоединяется к введенной в шахту цементно-промывочной трубе «г». Цементный состав находится на поверхности в мешалке «m», притовляется в нем и оттуда вытекает вниз под естественным напором. Трубопровод «w» служит для чистой воды, которая в зависимости от поворота кранов поступает в мешальный сосуд или промывочные трубы.



Фиг. 29

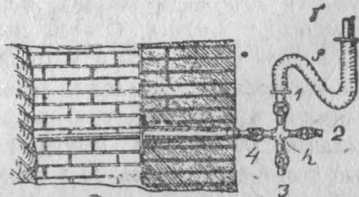
Можно еще увеличивать давление столба жидкости в промывной трубе путем установки насоса около сосуда, где происходит замешивание раствора.

Мешалку можно установить в самой шахте и приготовленный цементный раствор нагнетать за шахтным креплением посредством насоса. Однако, лучше использовать естественное давление, так как тогда при установке и открытии включения исключена возможность обратного истечения раствора, что мешает спокойному нагнетанию и схватыванию цемента.



Фиг. 28

Начинают цементировать с нижней части шахтного крепления. Предварительно дают вытекать грязной воде (буровой грязи) до тех пор пока не станет вытекать чистая вода, после чего в каждую скважину нагнетают, пока возможно, цемент. Когда выход воды прекращен, то в другом месте крепления продолжают работу, предварительно промыв трубы чистой водой. Обычно промывка происходит одновременно на 2-х противоположных концах шахты. Густота расположения скважин и чистота промывки зависит от состояния шахты, водопроницаемости крепления и успеха предыдущих промывок.



Фиг. 30

Прекращение доступа воды у подошвы шахт с опускной крепью и пробуренных шахт

Часто бывает особенно трудно сделать водонепроницаемыми подошву шахты с опускной крепью и шахты, пробуренной по способам Кинд-Шодрона. При шахтах с опускной крепью это может зависеть от того, что режущий башмак недостаточно глубоко проникает в водонепроницаемую породу. В шахтах, проходимых бурением, могут быть обвалы, или буровая грязь, находящаяся в шахтах и полностью почти неустраняемая, окружает моховую прокладку, чем затрудняется выключение воды. Устройство более узкой шахты, крепленной железом, повлекло бы за собой убытки, вследствие значительного промедления, вздорожания и нежелательного сужения шахты. В таких случаях цементация себя неоднократно оправдывала.

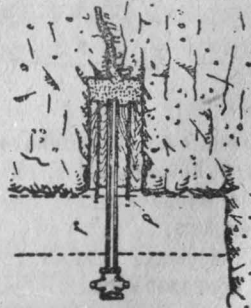
В шахтах с опускной крепью перед нагнетанием цемента нужно укрепить забой от прорыва воды путем возведения бетонного массива высотой от 4-х до 6-ти м. Когда это выполнено, в шахте делается зумпф и цементирование крепления шахты производится так же, как бы описан выше способ уплотнения водопроницаемого шахтного крепления.

После проходки зацементированного участка продолжается бурение и нагнетание цемента, пока не будет достигнуто дно шахты. Этот опыт был, например, с успехом проведен по шахте «Бисмарксхалль» в Замсвейген (Верхн. Саксония) и на шахте Адлерка-лийверке (калийные рудники в Обер Облиенгейне).

Если при постепенном креплении уравновешенными трубами выяснено, что доступ воды путем закопачивания моха прекратить не удалось, то в шахтах, проходимых с цементацией, из которых еще не удалено искусственное дно, бурение может начаться непосредственно в чугунной крепи и, после удаления буровой муки, нагнетание цемента может продолжаться. В качестве примера можно привести работы на шахте «Гросс-Герцог фон Саксен» в Дитлосе. Здесь, у подошвы туббингового шахтного крепления, прорвалось такое значительное количество воды, что шахту считали уже потерянной. Через пробуренные в шахтном креплении скважины вытащили затем большое количество буровой грязи, которая до сих пор препятствовала соответствующей бетонировке крепления, и ввели 69 тонн портландского цемента. Удалить воду удалось полностью.

Цементация при проходке шахт

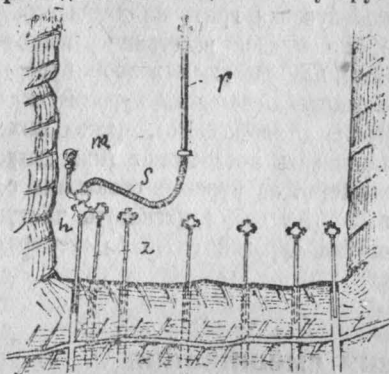
Д-р Титтенс, из Штаофурта, предложил уже в 1885 г., в своем патенте № 36085, закрывать притоки воды при проходке шахт путем применения затвердевающих солей, которые вводятся посредством вставленной в буровые скважины трубы. В описании своего патента он указывает, что это способ лучше, чем закрытие трещин цементом. Впервые непосредственно для проходки шахт этот способ был применен горным директором А. Виде в Цвикау, использовавшим его при проходке шахты Пелау в Саксонии в 1900 и 1901 г. г. Так как в эту шахту при проходке в 60 м через несколько трещин в породе, состоящей из конгломератов, проникала вода, с которой не могли справиться насосы, то Виде попробовал нагнетанием жидкого цементного состава в водяные прослойки породы удалить воду из последних, достигнув этим цементации водоносных трещин. С этой целью места просачивания воды были расширены и углублены помощью врубов. После этого забой был заложен деревянными брусками и клиньями с одновременной закладкой частей труб, как это показано на фиг. 31. Помощью ручного насоса цементное тесто нагнеталось до тех пор, пока порода его воспринимала.



Фиг. 31.

При дальнейшей проходке, не дожидаясь полного раскрытия водоносных прослойков, бурение регулярно продолжалось дальше в забое шахты. Как только вода отбывалась при помощи этих предварительных буровых скважин, в нее вводилась тру-

ба « z », обернутая для уплотнения льном (фиг. 32). Труба имела сверху край и присоединялась к цементному трубопроводу « г » посредством шланги « s ». После этого производилось накачивание цементного раствора, в то время как еще один предохранительный пласт горной породы находился между забоем шахты и водоносной трещиной. Эти работы также протекали успешно.



Фиг. 32

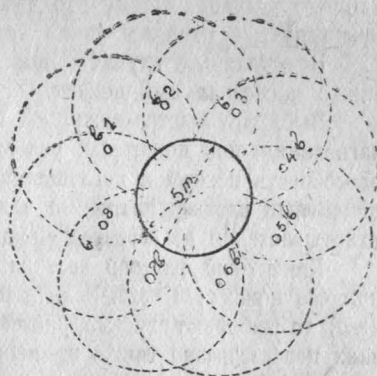
в том объеме, как это указывают пунктирные линии на фиг. 33, укреплены и сделаны водонепроницаемыми. По способу, предложенному Портье, были после этого фактически пройдены многие шахты, из которых первая была пущена в 1904 г.

Сущность способа и его применимость к различным горным породам

Цементный раствор, прошедший под давлением через буровые скважины в горную породу, замедляет скорость своего продвижения и откладывает принесенный им цемент тем значительнее, чем более он удаляется от буровой скважины и теряется в пустотах породы.

По прошествии некоторого времени эти осадки цемента схватываются, затвердевают и закрывают таким образом нарушения (трещины, разрезы и полые пространства), которые до того пропускали воду. Шахта проходится через осушенные этим способом горные породы. Если полностью закрыть воду и не удастся, то уже уменьшение ее притока все же имеет большое значение. В подходящей горной породе можно избежать дорогого туббингового крепления пропитыванием породы цементом.

Лучше всего этот способ применим в твердой, трещиноватой породе. В пустых пространствах, окруженных твердой породой, цементный раствор легко распространяется, он свободно продолжает течь вперед до тех пор, пока отверстия постепенно не закроются осевшим цементом и все вместе не образуют один целый плотный горный массив. Цементация и укрепление породы возможны также в грубо-зернистой и кремнистой породе, не содержащей глины. В тонком «илывуне», наоборот, цементация не удастся, так как цемент задерживается, как в фильтре, и сам раствор, будучи даже весьма жидким при очень большом давлении, неравномерно проникает в породу.



Фиг. 33

Промывка горных пород

Присутствие глины и буровой грязи, во всяком случае, препятствует успеху работы, так как цемент, в соединении с буровой грязью, плохо или почти совершенно не схватывается. Даже буровая мука, получаемая при бурении скважин для цементации в твердой породе, очень вредна и должна быть, по возможности, как и всякая грязь, до цементации удалена путем промывки. Промывка может быть сделана по-

средством нагнетания больших количеств чистой воды через буровую скважину в горную породу, вследствие чего буровая грязь приходит в движение и оттесняется.

Успех этого способа всё же сомнителен, так как буровая грязь не удаляется, а только продвигается назад на некоторое, возможно, небольшое расстояние, поэтому лучше совершенно удалить из породы буровую грязь, находящуюся вблизи буровой скважины. Такое удаление можно произвести высасыванием воды из буровой скважины, или, если вода находится под давлением (выше атмосферного), может выходить в шахту путем допущения простого стока. Выкачивать продолжают (или допускают сток воды) до тех пор, пока она явно не покажется из буровой скважины совсем чистой. Самое верное, если после этого на некоторое время нагнетать чистую воду в породу, чтобы вогнать дальше последние остатки буровой грязи из непосредственно прилегающего к буровой скважине участка.

Выбор цемента и условия смешивания

Для этого способа употребляется, как правило, «доменный цемент» (особенно излюблена марка «Тюрингия»). Очень важно, чтобы цемент состоял из зерен мельчайшего размола, потому что чем меньше размол, тем частицы цемента легче смогут проникнуть в наиболее узкие трещины и щели.

В отдельных случаях при цементации соляных копей с успехом применялся также магнезиальный цемент.

Выбирать быстро-вяжущий цемент вообще не рекомендуется, так как во время нагнетания, при некоторых условиях, проходит довольно продолжительное время, пока способность породы к поглощению раствора не исчерпается. До тех пор, однако, пока цементный раствор находится в движении, цемент, частью уже осевший в породе, не схватывается и не образует сплошную твердую массу, а дает рыхлую муть.

Цементный раствор составляется из различных смесей, в пределах от 5-30% примеси цемента к воде. Если в породе имеются большие и широкие пустые пространства, то избирают густые растворы с большим содержанием цемента. В таких случаях целесообразно также примешивать остроконечные песчаные или кремнистые массы (очень мелкого щебенка), или же вначале, оставляя созершенно в стороне влияние цемента, наполняют пространство в промывочном потоке остроугольным гравием. По отложении этих закладочных масс выпускают жидкий раствор цемента, который тогда уже связывает оставшиеся полые пространства. Чем уже и разветвленнее трещины, а также щели, подлежащие заполнению, тем более жидким изготавливается цементный раствор. К концу промывки, когда стекание уже замедляется, переходят к еще более жидким составам, содержащим очень мало цемента.

Несмотря на выбор цемента наиболее тонкого размола и жидкого раствора, — способность к цементации пород с трещинами имеет определенные границы, так как совершенно тонкие (как волос) щели, по которым еще может течь чистая вода, не пропускают в себя цементного раствора. Случайно находящиеся в таких узких ходах водяные массы будут, во всяком случае, незначительны.

Необходимые условия при нагнетании цемента

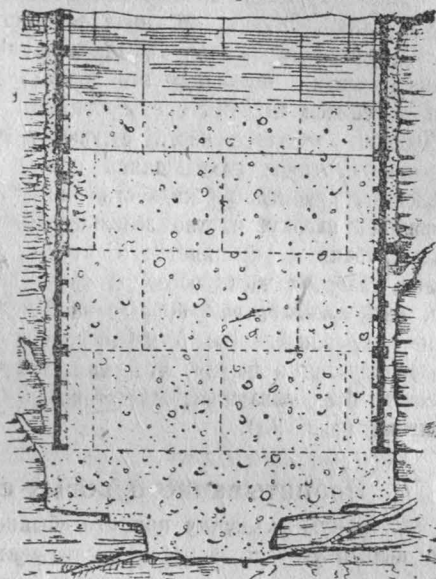
Особое значение имеет быстрота нагнетания цемента. Если цемент нагнетается слишком медленно, то раствор в нижних слоях начинает схватываться, а также затвердевать и закрывает, как это показано на фиг. 34, отверстия, идущие вверх пустых пространств, и не может после этого до них достигнуть. Быстро нагнетаемый цемент, в противоположность этому, проникает также и в идущие вверх пустые пространства, заполняя их целиком.

Давление, при котором цементный раствор нагнетается в породу, должно в начале работы, до тех пор, пока раствор легко воспринимается, быть незначительным, но во всяком случае больше давления находящейся в породе воды. Чем больше сопротивление, вследствие образования цементных отложений в породе, и чем уже подлежа-

щие заполнению пустые пространства, тем больше должно быть предназначенное для этой цели давление.

При этом необходимо помнить, что цементный раствор, сам по себе, обладает большим удельным весом, чем вода. Поэтому, при нагнетании через вертикальные трубопроводы с поверхности, уже более высокий удельный вес цементного раствора вызывает некоторое избыточное давление. Если этого избыточного давления недостаточно, то можно применять насосы. Этим путем достигалось избыточное давление от 20 и даже до 80 атмосфер. Лишь только порода перестает воспринимать цементный раствор, нагнетание прекращают. Сейчас же после этого трубопроводы и обслуживающие насосы как можно лучше промываются водой, чтобы избежать в них каких-либо оседаний.

В общем при работе имеет значение беспрерывное до самого конца нагнетание цементного раствора, чтобы в трубопроводе и породе не образовалась «пробка».



Фиг. 34

Длительность затвердевания цемента и пространственное распространение цементации

В узких породных трещинах цемент затвердевает быстро. Обычно ему дают для затвердения 4-5 дней, так как после такого срока порода уже становится плотной и водонепроницаемой.

Относительно распространения цемента вокруг буровой скважины, естественно, нельзя дать определенных указаний, так как при этом решающее значение имеет свойство породы и расположение пустых пространств.

На шахтах рудника «Эдуард Аган» было установлено, что цемент распространился вокруг шахты на расстоянии до 50 м.

Правила цементации

Установленного в деталях способа укрепления пород при проходке шахт посредством пропитывания цементом до сих пор еще не выработано. Больше того, в различных местах произведенные работы более или менее друг от друга отличаются.

Основные отличия, которые уже можно отметить в историческом развитии, заключаются в том, что пробуривание буровых скважин и пропитывание цементом производится или:

- а) с поверхности, или
- б) уступами, начиная с подошвы шахты.

Способ пробуривания требуемых скважин и пропитывания цементом с поверхности применяется особенно во Франции. В Германии, до сих пор почти повсеместно, работа проводится уступами, с подошвы шахты.

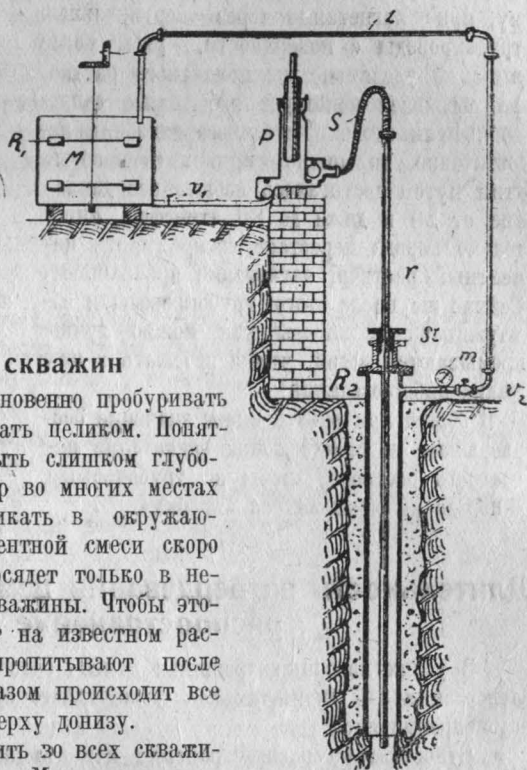
Цементация с поверхности. Крепление и отделка буровых скважин

Этот способ применим особенно в тех случаях, когда водоносные пласты находятся близко от поверхности. Скважины закладываются вокруг шахты, намеченной к проходке, причем получается то преимущество, что порода цементируется в большей окружности, чем это возможно при работе с подошвы шахты.

Число буровых скважин может быть значительно меньше, чем при способе замораживания. До сих пор считалось достаточным 6-8 скважин (см. фиг. 33).

Буровые скважины, предназначенные для цементации, лучше всего оставлять некрепленными, поскольку это допускает порода. Если следует опасаться обвала, то они крепятся трубами с отверстиями.

Однако, верхняя часть буровой скважины, чтобы находящаяся под давлением цементная жидкость не пробилась кверху, плотно заделывается трубами и укрепляется. С этой целью головная часть обсадной трубы, как правило, на определенной длине (приблизительно 6 м) прочно цементируется в породе, что можно сделать, если скважина достаточно широка (фиг. 35).



Фиг. 35

Пропитывание буровых скважин

Отдельную скважину принято обыкновенно пробуривать до полной углубки, а потом пропитывать целиком. Понятно, скважины при этом не должны быть слишком глубокими, так как если цементный раствор во многих местах имеет возможность одновременно проникать в окружающую породу, скорость движения цементной смеси скоро уменьшится, вследствие чего цемент оседет только в непосредственной близости от буровой скважины. Чтобы этого избежать, скважины останавливают на известном расстоянии (приблизительно по 8 м) и пропитывают после этого пробуренную породу. Таким образом происходит все усиливающаяся цементация породы сверху донизу.

Нагнетание цемента может происходить со всех скважин одновременно или друг за другом. Может оказаться выгоднее производить работу одновременно до тех пор, пока все водоносные трещины стоят открытыми, чтобы цементный раствор разошелся равномерно во все стороны вокруг шахты. Этим путем избегается нежелательное влияние первой зацементированной скважины вследствие преждевременного закрытия соединительного канала на район действия соседних скважин. С другой стороны, способ одновременной цементации нескольких скважин требует особых приспособлений, причем наблюдение за действием цементации затруднено, так как задержки в одной скважине тормозят цементацию остальных. Поэтому для простоты принято цементировать скважины одну за другой. Поглощающая способность отдельных скважин при этом крайне различна.

Обратное вытекание излишнего цементного раствора

Обычно обратному вытеканию цементного раствора, с того момента как порода перестает его поглощать, не придают значения и нагнетают раствор в буровую скважину до тех пор, пока скважина принимает его и не начнется обратный сток. В этом случае обсадная труба, которой закреплена скважина, служит одновременно и трубопроводом для цементного раствора.

Однако, можно предусмотреть обратный сток цементной жидкости, если ввести (см. фиг. 35) особую спускную трубу в обсадной «R» и к последней сбоку присоединить сточный трубопровод «Z», через который раствор частично поступает обратно в мешальный сосуд «M». Этот трубопровод может посредством крана «V²» больше или меньше закрываться. Пока порода еще хорошо впитывает, кран остается закрытым. Как только сток ослабевает и давление повышается, открывают постепенно

кран так, чтобы раствор под наибольшим давлением еще некоторое время проходил в скважину, когда порода уже почти совершенно насыщена. Этот способ, правда, очень сложный, но зато более надежный.

Данные по фактическому выполнению и стоимости

Описанным способом во Франции проходило много шахт. Цементация, например, имела место на шахтах рудника «Эдуард Агаш» на глубину 53 м и на шахтах Бетунских рудников на глубину 95 м.

Фактическая стоимость (по Салье) для обеих шахт, с диаметром в свету от 3,65 и 5 м, рудника «Эдуард Агаш», в которых зацементирована порода до 53 м и крепление туббингами на глубину до 80 м, составляет 1500 марок каждый метр; эта стоимость распределяется так: 315 мар. — на цементацию, 175 мар. — бурение; 50 мар. — оборудование, 90 мар. — цемент и 1185 мар. на проходку, крепление и проч. расходы.

Ломбуа предполагает, что стоимость самой цементации с поверхности для шахты в 100 м глубиной приблизительно до 500 марок на каждый метр.

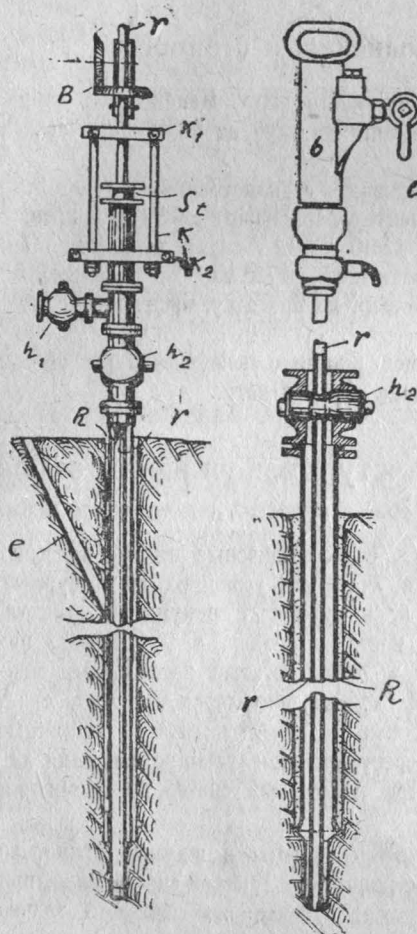
Пропитывание цемента способом уступов, начиная от забоя шахты

Этот способ цементации применяется всегда, если водоносные пласты залегают под сухими горными породами большой мощности, т.-е. при условиях, когда бурение скважин с поверхности требует значительного и, в сущности, ненужного расхода средств и времени. Случаи такого рода имеют место, например, в Руре, когда под Эмским мергелем залегают разбитые трещинами и часто богатый водой белый мергель, или — в Тюрингии, где только на большой глубине приходится проходить опасный Платтенский доломит в Цехштейне. Если в твердой породе находятся единичные трещины, попадающиеся в виде исключения и нерегулярно и служащие каналами для воды, то необходимо предпочесть наиболее простой и дешевый способ пропитывания цементом, начиная от подошвы шахты.

Бурение скважин в связи с опасностью прорыва воды из шахты должно, во всяком случае, производиться с особыми предосторожностями. Простой способ Виле, при котором водоносные трещины сразу пробуриваются, буровая же скважина только после этого закрывается самой трубой для введения цемента, был бы уже неприменим и слишком опасен при значительном напоре воды. Только там, где еще не перешли к планомерной цементации и считается возможным пробурить ту или иную водоносную трещину, применяется подобный способ, причем в забое шахты держат наготове несколько деревянных кольев или даже кусков железа, которые можно быстро вогнать помощью балды в буровую скважину, дающую воду. К кольям, предназначенным для закрытия скважины, привинчиваются по сторонам ручки, чтобы несколько людей их могли держать и ими действовать. Осторожнее было бы повсюду, где ожидается появление воды, применять, так называемые, «особые трубы», которые еще до встречи с водоносной трещиной прочно зацементируются в породе. Такие трубы снабжаются в верхней их части запором, который, с одной стороны, не препятствует установлению буровой скважины для цементации, а, с другой стороны, после встречи скважинной воды дает возможность безопасно ее закрывать.

Цементацию первого уступа стремятся, по возможности, произвести еще в сухой породе. Если уже последовал прорыв воды, то в забое шахты воздвигают настил из бетона, чтобы в шахте снова мог быть сделан зумиф. После этого в настиле пробуриваются скважины для установки вертикальных труб. Для полной уверенности в успехе, можно работать также на подвешенных туббингах с применением искусственного дна, в котором имеются отверстия, необходимые для бурения скважин в следующем уступе. В Германии этот несколько хлопотливый и дорогой способ еще не применяется.

Скважины для вертикальных труб и укрепление последних



Фиг. 36 и 37

Диаметр с свету скважин для вертикальных труб достаточен от 70 до 80 мм. При первоначальном применении этого способа считалось необходимым достигать глубины 6 м; в настоящее время в крепкой, хорошего сорта породе, удовлетворяются глубиной в 2-3 м без всякого опасения в прочности заделки труб.

Бурение скважин для вертикальных труб можно производить помощью буровых машин для алмазного бурения. Однако, в настоящее время большей частью применяются буровые молотки, работа с которыми обходится значительно дешевле. Как только скважины достигают требуемой глубины, они наполняются жидким цементом. В скважины вставляются вертикальные трубы, закрытые снизу цементными пробками. Для укрепления цементом труб применяется либо магнезиальный цемент, имеющий то преимущество, что он затвердевает в течение четырех часов, либо быстро схватывающийся портланд-цемент, который хотя и требует на затверждение приблизительно 14-16 часов, но держится крепче. Устройство вертикальных труб изображено на фиг. 36 и 37. Для того, чтобы трубы держались в цементе возможно крепче, на них делаются кольцеобразные выступы (фиг. 36), или коническое расширение на подошве (фиг. 37). Запорный кран на головке в обоих случаях обозначен буквой «h2».

Скважины для цементации

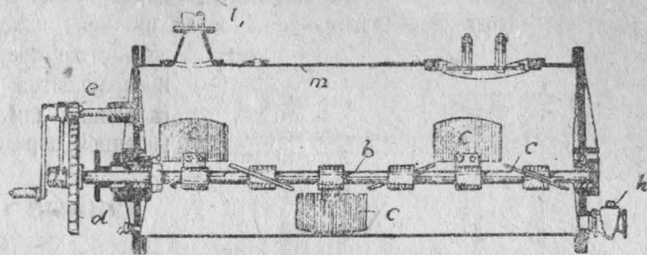
После установки направляющих труб, соответственно ожидаемому давлению, переходят к бурению скважин для цементации. Их диаметр рассчитан на 28-45 мм при глубине 3-12 м. Они могут быть пробурены, как и скважины для вертикальных труб, с помощью машин для алмазного бурения или с помощью буровых молотков. На фиг. 36 изображено устройство, примененное Акц. о-вом для глубокого бурения и устройства шахт при работах на шахте Виктория у Люнена.

Буровой станок приводит во вращение буровую трубку «г». Он приделывается к зубчатой передаче соединенными болтами скобками «K» и «K2», которые представляют собою упругую связь между буровой трубкой «г» и вертикальной трубой «R» и служит для удержания выпирающих вверх буровых штанг при бурении в сильно водоносных породах, с большим давлением воды.

Фигура 37 показывает применение буровых молотков. Ими в породе средней крепости можно в течение часа пробурить скважину до 12 м глубины. Работают пустотелыми бурами посредством продувки или промывки. Буровая штанга состоит из одного целого куска. Скважины делаются вертикальными, а также наклонными и одновременно направленными наружу (фиг. 38). Наружные скважины рекомендуются делать в виду того, что этим путем уменьшается возможность прохождения

скважины вне трещин. Фиг. 38 показывает расположение скважин и как они проходят при цементации на руднике Виктория, в Люне.

Было предложено по-
мощью электрических
зон определить, с од-
ной стороны, проницае-
мость и водоносность по-
род, а, с другой,—сте-
пень успешности дей-
ствия цементации, после
пропитывания пород це-
ментным раствором. О
фактическом применении
научных исследований такого порядка среди широких слоев известно немного.



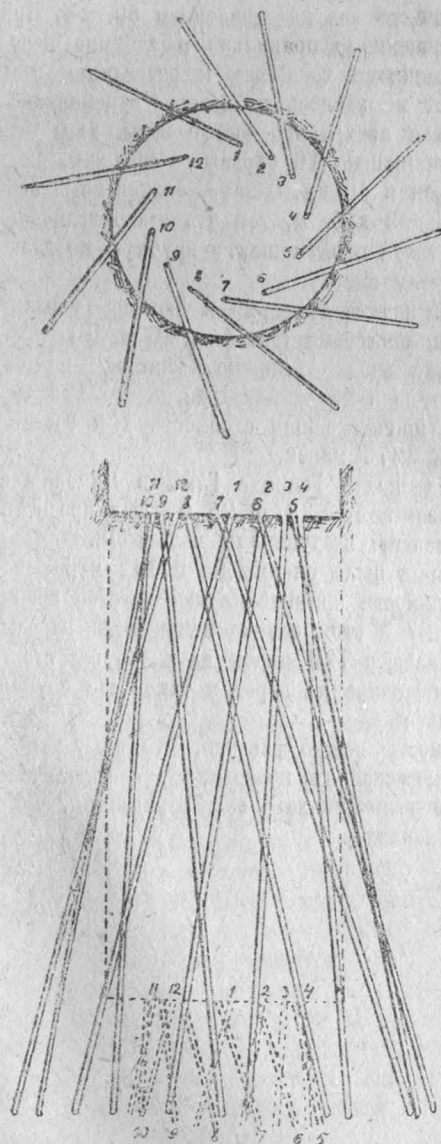
Фиг. 38

Пропитывание скважин цементацией

Цементация может происходить с поверхности, как это представлено на фигуре 39 с левой стороны. Цементный состав путем перемешивания готовится в сосуде «b» и ведрами наполняется в воронку «t». Заполнение воронки раствором служит признаком насыщения скважины. Тогда закрывают кран «h²», ведущий к шахте, и раз'единяют трубопровод «l» с трубой «R», так как цементный состав из трубопровода может выходить до тех пор, пока цемент не начнет схватываться. Для очищения трубопровода его промывают чистой водой.

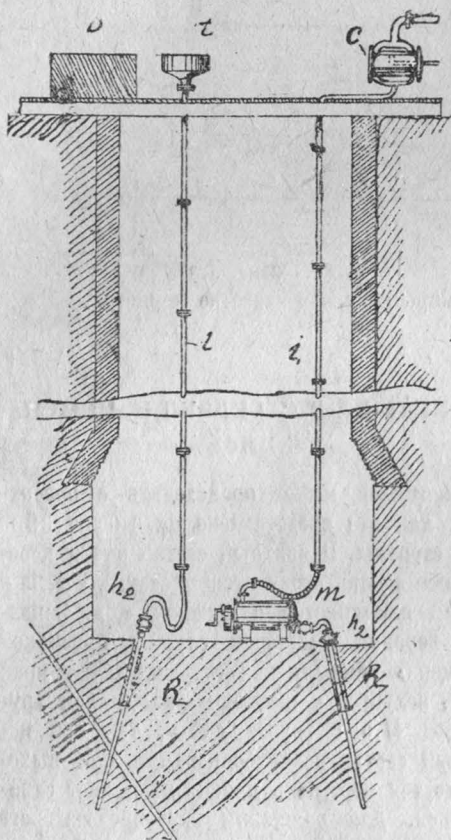
По простоте этот способ едва ли превзойден. Если применять жидкий цементный раствор, то во избежание закупорки трубопровода следует цементировать, начиная с забоя шахты. Например, на шахте Генрикс Глюк в Николаи цементный состав находится в сосуде «M», емкостью 800 л, установленном внутри ствола (Фиг. 40) (см. 82 стр.).

Вал «b» с лопатками «c» помощью маленькой зубчатой передачи «dI» вращают, а в последствии маленьким электромотором, приводят в движение, соединив до этого сосуд (см. правую сторону фиг. 39), с одной стороны, с трубой сжатого воздуха «I», а с другой—с трубой «R». Само собой разумеется, что давление сжатого воздуха должно превосходить напор воды в породе. На этой шахте был установлен компрессор высокого давления (с), куда из особого резервуара нагнетали воздух при 6,5 атм. и сгущали его на 15-18 атм. Это устройство отличалось тем преимуществом, что давление, под которым нагнетался цемент в породу, можно было регулировать по желанию.



Фиг. 39

После того, как все скважины будут насыщены цементом, им дают от 4 до 5-ти дней на схватывание. Затем зацементированный участок углубляется обычным способом, не доходя приблизительно 4 м до подошвы скважины, и, по возможности, сейчас же крепится. После этого работы прекращаются и начинают вновь делать скважины для труб, в прочно зацементированной породе первого участка (фиг. 38).



Фиг. 40

тот же опыт, но бурильные станки были заменены воздушными молотками.

Общая стоимость проходки путем цементации была определена в 142 марки на 1 м. Цементация обходится дороже при необходимости применения туббинговой крепи и искусственного настила из бетона. По Морину в этом случае цементация породы на глубине 98 м в шахте III в Ливене обошлась в 720 марок на п. м, без стоимости проходки и крепления, тогда как замораживание пород в таком же случае обошлось бы, приблизительно, в 1840 марок п. м.

В отношении производительности и стоимости можно сказать, что опыты при различных обстоятельствах и разных местных условиях проводились с более или менее благоприятными результатами. Однако, невозможно дать общие указания, пригодные, даже приблизительно, при разных условиях.

Данные о выполнении и стоимости

Способ цементации участками на шахте Саксен Веймар в Утеррейцбахе (Тюрингии) был применен на глубине от 529—550 м для пласта доломита, в котором вода находилась под давлением 50 атм. При совершенно неправильно и взаимно пересекающихся трещинах и расселинах этот пласт не удалось полностью зацементировать и прекратить доступ воды, хотя было применено 16 буровых скважин, диаметром в 40 мм. Однако, приток воды был только 3 куб. м, так что стало возможно без труда пройти шахту вручную по доломитному пласту.

На шахте Виктория в Люнене указанными способами (см. фиг. 36 и 38) проходили вполне успешно участок шахты высотой в 95 м, потратив на это 194 суток, причем общая стоимость 1 м составляла 3276 марок.

На шахте Генрихс Глюк в Николаи с горизонта от 38 до 95 м был проделан

Применение цементирования в горном деле¹⁾

Хотя в Англии процесс цементирования стал известен сравнительно недавно, всего в 1911 г., но его применение успело уже принять значительные размеры. Наиболее известно применение этого способа при проходке через водоносные слои при устройстве шахт, но имеется также много и других случаев, когда можно применять с успехом данный способ и когда этот способ был уже с успехом применен на практике.

Не вполне удачные первые попытки применения цементирования в значительной степени объяснялись тем, что еще не было в достаточной мере усвоено значение давления при нагнетании цемента. В настоящее время в практике горного дела широко применяют насосы, могущие развивать давление свыше 680 кг/см².

В тех случаях, когда свойства породы при нормальных условиях не допускают введения достаточного количества цемента для заполнения всех трещин, применяется способ силикатизации, состоящий в предварительной инъекции некоторых химических растворов: силиката соды и сульфата алюминия.

В результате предварительного попеременного впрыскивания указанных растворов, в отверстиях и трещинах образуется желатинозный осадок силиката алюминия, содействующего тому, что нагнетаемый после этого цементный раствор свободнее проходит в породу. Было найдено также, что насыщение указанными химическими растворами такой породы, как красный песчаник в Йоркшире, значительно уменьшает пористость последнего.

Проходка шахт

Результаты последней проходки шахт в Шотландии дают показательный пример применения процессов силикатизации. По этому способу пройдена шахта диаметром 4,88 м. Шахта пересекала пласты, содержащие прослойки водоносного известняка и песчаника.

Установка для цементации состояла из трех главных насосных агрегатов, в каждом из которых был один бак с делениями, один смесительный бак и один насос. Применявшиеся при этом насосы — горизонтальные, двойного действия с плунжерами диаметром 7,62 см, приводились в действие паровым цилиндром диаметром 35,56 см с ходом поршня, равным 30,48 см. Насосы были установлены в большой камере на возвышенной площадке, на которой помещались верхний бак с делениями и запас цемента.

Описываемая операция была начата проходкой шахты до уровня водоносного слоя на глубине 5,50 м от поверхности. До начала цементации пройденная часть шахты была укреплена монолитной железобетонной конструкцией.

Учитывая численность и величину обнаруженных на дне шахты трещин, было решено для эффективности данной операции пройти восемь шпуров, которые и были

¹⁾ Перевод с английского под ред. инж. Енишерлова из журнала „The Colliery Guardian“ 1930, № 3606.

расположены по кругу диаметром в 4,27 м концентрично к оси шахты. Этим шпурам был придан радиальный уклон в $\frac{1}{15}$ с тангенциальным наклоном влево в 0,1. Последнее направление уклона располагалось так, чтобы каждый шпур пересекал как можно больше наклонных трещин.

Бурение производилось ударным способом. Для этого применялся молотковый перфоратор, весом около 20,5 кг, имеющий полый стержень, к которому присоединялся бур посредством внутренней муфты с внутренним диаметром, равным 2,22 см, и наружным — равным 3,34 см. Головки буров, в зависимости от свойства породы, были четырех, шести или даже восьмигранными. Здесь интересно отметить, что в данном случае шпур пробуривались на глубине до 73 м. Каждый шпур проходил вначале глубиной 3,6 м, диаметром 8,9 см. После этого в шпур вставлялись 5,08 см трубы, которые закопачивались, цементировались и испытывались на давление в 28 кг/см², что составляло 10,5 кг избыточного давления по отношению к делению, применявшемуся во время цементации этого участка. Для остальной части бурения применялись буры с головками диаметром в 4,76 см.

Поскольку описываемые операции производились выше уровня водоносных слоев и было невозможно установить, какие именно зоны являются более водоносными, — решено было предварительно произвести систематическую цементацию породы по всей длине шахты.

Шпур были пронумерованы под номерами от 1 до 8, причем работа началась с бурения двух противоположных друг другу шпуров, под №№ 1 и 5 на глубину до 6 м. Затем буры были вынуты и к вделанным ранее в породу трубам были привинчены 5,08 см краны, которые соединили гибкими рукавами с питающими цементными агрегатами.

Оба шпура были подвергнуты нагнетанию цементным раствором. Такое нагнетание начинали обычно производить слабым раствором цемента в воде, повышая затем постепенно концентрацию этого раствора до того, чтобы объемы цемента и воды были одинаковы. Впрочем, дозировка данного раствора является исключительно вопросом практического опыта, так что тут нельзя устанавливать каких-либо твердых и постоянных правил. В случае, если тотчас же после начала нагнетания требуется увеличить давление, можно предполагать, что трещины очень узки; чтобы обеспечить проникновение достаточного количества цемента для надлежащей обработки породы, раствор берется слабый. Если же, наоборот, интенсивность давления через более или менее значительный промежуток времени более не повышается, — это служит признаком наличия многочисленных и широких трещин, ввиду чего густоту раствора следует постепенно повышать.

Нагнетание цемента прерывается при заранее определенном давлении, которое также устанавливается на основе прошлого опыта, учитывая свойства данной породы и степень насыщения ее водой.

В то время, пока продолжалось нагнетание в шпур под №№ 1 и 5, — началось нагнетание через шпур под №№ 3 и 7, расположенные по одному диаметру, но под прямыми углами к №№ 1 и 5, причем и эта пара шпуров была углублена до 6 м. После того, как введенному в шпур под №№ 1 и 5 цементу было предоставлено достаточно времени для схватывания, указанные шпур были очищены и пробурованы на глубину до 9 м, затем через них было снова произведено нагнетание, причем в течение этого же времени производилось бурение шпуров под №№ 3, и 7 на глубину до 9 м.

Когда же, путем постепенного бурения по 3 м, достигли глубины в 15 м, заметили, что цемент, нагнетаемый непосредственно ниже зумпфа шахты, настолько схватился, что ему уже не мешали бы дальнейшие нагнетания в остальные четыре шпура под №№ 2, 6, 4 и 8. В силу сказанного начато было бурение этих шпуров путем последовательного углубления их на 3 м. При этом порядок бурения остальной части обрабатываемого участка породы был следующий (1,5); (2,6); (3,7); (4,8). Конечная глубина всех шпуров равнялась 36 м. В дополнение было произведено бурение двух отвесных пробных шпуров внутри того круга, где расположены были шпур для цементации. Эти пробные шпур, пройденные последовательными уг-

дублениями по 3 м на глубину 33 м, подвергались испытанию гидравлическим давлением от 60 до 40 кг/см². Такое давление было признано достаточным, чтобы считать, что обработка намеченного пространства во всю глубину произведена вполне удовлетворительно.

Следующая операция заключалась в проходке и креплении шахты на глубину 32 м. Под дном шахты оставили нетронутый кусок цементированной породы, толщиной до 4,5 м, чтобы предупредить проникновение воды из прилегающей необработанной породы на дно шахты. Во время проходки было обнаружено, что действие цементации недостаточно полно, но остальная проникающая вода была успешно заглушена сзади крепления способом, который будет описан дальше.

Когда было закончено устройство крепления, приступили к цементации второго участка шахты. Было снова произведено бурение 8-ми шпурами, причем радиальный и тангенциальный наклоны были такие же, как в первом участке. Соблюдалась такая же порядковая очередь попарного бурения шпуров, но в данном случае бурение продолжалось до тех пор, пока не появлялась вода из вставленной в породу трубы и было обнаружено наличие водоносной трещины. Такие трещины немедленно же заливались цементом.

Результаты обработки как этого, так и всех следующих участков оказались вполне удовлетворительными, хотя обычно при бурении встречались водоносные слои, давшие воды от 270 до 450 л/мин. Количество остаточной воды при проходке участка шахты высотой 9 м, никогда не превышало 4,5 л/мин. и, обыкновенно, даже менее этого. При этом большая часть такой остаточной воды обычно задерживалась за креплением шахты. Наибольший дебет встречавшейся отдельной водной прослойки равнялся 1100 л/мин.

Проходка с помощью процесса силикатизации

Прежде чем описывать в подробностях применение процесса силикатизации, здесь интересно отметить, какое количество воды встречается в угольном бассейне Нью Ред Сандстан Южного Йоркшира и Ноттингемшира. Количество воды значительно изменяется для отдельных мест, так что получались разные, сомнительного достоинства цифровые данные о количестве воды, с которой пришлось бы иметь дело при проходке шахты без предварительной обработки породы. Имеется, впрочем, случай попытки официальной записи подобных данных в Торн Кольтерн. Там проходка двух шахт была начата в 1909 году. Когда достигли глубины около 137 м, то в каждой из этих шахт водоносные слои стали давать в общем уже по 4100 л/мин. Некоторую часть этой воды не удавалось задерживать даже за креплением, состоявшем в данном случае из водонепроницаемых колец английского типа. Поскольку темп проходки был уменьшен до минимума, несмотря на применение силикатизации и цементации, причем встречаемое в шахте количество воды увеличивалось, — данная попытка была оставлена. Прибегли к способу замораживания. Тут следует, между прочим, заметить, что, в конце концов, проходка данных шахт была все же закончена с применением процесса цементации (силикатизации).

Вследствие пористости песчаника, невозможно было уменьшить количество остающейся воды в породе до такой степени, чтобы можно было производить проходку шахты, не прибегая к помощи насоса, но производительность последнего при проходке шахты глубиной в 18-27 м никогда не превышает 4546 л/мин.

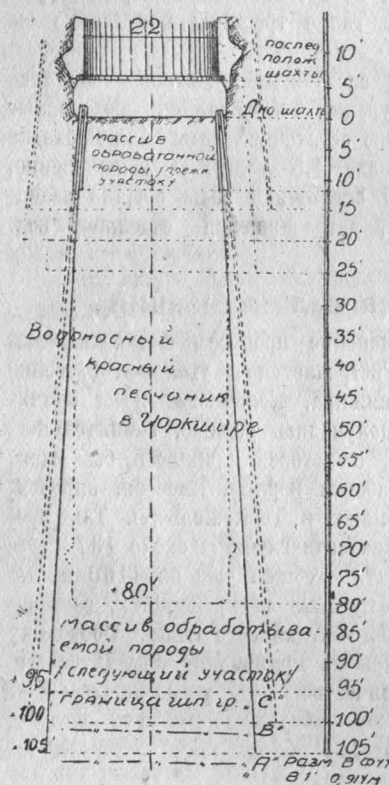
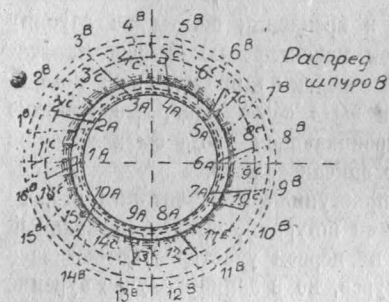
Для проходки двух шахт, диаметров в 6-6,4 м, установка для цементации должна состоять из семи насосных агрегатов, установленных вместе в одном помещении достаточного объема (фиг. 41, см. стр. 87).

К этому насосному помещению примыкает большой запасный бак для силикатов, обычно сделанный из ланкаширского котла, чан с раствором сульфата и запасный чан.

а

Силикат обычно получается в виде раствора и подается к стоящему выше бунку посредством парозого инжектора. Сульфат же получается в виде чушек. Для манипуляций с ним применяются чаны со свинцовой обкладкой, фасонные же части насосов должны быть из фосфористой бронзы.

Для полной цементации участка длиной в 18-32 м требуется около 42 шпуров, которые располагаются тремя сериями (рядами), обозначенными буквами А, В и С (фиг. 42). Группа А состоит из 8-10 шпуров, а группы В и С — из 16 шпуров



Фиг. 42

каждая, причем каждому шпуру дается отдельный номер, например, А 1, В 12, С 14 и т. д.

При бурении шпуров группы А дается радиальный наклон, равный $\frac{1}{15}$, и тангенциальный наклон влево, равный $\frac{1}{7}$. Радиальный наклон делается так, что трубки входят в необработанную породу как раз снаружи наружного периметра шахты, причем наибольшая их глубина не превышает 1,8 м. Тангенциальному наклону дается такое направление, чтобы каждым шпуром пересекалось как можно больше прослоек и трещин. При этом шпур группы А бурятся попарно, что делается для того, чтобы предупредить проникание цемента з пробуренный шпур из другого шпура, куда в это время производится нагнетание.

Первые 3-5 м бурения производится буром с головкой в 87 мм, причем в шпуре законопачивается и заливается цементом труба, после чего она испытывается под давлением.

После испытания шпур углубляется, в зависимости от плана, на 8-9 м, причем тщательно фиксируются все обнаруженные при бурении водяные прослойки, дающие воду. Каждая из них, отличающаяся притоком воды более обычного, обрабатывается немедленно же после ее обнаружения, в противном случае данный шпур останавливается на выбранной прежней глубине ранее, чем начнется нагнетание цемента. По указанному способу производится бурение, а затем и нагнетание шпуров группы А на глубине до 32 м.

Общий способ нагнетания определенными дозами з каждый шпур состоял в следующем. Об химические состава имеют доступ к шпур, посредством трубопровода в форме буквы «У», через который и производится предварительное нагнетание от 1100 до 4546 л силиката в 6 градусов по Тведсу и такого же количества сульфата. 4 градуса по Тведсу. При этом определение точной пропорции данных составов, равно и оп-

ределение требуемого для них градуса по Тведсу, зависят от практического опыта.

Тотчас же после этого производится нагнетание цемента, причем количество его в растворе постепенно увеличивают, начиная с 2,5 проц. до 50 проц., причем густота раствора контролируется на основе признаков, указанных выше.

Во время бурения и обработки шпуров группы А производится разбивка и бурение на глубину 3-5 м шпуров группы В, которые оборудуются трубами, испытываются и углубляются до того уровня, на котором должно производиться в них первое нагнетание цемента. Общее расположение шпуров группы В имеет диаметр на 30 мм шире, чем расположение шпуров группы А. Радиальный наклон у них обычно равняется $\frac{1}{10}$, а тангенциальный уклон влево немного больше, чем у шпуров группы А.

Шпур группы А с самого начала предназначались для цемента и, хотя в них

производилось незначительное нагнетание химического состава, они всецело предназначались для цементирования, поскольку общей целью является заполнение цементом более крупных трещин и заглушение водоносных слоев. С другой стороны, шпур группы В предназначались для нагнетания одинакового количества химических составов и цемента так, чтобы помимо более крупных даже и мельчайшие трещины были основательно обработаны и, благодаря этому, уменьшилась бы пористость данной породы.

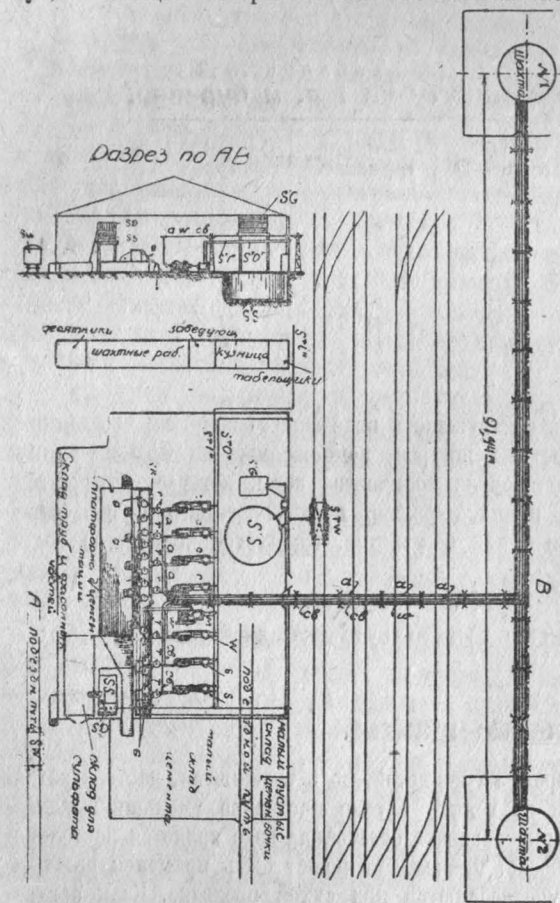
Прежде чем начинать нагнетание, необходимо было тщательно ознакомиться с результатами бурения и нагнетания в шпурах группы А, причем подлежащая обработке порода подразделялась, по возможности, на отдельные зоны с тем, чтобы те из них, где встречались больше всего водоносные слои, подвергались более интенсивному цементированию.

Практика данной операции привела к установлению известных правил и формул, с помощью которых можно высчитывать количество цемента и химических составов, которые необходимо нагнетать в шпур группы В. При определении требуемого объема химических составов следует принимать в расчет степень пористости данного песчаника, которая, за исключением ненормальной пористости, принималась обычно в 10 проц., т.е. считалось, что в глыбе необработанного песчаника содержится 10 проц. пустот.

Общий объем химически обработанной породы считается равным высоте данной зоны, умноженной на площадь круга, диаметр которого на 300 мм больше, чем расстояние между двумя диаметрально-противоположными шпурами.

Метод нагнетания в шпур группы В состоит в том, что восемь шпуров соединяются с двумя агрегатами химических составов посредством соответствующего трубопровода. Установленные на этом проводе краны рассчитаны таким образом, чтобы в четыре шпура, обозначенные, скажем, номерами 1, 3, 5 и 7, поступал силикатный раствор, тогда как промежуточные между ними шпуры за №№ 2, 4, 6 и 8 получали бы сульфатный.

При этом осадок, произошедший от взаимодействия указанных растворов, осаждается в породе.



Фиг. 41

Самое нагнетание желательно производить под определенным давлением, причем для этого «перемены» делаются лишь вначале нагнетания, примерно после нагнетания каждых 1100 литров раствора; полное давление вызывало известное увеличение объема раствора. Нормальное количество, которое должно быть нагнетаемо на восемь шпуров для зоны высотой в 6 м, равняется 27300 л силикатного раствора в 14-18° по Тведсу и 27300 л сульфатного раствора в 10-14° по Тведсу.

После нагнетания химического раствора, шпуры присоединяются каждый в от-

дельности к бакам с цементом, раствор которого и нагнетается туда под конечным давлением, равным от 335 до 500 кг/см², в зависимости от глубины шпура.

Вслед за шпурами группы В подвергаются приблизительно такой же обработке также и шпуры группы С, имеющие радиальный наклон около $\frac{1}{12}$ и тангенциальный наклон такой же, как и шпуры группы В. При этом химическая концентрация силикатного раствора доводится до 10-14° по Тведсу и сульфатного до 8-10° по Тведсу, чтобы обеспечить большую проницаемость, поскольку порода может уже меньше принять в себя раствора. Во время бурения шпуров группы С каждый водоносный слой в отдельности тщательно обрабатывался и в него, по крайней мере, дважды нагнетали цементный раствор.

Углублением шпуров группы С до предназначенной для них глубины заканчивается процесс цементирования и силикатизации данного участка породы, после чего производится бурение опытных шпуров.

Нижеследующие цифровые данные, полученные при фактической проходке, рисуют постепенный ход данной работы.

Таблица № 21.

Среднее число литров в минуту на 1 п. м бурения.

Участок шахты №№	Шпуров группы А	Шпуров группы В	Шпуров группы С	Опытных шпуров
1	70	32,9	28	23,9
2	112,3	60	39	25,2
3	101,8	83,4	51,2	35,0
4	109,4	91,0	50,0	27,6
5	125	73,0	45,2	27,8
6	103	59,0	36,4	18,9

В указанных выше случаях было обнаружено в виде общего правила, что данные расхода раствора по таблице для опытных шпуров, помноженные на 5 и на длину проходки, дают приблизительно то остаточное количество воды, которое встречается при проходке. Так, например, если принять размер предполагаемого к обработке участка породы в 23 м, то, по данным для 5 участка, ожидаемое количество воды будет равняться:

$$27,8 \times 23 \times 5 = 3200 \text{ л/м.}$$

Отсюда видно, что такое количество соответствует указанной выше производительности насоса в 4546 л/м.

Крепление шахты

В случае крепления шахты в породе не пористой, но с трещинами, часто удается остановить всю грунтовую воду или во всяком случае настолько уменьшить количество этой воды, что встречающаяся при проходке остаточная вода является настолько незначительной, что ею можно пренебречь, причем тут может быть применен каждый из тех методов крепления, которые употребляются при сухой проходке. Если оставшиеся водяные прослойки расположены высоко, как то бывает при пористых песчаниках, и желательно задержать их позади крепления — следует применять только монолитную бетонную или железобетонную конструкцию.

Тут можно выбирать между монолитной бетонной конструкцией и чугунными кожухами английского или германского типа, причем обычно предпочитается первый способ, который, будучи одинаково пригодным для данной цели, дешевле второго и его легче осуществлять.

Устройство такого рода шахтного крепления обуславливает возможность дальнейшего применения процесса цементирования. Первое требование, предъявляемое креплению, позади которого желательно задерживать воду, сводится к способности

его противостоять водяному давлению. Толщина крепления рассчитывается по следующей формуле:

T — толщина крепления в см.

P — давление воды в кг/кв. см.

R — внутренний радиус шахты в см.

f — допустимое сопротивление цемента в кг/кв. см, принимаемое обычно как одна четвертая сопротивления раздавливанию в течение 28 дней.

Чтобы быть уверенным в однородности состава цемента и его водонепроницаемости, ему надо давать схватываться при «сухих» условиях, т.е. преграждая доступ к нему воды с боковых стенок шахты. С этой целью во время крепления снизу устанавливается особый цилиндр из тонких стальных листов (обычно 20-го или 22-го калибра) с диаметром на 10-15 см меньше, чем внешний диаметр выемки шахты, причем вода отводится в кольцеобразное пространство з 5-7 см между цилиндром и породой.

Такой цилиндр носит название «задней обшивки» и, согласно патентованной системе Франсуа, изготавливается из отдельных сегментов, высотой около 1,4 м и длиной от 1,5 до 1,8 м по окружности, в соответствии с диаметром шахты. Каждый из таких сегментов состоит из каркаса из углового железа, выгнутого до желаемой степени и раскрепленного добавочными полосами из стали и углового железа, причем к этому каркасу и приклепывается обшивка шахты. Углы каркаса имеют соответствующие отверстия для соединения болтами отдельных сегментов друг к другу, причем сделаны также и другие отверстия для железобетонной арматуры, устанавливаемой по мере возведения стены. Заднее крепление служит также в качестве временной опоры для стенок шахты в течение проходки. При этом каждое четвертое или пятое кольцо сегментов устроено так, что известная часть обшивки может быть удаляема для доступа в находящееся позади ее кольцеобразное пространство. Такие кольца сегментов называются дверными кольцами.

Когда по описанному способу произведена известная часть проходки, кожух установлен на надлежащем расстоянии и требуется устройство постоянного крепления, устраивают «дверное» кольцо, к низу которого подводится отводная труба для воды. Непосредственно под этим породу сзади вырубается, чтобы можно было образовать клин из бетона, который должен служить основанием для данного участка шахтного крепления. Каркасное кольцо, т. е. кольцо из углового железа, но без обшивки, прикрепляется затем к дверному кольцу и затем устанавливается секция шахтного крепления.

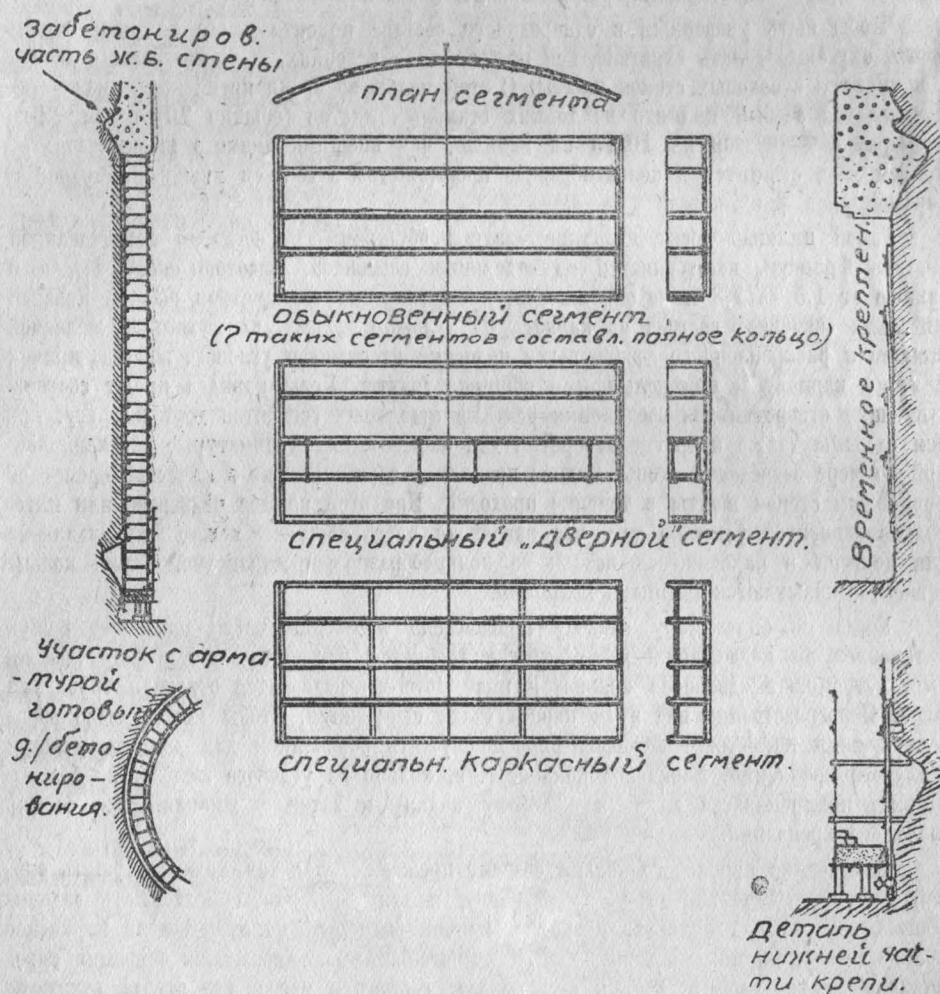
Назначение каркасного кольца состоит прежде всего в том, чтобы служить опорой для железобетонной стенки, во-вторых, и для того, чтобы поддержать заднюю обшивку ближайшего участка проходки, причем ради этой последней цели каркасное кольцо выступает ниже бетонируемой части стены шахты. Последняя операция перед началом фактической постройки стен шахты состоит в устройстве отвода для воды из сборника на дне последнего «дверного» кольца, что и производится посредством 5 см труб, расположенных внизу позади последнего дверного кольца шахтного крепления. Эти трубы расположены на одинаковом расстоянии друг от друга вокруг шахты, причем число их изменяется в зависимости от количества воды, с которой приходится иметь дело (фиг. 43).

Затем по основной дуге устанавливается опалубка, а пространство между ней и задней обшивкой заполняется бетоном, который сильно трамбуется. Когда доходят до каждого «дверного» кольца, кольцеобразное пространство позади задней обшивки заполняется чисто вымытым гравием. В бетоне закладываются на определенных промежутках вспомогательные трубы с внутренним диаметром 3,8 см, у которых один конец выходит за заднюю обшивку, а другой проходит через внутреннюю опалубку в шахту. Крепление шахты производится указанным способом до тех пор, пока не дойдут до дна предполагаемой выемки.

Как скоро бетон схватил до такой степени, что он может сам себя держать, опалубку удаляют, но конечная операция, состоящая в нагнетании цемента в нахо-

дящееся позади крепления кольцеобразное пространство для задержания воды, откладывается до того времени, пока бетон не затвердеет.

Самый способ нагнетания состоит в следующем: ко всем вспомогательным трубам и к трубам, идущим от сборника сзади стены, привинчиваются краны, которые остаются открытыми. Затем две из указанных последних труб присоединяются к це-



Фиг. 43

ментным бакам и оттуда производится нагнетание раствора. Высота под'ема цемента позади стен определяется вспомогательными трубами, которые, наоборот, выключаются, как только цементный раствор начинает литься через них. Как только он достигает конца вспомогательных труб, расположенных обычно на расстоянии 30 м от главных труб, все краны запираются и нагнетание прерывается.

Через несколько дней после этого концы вспомогательных труб прочищаются и производится нагнетание цементного раствора при таком давлении, что вода вытесняется обратно в породу, а осушенные от нее трещины заполняются цементным раствором.

Результатом недавно произведенной и закрепленной таким способом проходки двух шахт в Нотенгемском угольном бассейне служат примером эффективности подобного рода крепления. Эти шахты имели в диаметре 6,4 м, причем всего было пройдено 200,5 м пластов Триасской и Пермской формации. Общее количество просачивающейся в настоящее время з обе данные шахты воды составляет менее 18 л/мин.

Дальнейшие виды применения цементирования в горном деле

1. Прохождение штреков. — Применение процесса цементации в водоносной породе, через которую должен быть сделан штрек, аналогично применению этого процесса при проходке шахты.

2. Осушение шахты. — Многие из более старых шахт в Англии были проложены через водоносные слои, причем вода собиралась посредством устройства сборников и отводилась наружу. Во многих случаях, когда вода была обнаружена на небольшой глубине, прочность крепления оказывалась достаточной для того, чтобы можно было задерживать воду непосредственно за креплением посредством нагнетания цемента. На большой глубине и при большом давлении такие же результаты достигались путем обработки породы вокруг шахты. Стоимость данной работы обычно покрывалась за короткое время понижением расходов на откачивание воды насосами.

3. Устройство подземных перемычек. — Метод этого устройства состоит вкратце в следующем: после того, как рассчитана толщина перемычки, с каждой стороны ее возводят кирпичные стенки, толщиной в 91 см. По мере их возведения промежуточное пространство между ними заполняется битым камнем или кирпичем. В одной стене прокладываются инъекционные трубы и, когда сооружение перемычки закончено, все пространство между двумя стенами заливается цементным раствором и, в конце концов, подвергается нагнетанию под давлением, большим, чем то, которое должна будет выдерживать данная перемычка. В этом случае, если окружающая перемычку порода имеет трещину или вообще может допускать протекание воды, цементация может быть распространена также и на эти участки породы.

4. Укрепление плохо работающих перемычек. — Посредством нагнетания цементного раствора можно сделать водонепроницаемыми кирпичные и каменные перемычки, дающие течь.

5. Подземные пожары. — Заградительные стены для предотвращения распространения подземных пожаров редко бывают вполне непроницаемыми для воздуха, но могут быть легко сделаны непроницаемыми путем цементации как самих этих сооружений, так и окружающих их пластов породы.

6. Устройство заграждений в шахтах. — Часто случается, что при разработке из одной шахты двух или более пластов пород нижний пласт выработывается раньше верхнего. Тем не менее откачивание воды из нижнего пласта должно продолжаться. При этом возможно делать в какой-либо части шахты ниже разрабатываемого пласта зацементированное заграждение, на подобие дорожной плотины, которое совершенно изолирует воду от первого пласта, сохраняя тем самым расходы на откачивание шахты насосами.

Подобное перечисление можно было бы продлить до бесконечности, поскольку найдется лишь очень немного проблем, связанных с проникновением воды, которые не могли бы быть успешно разрешены путем применения в той или другой форме процесса цементирования.

Проф. ГЕЙЗЕ

Новейшее развитие Гонигмановского способа шахтобурения¹⁾

Основная мысль Гонигмана — проходка шахты помощью бурения, без применения какого-либо временного крепления.

Бока шахты поддерживаются искусственно повышенным давлением промывной жидкости с большим удельным весом. По своему принципу этот способ сравним с проходкой шахт под воздушным давлением с помощью воздушного клапана. Вместо воздушного давления берется в данном случае водяное.

Эту основную мысль провел с полным успехом Гонигман при буровых работах на целом ряде каменноугольных промыслов у Эркеденца, в находящихся там мощных песчаных и глинистых плывунах. Буровые работы производились с применением промывной жидкости большого удельного веса, без крепления обсадными трубами. После преодоления естественно возникающих трудностей, которые, главным образом, можно отнести за счет недостаточного в начале опыта и подходящего бурового оборудования для большого диаметра шахт, Гонигман стал бурить находящиеся недалеко друг от друга расположенные шахты. При бурении в опасных при работах плывунах обвала не произошло. Опыты показали, что при бурении в любом месте шахты нависающий слой плывунов не дал обвала.

Посредством введения глиняного раствора в скважину во время бурения и повышения поверхности воды в буровой скважине, в противовес плывунам, на стенах буровой скважины образуется плотный нанос из мелких частиц глины. Этот нанос заменяет обсадку трубами, необходимую при других методах бурения.

Чтобы понять физические явления, происходящие при этом, нужно ответить на два вопроса: 1) какое влияние производит повышенное давление в буровой скважине на облицовку стен буровых скважин, 2) как образуется глиняный нанос и какое действие он производит на облицовку стен буровых скважин вместе с имеющимся внутренним повышенным давлением.

Облицовка стен буровых скважин, пройденных в песчаных плывунах, состоит из большего или меньшего количества шарообразных частиц, которые соприкасаются лишь точками или небольшими частями своей поверхности. Без поддержки они упали бы в буровую скважину. Если прозвести изнутри водяное или воздушное давление на облицовку буровой скважины, то это давление через свободное пространство между шариками распространится на каждый отдельный шарик и будет давить на него со всех сторон равномерно.

В статическом отношении одно это давление ничего не изменит. Как и раньше, собственный вес каждой отдельной частицы будет давить с внешней стороны на внутреннюю и вследствие этого вызовет обвал облицовки буровых скважин.

Глиняный нанос на облицованных стенах буровой скважины получается вследствие всасывающего действия, подобно тому, как наблюдается при наливании глиняного раствора на песчаную поверхность.

¹⁾ Перевод с немецкого Э. Якобсон из журнала „Der Bergbau“, 1930 № 48, стр. 705—708.

Вода глиняного раствора очень быстро просачивается в песок, беспреткновенно стекает, образуя при этом вакуум, который всасывает в песочную поверхность мелкие частицы глиняного раствора. Глиняный раствор придавливается к облицовке стен буровых скважин, а вода, вследствие повышенного давления, протекает в окружающие ее слои песка, так что отдельные частицы глины всасываются в стену буровой скважины и, после непродолжительного времени, образуют непроницаемый фильтровальный слой.

Свободные пространства между отдельными шариками закрываются, вода не может давить на отдельные шарики и производить выравнивание наружного и внутреннего давления. Повышенное внутреннее водяное давление может уже противостоять горному давлению, действующему снаружи. Таким образом получается равномерное давление внутри шахты, которое держит облицовку стен буровых скважин. Повышенный удельный вес глиняного раствора после этого в статическом отношении не играет главную роль и в дальнейшем, после окончания буровой скважины, может быть свободно заменен чистой водой, само собой разумеется с соответствующим повышенным давлением водяной поверхности. Такая замена глиняного раствора водой доказана последними испытаниями в одной новой строящейся шахте. Она имеет громадное значение, т. к. при креплении шахты требуется заполнение промежутка между крепью и стеной выработки бетоном, что возможно только с применением чистой воды.

Понятно, что мелкие песочные слои, в особенности плывуны, остаются крепкими и в чистой воде, с достаточным повышенным давлением без глиняного наслоя, если мелкий песок оказывает достаточное сопротивление проходу воды. Песочная зона вокруг буровой скважины, на которую действует повышенное давление воды, заменяет в данном случае упомянутый фильтровальный слой.

При глубоких бурениях иногда происходили обвалы буровой скважины, что объясняется тем, что не обращалось достаточного внимания на сохранение повышенного давления, или при быстром вытягивании штанговых труб недостаточно быстро заполнялся свободный объем промывной жидкостью, или же при большой быстроте вытягивания штанговых труб бур или тяжелая штанга вместе с глинистым раствором сыграли роль поршня. При поднятии под этим искусственным поршнем наступало сильное уменьшение давления водяного столба, благодаря чему уничтожалось не только повышенное давление на стены буровой скважины, но происходило даже всасывающее действие.

При бурении с плотными промывными жидкостями нужно по возможности избегать в нижней части штанговых труб образования поршней. Если вследствие буровой мути и получится образование поршня, то столб промывной жидкости ни в коем случае не должен быть прерван. Образование поршня в буровых скважинах с малым диаметром вследствие быстрой вытяжки штанговых труб, из-за склеивания тяжелой штанги, или буре при бурении шахт, не имеет места. Добавление к промывной воде для получения плотной промывной жидкости вещества с большим удельным весом дает возможность получить повышенное давление, которое в свою очередь предоставляет возможность работать в областях с высоко лежащей почвенной поверхностной водой, без обсадки трубами. В крайнем случае, при таких обстоятельствах поднимают кладку в горловине шахты над грунтом и в соответствии с этим — буровую площадку.

При методе Гонигмана диаметр шахты или буровой скважины не играет никакой роли, так как повышенное давление действует на единицу площади. Также большая глубина бурения шахты не ухудшает устойчивости шахтовых стен, а, наоборот, имеет хорошее действие, так как гидростатическому давлению большой глубины противостоит повышенное давление столба промывной жидкости с большим удельным весом.

Бурение первой шахты Гонигман производил неудовлетворительным оборудованием. При первой шахте он пробовал промывку производить с помощью плунжерного насоса. Присосавшаяся к промывной струе муть должна была отлагаться, вследствие уменьшения промывной скорости, в резервуаре с большим сечением. Это приспособле-

ние не оправдало возложенных надежд, так как, несмотря на большой резервуар, песок и мусть попадали в насос и вызывали задержку.

Затем Гонигман устроил промывку по схеме Маммут-насоса. Этим он достиг хорошей промывки и смог доставать куски гравия величиной с кулак, а также винты диаметром 2,50 см и длиной в 15 см.

Для укрепления шахт при данном методе более всего подходит крепление чугунными тюбингами, а также крепление ковким железом. Гонигман часть пробуренных им шахт укрепил кольцами из ковкого железа, которые были усилены профильным железом, а часть — двойными профильными железными кольцами, с заполнением полых мест бетоном.

Еще недостаточно выдвинуто и признано преимущество для шахтного крепления метода бурения шахт в плавучих горных породах при большой глубине, когда все пробуренные горные слои остаются совершенно не тронутыми. Поставленное крепление, при безукоризненной бетонировке промежуточного пространства между внешней тюбинговой стеной и боком выработки, не несет какого-либо дополнительного, кроме теоретически вычисленного, гидростатического давления, так как какое-либо движение горных пород (перемещение, одностороннее давление и напряжение) совершенно исключено. Это преимущество при выборе метода постройки шахт для больших глубин в будущем сыграет решающую роль. Все произведенные опыты подтверждают, что если при постройке шахт в таких горных породах выбирается Гонигмановский метод, который не изменяет бывшее положение горных пород, при креплении шахт не может последовать столь опасного напряжения и всех прочих отсюда вытекающих явлений.

Ниже дается статья проф. Гейзе о новейшем развитии Гонигмановского способа шахтобурения.

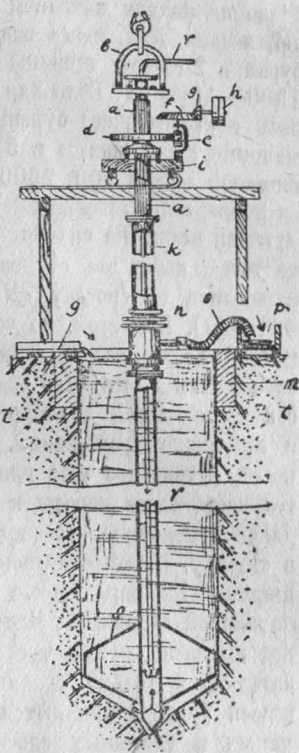
Способ, впервые указанный Аахенским владельцем рудника Гонигманом, как известно, основан на принципе глубокого бурения с интенсивной промывкой. Сперва проходят устье шахты, приблизительно до уровня грунтовой воды, и закрепляют шахту каменной или бетонной кладкой. Если уровень воды слишком близко расположен от поверхности земли, то устье шахты надстраивается соответственно выше земной поверхности. Затем приступают к бурению. При этом для предохранения от обвалов и оползания забой буровой шахты надо держать под противодавлением водяного столба, по возможности усиленного раствором в воде глины, шпата и т. п. Этот способ пригоден преимущественно для проходки шахт в плавучих песках, весьма устойчивых до тех пор, пока не будет нарушено их естественное состояние.

Слой грубого песка и гравия также устойчивы и пригодны для этого способа проходки, но в первое время процесс может сопровождаться значительным поглощением воды. В этих случаях целесообразно на короткое время прерывать работы по бурению. Очень скоро поры закрываются глиной и поглощение воды прекращается. Слой глины также в большинстве случаев хорошо предохраняется от разбухания вследствие примененного противодавления раствора.

Напротив, единичные рыхлые слои со многими, близко друг к другу расположенными и меняющимися напластованиями, могут привести к обвалам. По этой же причине и надлежит учитывать нарушения напластования и возможные пустоты в горной породе. Такие слои, в большинстве случаев, могут поддерживаться посредством повышения густоты буровой мути, но в отдельных случаях такие места должны предохраняться цилиндрами из листового железа, подвешенными при помощи лебедки на проволочных канатах. От установки такого предохранительного кольца, правда, пропадает около 20 см диаметра шахты. Но так как при начальном бурении и в процессе бурения возможно легко и заблаговременно устанавливать подобные, нуждающиеся в предохранении места, то берут с самого начала для последнего случая бурения соответственно больший диаметр.

В дальнейшем крепление забоя должно последовать лишь после того, как шахта достигла водоносных слоев. Первоначальное Гонигмановское вращающееся устройство для шахт схематически изображено на фиг. 44.

Буквой «а» обозначен железный буровой вал квадратного сечения, вращающийся в скобе «b» и передвигающийся при помощи троса вверх и вниз. Буровой вал при этом скользит через цилиндрическую шестерню «d», приводимую в движение системой шестерен «e», «f» и «g» и ременным шкивом «h». Система привода «efg» поконится на тележке бурильной машины «i». Буровой вал «а» соединен с системой пустотелых штанг «k», в которую включена вращающаяся головка «l». S — бур (сверло), на котором не изображены собственно работающие части. Буровой шлам выбрасывается через пустотелые штанги — вроде как бы насосом Маммут — подачей сжатого воздуха через трубку «г».



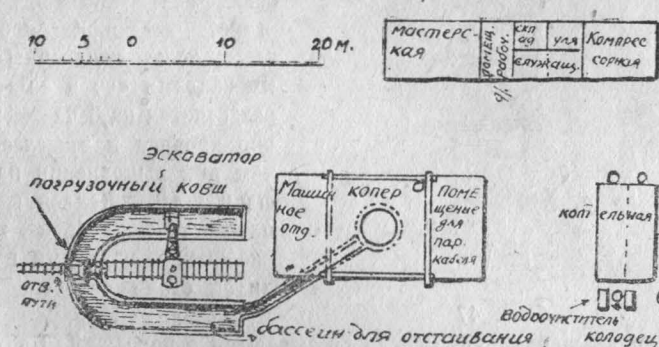
Фиг. 44

При помощи сжатого воздуха поднимающийся в штангах поток воды приобретает такую быстроту, что выбрасывает большие куски породы, весом до 20 кг и даже отдельные куски железа, попадающие в шахту. Буровая грязь вытекает через патрубок «n» в рукав «o». Глинистый раствор течет по желобу «q» в такой мере, чтобы уровень воды в шахте превышал горизонт грунтовых воды t—t приблизительно на 6—10 м.

Как только окончено бурение покрывающих горных пород и шахта достигает каменноугольных пород, она углубляется еще на 5—10 м в породы карбона, после чего шахтная крепь погружается и делается водонепроницаемой.

Способ Гонигмана после смерти изобретателя принят Западно-Рейнским обществом для глубокого бурения и шахтостроительства в Дюссельдорфе и Голландским об-вом N.O. в Арнгеме и ими же расширен и усовершенствован. Главнейшие улучшения заключаются в способе бурения, качестве бурильного инструмента, в отделке готовой шахты и усовершенствовании водонепроницаемости крепи в шахтном забое.

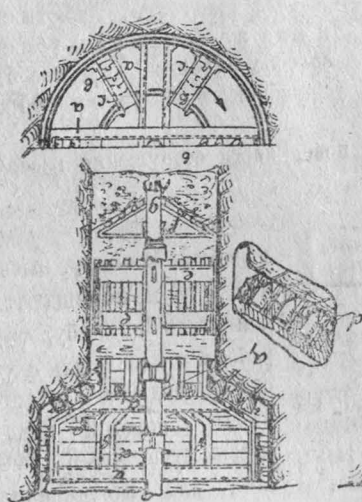
Применяемые означенным обществом на дневной поверхности сооружения изображены на фиг. 45.



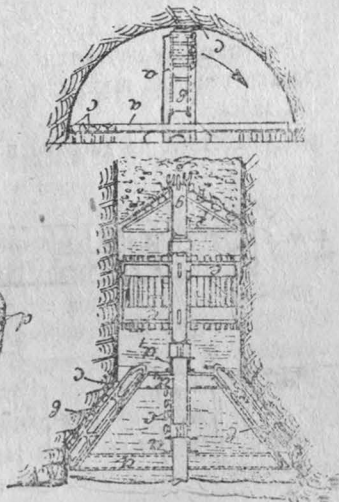
Фиг. 45. Сооружения для проходки шахт на дневной поверхности по способу Гонигмана. В двух боковых пристройках к копру, высотой в 18 м, помещаются двигатель для буровой работы и кабель для спуска и подъема штанг. Рядом с шахтой находится отсадочный бассейн для отстаивания буровой муты, из которого удаляются помощью землечерпалки и вливаются в грузовики с опрокидывающимся кузовом. Далее — необходимое для проходки оборудование: котельная, компрессор, мастерская со складом и помещение для служащих и рабочих. В последнее зремя перешли полностью к электрическому приводу. В случае применения шахтной крепи из ковкого железа, еще надо предусмотреть склады и места работ для изготовления шахтных колец, не указанных на рисунке. Особое значение имеют приборы для сгибания, сварки и приспособлений для клепки.

В последнее время бурение происходит уже не так, как указано на фиг. 44, немед-

ленно на полном конечном диаметре шахты, а с постепенно увеличивающейся шириной лезвия. Так, когда известна последовательность напластований, начинают бурить буром в 2000 мм ширины лезвия, после которого следуют буры с шириной лезвия в 1300—1500 мм. Если характер породы недостаточно известен, то целесообразно начинать с разведочного бурения, диаметром приблизительно в 700 мм. В таком случае, например, для шахты в 5,2 м диаметром в свету окажутся целесообразными буры с шириной лезвия 700, 2000, 3500, 5000 и 6500 мм. При этом каждая ступень бурится непрерывно до окончательной глубины. Отбитая порода второй ступени и нижеледующей частично спускается до окончательной глубины и поднимается наверх только тогда, когда эта ступень бурения находится настолько низко, чтобы оборудование водоотлива по способу «Маммут-насосов» схватывало спустившиеся массы (см. фиг. 46 и 47). При этом, по возможности, устраивают так, чтобы прилегающие к выработанной части шахты слои глины наполнялись разрыхленным песком вышележащих слоев. Этим достигается более легкое бурение в слоях глины, потому что введенный песок смешивается с отбуренными массами глины и препятствует заклеиванию бура и закупорке промывания. Преимущество ступенчатого бурения заключается, прежде всего, в том, что уже при первом бурении можно точно установить род и последовательность слоев породы и при дальнейшей работе можно это принимать во внимание. Далее с помощью отвеса можно установить возможные отклонения буровой скважины в сторону, которые подпорками штанг легко исправить при бурении лезвием большей ширины. Расширительное бурение тогда без затруднения идет по направлению первоначальной скважины. Наконец, при ступенчатой проходке шахты ни бур, ни его привод не подвергаются чрезвычайному напряжению, так как всегда одновременно обрабатывается только сравнительно небольшое пространство шахтного забоя. Вращающиеся буры применяются в различных видоизменениях, с одной стороны, для песчаных и глиняных слоев и, с другой — для твердой породы. В первом случае (фиг. 46) концы расположенных на-крест поперечных балок «а» и «а¹» соединены



Фиг. 46



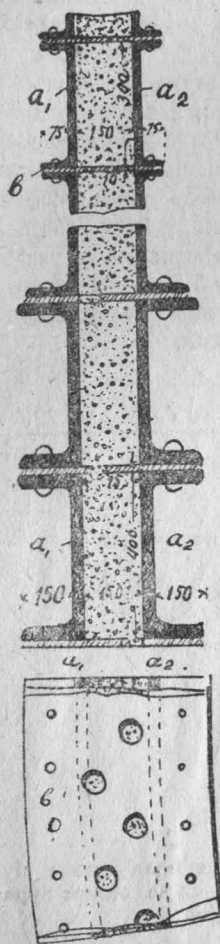
Фиг. 47

поставленным наклонно-плоским железом «b», поддерживающим ножи «с», которыми снимается порода. В твердой породе работают с помощью сменяемых сверл (фиг. 47). Оборудование, поддерживаемое здесь, тоже поперечными балками «а» и «а¹», разделяется на 6 частей; оно прочнее и тяжелее, чем при выполнении на фиг. 46. Наклонные плоскости прибора «b» снабжены роликами из литой стали «e», снабженные каждый несколькими стами сверл «d». При вращении бура сверла врезаются в породу. Для обработки площади круга или кольца, ролики (Rollen) располагаются на отдельных балках на различном расстоянии от центра круга. Таким образом удастся размельчать даже твердый песчаник карбона. В случаях, указанных на рис. 46 и 47, буры направляются помощью цилиндрической коробки «e», приспособленной к устью шахты.

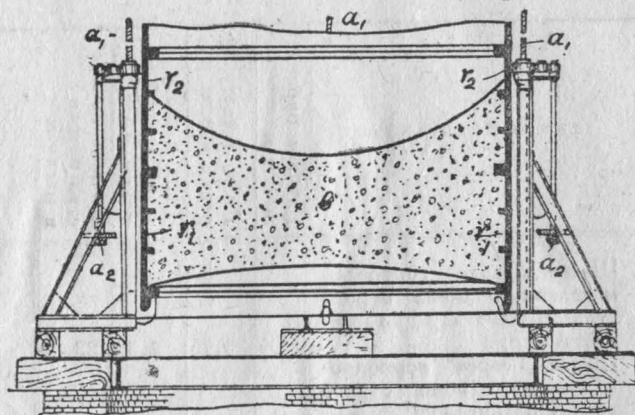
Разрыхленная в мелочь порода доставляется к всасывающему отверстию Маммунг-насоса смешивающим буром «f». Если в ломких породах встречаются твердые глыбы, то они разбиваются помощью ударной бабы, устанавливаемой между поперечными балками бура.

Крепление может быть обычное, т.-е. из чугунных колец. Так шахта «Адольф» у Штрейффельда, имеющая 4,5 м диаметра в свету и пройденная способом бурения, закреплена на 155 м глубины таким чугунным кольцом.

В виду того, что крепление шахты на поверхности можно поддерживать снаружи, достижение особо хорошей водонепроницаемости не представляет затруднений. Более дешевым и прочным по сравнению с креплением чугунными кольцами, является крепление из ковкого железа. Для узких и неглубоких шахт было бы достаточно закрепить стены листовым железом, подкрепленным коробчатым железом, края которого сварены или склепаны. Для шахт большего диаметра и более значительной глубины Западнорейнское шахтостроительное общество для глубокого бурения применяет крепление, составленное из коробчатого железа. На фиг. 48, например, изображена двойная стена из коробчатого железа, где обе стены «а» и «а²» соединены в одно целое горизонтальным железом с отверстиями «в». Отдельные кольца изготавливаются электрической сваркой концов коробчатого железа, между тем, как фланцы насаженных друг на друга колец соединяются между собой надежно и прочно гидравлически поставленными клепками. Промежутки между обоями стенами забивается бетоном. Такое крепление обладает сопротивляемостью, многим превосходящей простое кольцевое крепление в сравнении с возникающим от одностороннего давления напряжением.



Фиг. 48

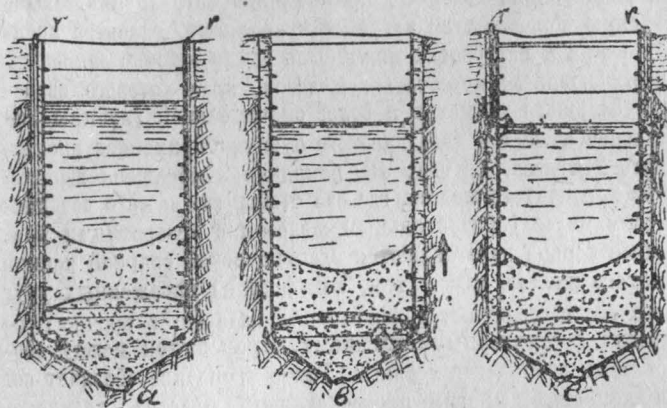


Фиг. 49

фиг. 49 изображено, каким образом постепенно опускаются шахтные кольца «а¹» и «а²». По опускании на длину винтового шпиделя домкрата, штанги укрепляются непосредственно над устьем шахты и, после отвинчивания винтового шпиделя, удлиняется наставлением дальнейшей части. Таким образом крепление опускается до тех пор, пока кольцо не начнет плавать. С этих пор опускание домкраты излишни и дальнейшее опускание происходит помощью добавления водяного балласта при одновременной надстройке новых колец. Как только самое низкое кольцо шахты дошло до уровня 1 м над забоем шахты (фиг. 50-а) — опускание прерывается. Помощью трубопроводов «г», установленных между наружной стенкой обшивки и шахтным забоем, нижнюю часть шахты заполняют цементным раствором и немедленно опускают шахтную стену в свежий раствор (фиг. 50-в). Цемент поднимается между стеной и забоем шахты, наполняет пространство до 8—10 м и таким образом осуществляет водонепроницаемое присоединение к водоносному слою. Затем оставшееся кольцевое пространство наполняется через трубопроводы «г»

цементным раствором (фиг. 50-с). По затвердении набивки, шахта углубляется и временное бетонное дно удаляется.

Гонигман сам по своему способу проходил с успехом в Аахенском районе и в Голландии 11 шахт, глубиной от 108 до 190,4 м, диаметром в свету от 2,65 до 4,5 м. После того, как Западно-Рейнское шахтостроительное об-во для глубокого бурения



Фиг. 50

взяло на себя выполнение этого способа, было пройдено еще 7 шахт, диаметром до 4,8 м и глубиной до 195 м.

Нижеследующая таблица дает пояснение об этих последних шахтах (см. табл. № 22).

К этому прибавляется шахта, в которой проходческие работы еще не закончены. Это шахта «Аребек» союза «София Якоби», у Гюкельговена, проходившаяся с успехом с диаметром в 7,3 м при глубине в 390 м и при диаметре в 5,5 м до глубины в 428 м, но которая по хозяйственным причинам еще не закончена. Наполненная водой шахта стоит в течение многих лет фактически без крепления.

Таблица № 22.

Название шахты	Глубина буровой шахты м	Диам. в свету бурения шахты м	Диам. в свету закрепленной шахты м	Среднее количество метров в месяц м	Примечание
1. Шахта „Карла“ горнопромышленного об-ва бурого угля „Циллингдорф“ в нижней Австрии	95	3,75	3,30	22,25	—
2. Шахта „Георга“ горнопромышленного об-ва бурого угля „Циллингдорф“ в Нижней Австрии	98	3,75	3,30	15,73	—
3. Вентиляционная шахта „А“ горнопромышленного об-ва бурого угля „Циллингдорф“ в Нижней Австрии	118	2,00	1,50	32,50	Вентиляционная шахта бурится только с одним буровым уступом.
4. Вентиляционная шахта „В“ горнопромышленного об-ва „Циллингдорф“ в Нижней Австрии	108	2,00	1,50	32,73	Вентиляционная шахта бурится только с одним буровым уступом.
5. Шахта II об-ва „Вольф“ в Кальбе на Заале	125	2,70	2,00	22,60	—
6. Шахта „Адольф II“ Эшвейльского горнопромышленного об-ва в Штрейфельде	155	5,30	4,50	7,01	Это шахтостроительство падает в период забастовки Рурской борьбы 1922-1923 г.
7. Шахта III союза „Гюкельговен“	195	6,00	4,80	10,13	Шахта остановлена и потребовалась установка предохранения в трехмесячный срок, не зачисляемый во время бурения.

Указанное общество в общем расценивает месячную производительность и стоимость метра шахты нижеследующим образом:

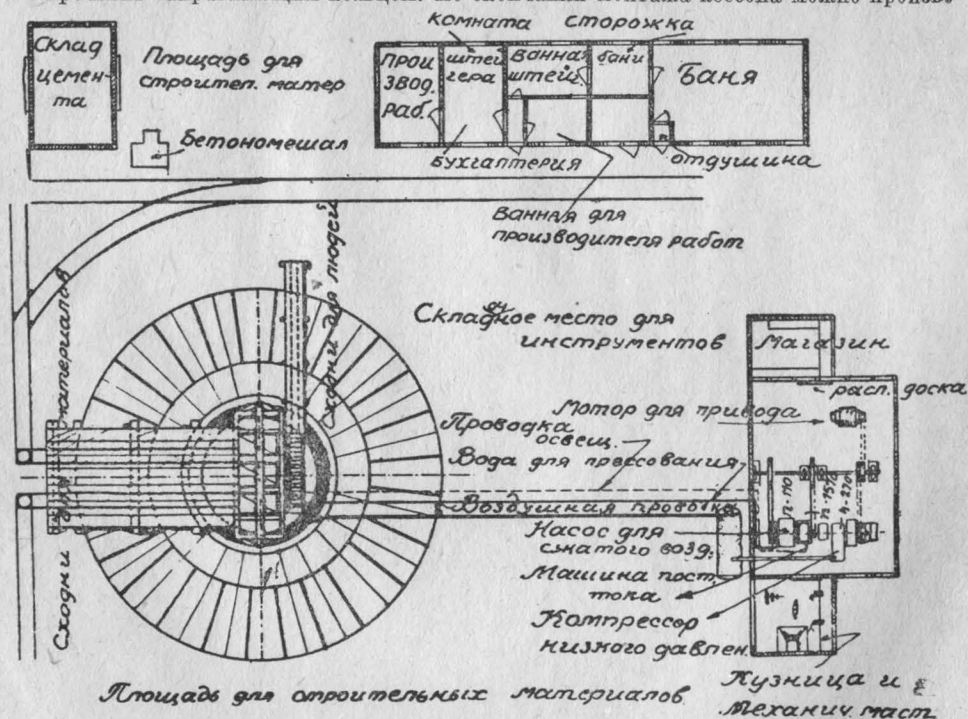
Таблица № 23.

Глубина	Месячн. произв.	Стоимость шахты, в зависимости от диаметра, включая железное крепление
до 100 м	15—20 м	2000—3500 герм. мар.
100—200 "	10—12 "	3500—5000 " "
200—350 "	9—11 "	5000—7000 " "
350—500 "	8—10 "	7000—10000 " "

Диаметр шахты в свету	5,50 м
Глубина шахты	35,00 м
Толщина стен	2,5 кирпича
Слой горной породы—плавучие пески.	

Проходка шахты помощью кессона должна начинаться рытьем котлована по откосу до уровня надземной воды и установкой в него кессона в собранном виде (фиг. 51) (см. на стр. 101).

Кессон для шахты диаметром 6,80 м целесообразно снабдить 14-ю гидравлическими домкратами, обладающими мощностью не менее 30-40 тт. Эти домкраты всегда работают равномерно, когда они объединены в группы по семи штук и отделены от стены прочным направляющим кольцом. По окончании монтажа кессона можно произво-



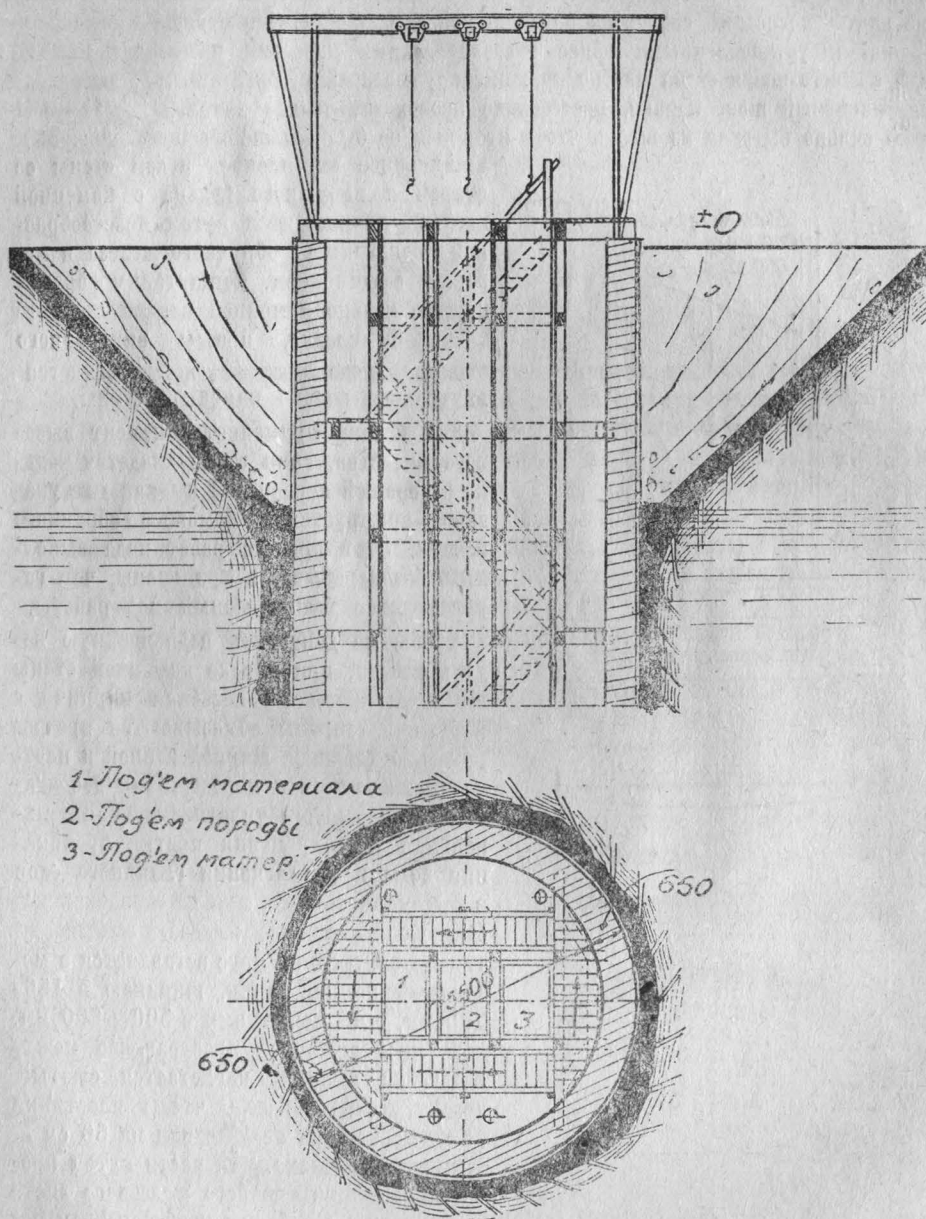
Фиг. 52.

дить каменную кладку верхней части шахты до поверхности, подняв предварительно 14 поршней во всех домкратах.

На поверхности над шахтой строится площадка из прочных балок, имеющая по середине отверстие для под'ема горной породы. Сбоку устраиваются 2 отверстия для

¹⁾ Перевод с немецкого Х. Дубау из материалов Гемайншафтсгруппе Фрелих Кляунфель—К. Дейльман.

спуска и под'ема материалов. На соответствующем месте делается отверстие для входа на лестницы с противоположной стороны шахты.

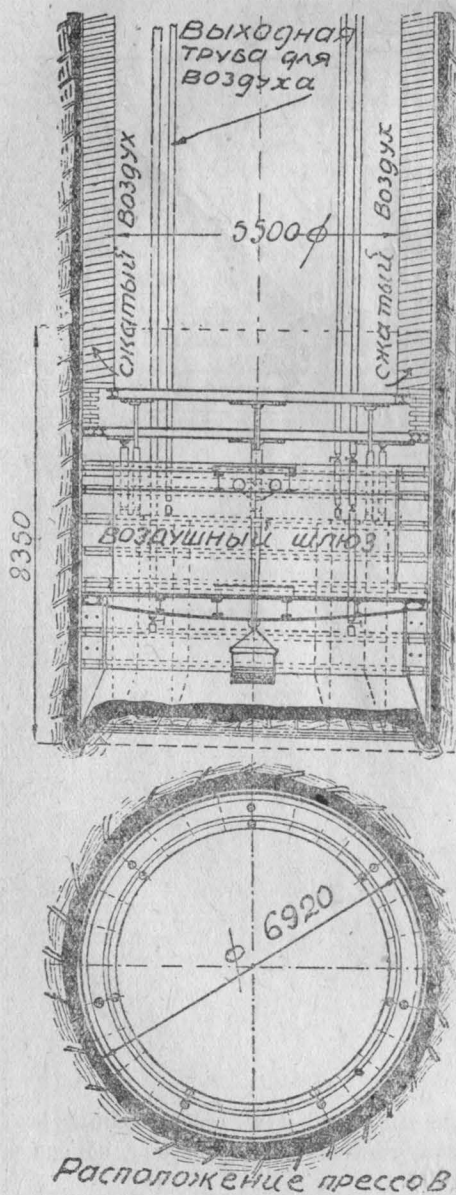


Фиг. 51

На этой рабочей площадке устанавливается под'емный кран, оборудованный двумя тележками и электрическими блоками для обслуживания выдачи породы, под'ема и спуска материалов (фиг. 52) (см. на стр. 100).

Камера для сжатого воздуха устанавливается в середине кессона, чтобы использовать прочный железный пояс кессона. После того как каменная кладка будет достаточно прочной, установленные прессы приводятся в действие для вдавливания кессонов в грунт. Это вдавливание происходит при одновременной уборке породы вокруг режущего башмака, вследствие чего весь кессон погружается в почву. Ввиду того, что кессон устанавливается на уровне подпочвенной воды, остановка или движение камеры для сжатого воздуха должны производиться одновременно с первой проходкой.

Если кессон вдавлен в почву на 1,25 м (в зависимости от условий почвы), то после этого 7 прессов, поставленных снаружи, останавливают и начинают класть крепление вновь. Последний слой этой новой каменной кладки особенно сильно насыщают раствором и установленными ранее гидравлическими прессами производят нажим, вследствие чего новая стена плотно прижимается к старой и образуется абсолютно водонепроницаемый шов. Однако, прессование происходит только с такой мерой, чтобы раствор сильно вытекал из шва и чтобы этот шов не был больше обычного (фиг. 53).



Фиг. 53

Анкерное скрепление новой стены со старой и наружного кольца с каменной кладкой производится путем целесообразной прокладки из обручного железа и хорошим соединением. Когда таким образом нужное кольцо каменной кладки прижато к старой кладке, прессы внутреннего кольца поднимаются и изготавливается внутреннее кольцо каменной стены.

Для кладки применяется цемент высокого качества, сама стена кладется только с хорошей перевязкой и—как уже указано—армируется с помощью обручного железа. Этот процесс работ надо выполнять без перерыва, в три смены, чем гарантируется непрерывный ход работы.

Чтобы не допустить подпочвенную воду в кессон, при кладке каменной стены все прилегающие к кессонам кирпичи с наружной стороны обмазываются предварительно хорошей, жирной глиной и плотно прижимаются к породе. Этим достигают благонадежного уплотнения. Для дальнейшего предохранения против проникания воды и размягчения глиняного слоя в кессонном кожухе, при изготовлении последнего из листового железа, уложенного в три яруса, средний ярус вставляется в металлические пластинки, шириною в 150—200 мм, с промежутками в 500—600 мм.

В промежуточное пространство между листовым железом нагнетается сжатый воздух таким образом, чтобы пластинки до конца кессона не доходили на 50 см до режущего башмака. Эти части путем просверливания внутреннего железного листа соединяются с рабочим пространством под шлюзом. Сжатый воздух проникает через эти отверстия до конца кессона и оттесняет подпочвенную воду, находящуюся там, препятствуя размягчению глиняного слоя и обеспечивая одновременно легкое безопасное скольжение кессона по наружной стороне шахтной стены.

Направление кессона в желаемом отвесном направлении облегчается имеющимися прессами, давление которых можно регулировать, смотря по надобности. Кроме того длинный конец кессона имеет большое преимущество, которого нельзя недооценивать для отвесного хода кессона, и, во всяком случае, препятствует значительному уклону от отвесного положения.

После полного монтажа оборудования по этому методу можно рассчитывать на суточную производительность в 1,00 м и следовательно можно ожидать, что проходка в 30-35 м в плавучей породе будет закончена в течение 2-х месяцев.

Смета для проходки шахт в плавучей породе по способу с сжатым воздухом

А. Общие данные

Диаметр шахты в свету 5,50 м
Глубина шахты 35,0 м
Толщина стен 2,5 кирпича
Слой породы—плавучие пески.

Б. Стоимость

1) Оборудование для закладки шахт на поверхности, включая постройку довольно больших размеров сооружения для сжатого воздуха с таким же запасным и подъемным оборудованием. Установка и доставка всех машин и предметов оборудования на место работ, поставка кессона, включая воздушную камеру, гидравлическое оборудование и все прочие работы, потребные до закладки первой шахтной стены¹⁾.

Общая сумма 42.500 герм. мар.

2) Ок. 5,00 м готовой шахты, согласно прилагаемым чертежам (фиг. 54-56) имеющей 5,5 м в свету, при каменной кладке в 2,5 кирпича, включая доставку всех материалов и уплотнение, а равным образом все побочные работы, без применения сжатого воздуха и произведенные отвесно в открытом котловане за 1 м герм. мар. 2.200—всего 11.000.

3) Около 30 м готовой шахты, отвесно изготовленные помощью кессона с применением сжатого воздуха по 3.400 герм. мар. за 1 м. Всего 102.000 герм. мар.

4) Разборка места постройки и отвозка инструментов 8500 герм. марок.

Итого германских марок 164.000.

Таким образом метр шахты обходится

$$\frac{164.000}{35,00} = \text{кругло } 4.700 \text{ герм. марок.}$$

¹⁾ Кессон не вынимается, а остается в грунте.

Выписки из справочной книги Siemens „Handbücher B. Band Elektrizität im Bergbau“¹⁾

„Водоотлив при проходке шахт“

При проходке новых шахт водоотливные насосы предназначены для откачивания подпочвенной воды, кроме того их применяют и для откачивания затопленных шахт. Во всех случаях работа их протекает при крайне неблагоприятных условиях. Центробежный насос с вертикальным валом и электрическим приводом, по сравнению с другими системами, вследствие своей подвижности, является самым подходящим для горных работ, а поэтому приобрел большое значение. В данное время эта система насосов почти единственно находит применение как при проходке новых шахт, так и при откачивании затопленных.

Если бы при проходке шахт поршневыми насосами использовать электрическую энергию для привода их в действие, то отпали бы присущие паровым насосам отрицательные свойства, но не отпадет еще один их недостаток: постоянное движение самого насоса вперед и назад во время работы. Благодаря этому, будучи подвешен в шахту, насос не сохраняет покойного положения. Кроме того паровой насос имеет большой вес и малое число оборотов, благодаря чему он забирает большое количество песка. При проходке же шахт имеет прежде всего большое значение спокойное положение насоса, малый его вес и сбережение места. Электрический вертикальный центробежный насос не имеет указанных недостатков парового насоса и потому является выгодным. Насосы эти требуют упрощенного ухода за ними и при постоянном числе оборотов мотора дают возможность держать одинаковый уровень воды.

Параллельно с откачиванием шахтовых вод посредством электрического насоса, в данное время возникает еще вопрос о подъеме воды по системе Томпсона. Однако эта система имеет большие недостатки, подлежащие преодолению, в особенности при большом количестве воды. Первым недостатком будут расходы на приобретение и эксплуатацию мощной подъемной машины для подъема воды, а вторым — необходимость в отводе большого места в самой шахте для большой емкости бадей, в которых вода поднимается на поверхность и направляющие которых занимают значительное пространство сечения шахты. Поэтому этот способ откачки воды применяется при проходке шахт только в особо исключительных случаях.

Электрическому водоотливному насосу без всякого основания приписывается сильная изнашиваемость, вследствие неизбежного загрязнения насоса откачиваемой водой. При правильном подборе всасывающей коробки, предохраняющей насос от грубых засорений, и при правильной конструкции, из лучшего материала, направляющих и рабочих колес, износ их не будет чрезмерным, во всяком случае, не будет так велик, как при равной работе износ дорогостоящих клапанов поршневых насосов. Если же вследствие незначительности притока воды увеличится засорение насоса песком, или мелкой породой, то вредные последствия от износа направляющих и рабочих колес возможно уменьшить, имея в запасе, во избежание перерыва в работе, достаточное количество запасных частей. Безусловно выгодно иметь всегда в готовности полный комплект запасных частей к насосу, чтобы, в случае надобности, иметь возможность,

¹⁾ Перевод с немецкого А. Днепрова.

не приостанавливая при проходке шахты водоотлива, обменять износившиеся части новыми. Кроме того, этим самым будут предотвращены нарушения в водоотливе, при внезапной и непредвиденной прибыли воды. При проходке шахт вообще рекомендуется выбирать водоотливные насосы не слишком малой мощности, чтобы в самый кратчайший срок иметь возможность выкачать из шахты ту воду, которая накопилась на почве за время паления, когда насосы были подняты наверх.

Преимущества центробежных насосов выявляются в полной мере лишь в том случае, когда вся установка их (самый насос, мотор и приспособление для подвешивания) была произведена с большой тщательностью. Это особенно необходимо, потому что насосам при проходке шахт предъявляются большие требования. От насосов отчасти зависит безопасность работ. Установка насосов должна быть тщательно выполнена даже при самых тяжелых условиях, сопутствующих работе насосов.

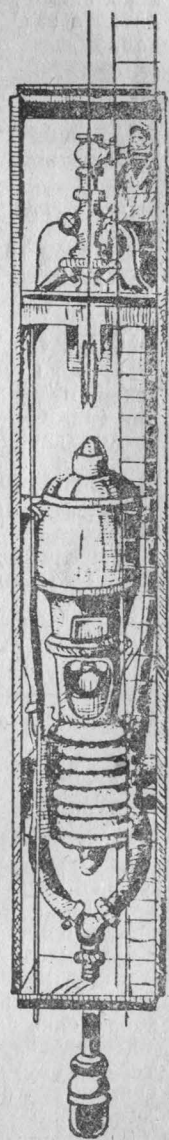
Тип насоса

Смотря по количеству воды и высоте подъема центробежные насосы бывают одно или много ступенчатые. Вал насоса устраивается в вертикальном направлении, чтобы насос занимал как можно меньше места шахтного сечения. Вода подается в насос снизу, поднимается через отдельные ступени и оставляет насос под надлежащим давлением. Рабочие колеса включаются постепенно, несложным приемом. Это дает возможность использовать насос на незначительной вначале глубине, при малом давлении вверх, с уменьшенным числом ступеней. Одна или несколько ступеней вначале вместо рабочих колес снабжаются холостыми вставками. По мере углубления эти холостые вставки постепенно заменяются рабочими колесами.

Части насоса, подвергнутые износу, прежде всего рабочие и направляющие колеса, изготавливаются из вязкой бронзы, состав которой зависит от содержания солей и механического загрязнения воды. Все вращающиеся части насоса уравниваются в самом насосе, так что подшипники разгружены. Подшипники снабжены автоматическими масленками. Приводной мотор устанавливается с верха насоса и привинчивается к нему чугунною соединительною частью. Насос присоединяется к валу мотора упругим и легко разъемным сцеплением (фиг. 54). Число оборотов в минуту у насосов обыкновенно 1500 или 3000. При очень большом количестве воды число оборотов уменьшается до 1000 или 750 в минуту.

Весь набор монтируется в прочной раме из профильного железа. В защиту от падающих при падении предметов или кусков породы, рама снабжается как сверху, так и снизу, деревянным дном. Для обслуживания насоса устраиваются особые помосты, которые доступны с устроенной по всей длине рамы лестницы. Насос висит на проволоочном троссе, который проходит через блок, установленный на поперечнике рамы. Один конец тросса прикрепляется к головке копра, а второй проходит через шкив шахтного копра к лебедке, посредством которой насос поднимается и опускается.

Насос в шахте направляется по направляющей всасывающей трубе, примыкающей к насосу снизу. Эта труба имеет длину 8 м и снабжена в конце всасывающим хрипком для предупреждения засорения насоса. Напорные трубы выводятся из насоса по обеим сторонам мотора сверху и там оканчиваются тройником, на котором устроены возвратный и моторный клапаны. Сюда примыкает напорный став из особо легких, стальных или ковкого железа, флянцевых труб. Став находится между двумя ветвями каната и прикрепляется к ним в вертикальном положении по обеим сторонам хомутами специальной конструкции.



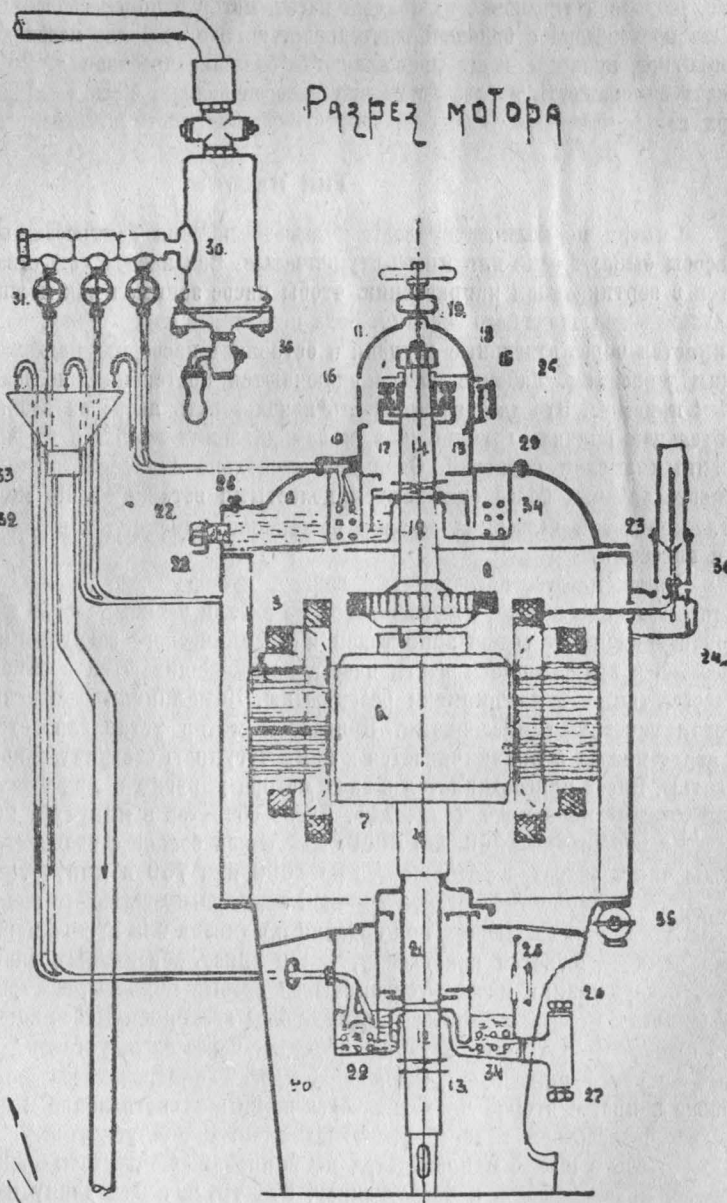
Фиг. 54.

Мотор проходческого насоса

Электрическое снаряжение для этих насосов, принимая во внимание неблагоприятную рабочую обстановку, потребовало особой проработки. На основании многочисленных испытаний завод «Сименс-Шуккерт» создал для этого особые конструкции, которые вполне отвечают всем предъявляемым требованиям.

В качестве мотора при проходке шахты может быть применен только мотор трехфазного тока, как мотор короткого замыкания. Моторы с контактными кольцами и мо-

1. Кожух
2. Смойки статора
3. Обмотка статора
4. Вал
5. Втулка ротора
6. Желез. обшив-ка ротора
7. Стерж. ротора с кольцами короткого замыкания
8. Вентилятор
9. Крышка кожуха
10. Подшипник
11. Крышка подшипника
12. Червич. подача масла
13. Кольцевая гай-ка
14. Букса подшипника
15. Опорная букса
16. Опорный шариковый подшипник (нижнее кольцо, верхнее кольцо и набор шариков)
17. Кольцевая гайка
18. Гайка с подклад-ышем и шилик-то м
19. Запирающий хо-мут с прессую-щим винтом.
20. Нижняя рама
21. Букса подшипника
22. Сосуд для мас-ла
23. Покрышка ка-бельного ввода
24. Покрышка ка-бельной коробки
25. Каплеуказатель
26. Маслопровод
27. Выход масла
28. Перелив масла
29. Отверстия для наблюдения за вентиляцией ро-тора
30. Очиститель ох-лажд. воды



Фиг. 55

31. Регулировочные краны
32. Трубопровод для подвода охлад. воды

33. Трубопровод для спуска охлаждающей воды
34. Шланга охлад-

35. Спускные краны
36. Кабельный саль-ник с основны-м кольцом и гайкой

1) Шланги охлаждения пристраиваются только при большом числе оборотов у больших моторов.

торы постоянного тока имеют в контактных кольцах, т.-е. в коллекторах, чувствительные части, которые не выдержат грубой рабочей обстановки в сыром рудничном воздухе при поверхностном уходе.

Моторы для проходок шахт, принимая во внимание большую влажность шахт, устраиваются в совершенно закрытом кожухе. Моторы снабжаются охлаждающим приспособлением для отвода теплоты, образующейся в обмотках и железе; необходимая для этого вода получается от первой ступени насоса. Охлаждающая вода омывает все части кожуха, для чего в кожухе устроены каналы. В самом моторе устроен вентилятор, который придает воздуху определенное движение, направляя нагретый у статора и ротора воздух к охлажденным стенкам кожуха. Во избежание закупорки охлаждающего кожуха в провод охлаждающей воды пристраивается фильтр. Кроме того в нижних местах охлаждающей поверхности пристраиваются спускные краны, посредством которых время от времени спускается накопившаяся муть.

Если насосом откачивается вода с большим процентом содержания щелочи, непригодная для охлаждения мотора, то охладитель должен быть снабжен водою с поверхности чрез особый водопровод. При длительных перерывах необходимо следить за тем, чтобы в охладителе мотора не оставалась вода, так как в противном случае вода может замерзнуть и повредить кожух. Обмотка статора у этих моторов производится очень тщательно, в соответствии с условиями работы.

Хотя мотор этот совершенно закрыт со всех сторон, все-таки под водою он работать не может, так как вода может проникнуть в мотор через неизбежные неплотности и через нижний подшипник. Особенное внимание обращается на установку мотора. Верхний подшипник изготавливается как опорный шейковый шарикоподшипник и принимает на себя тяжесть ротора. Как этот, так и нижний подшипник, служащий только для направления, смазываются автоматически. Подшипники мотора не предназначены для принятия тяжести ротора насоса и поэтому конструкция насоса, вернее ее установка, должна быть так выполнена, чтобы принять тяжесть ротора насоса на себя. Автоматическая смазка подшипников производится червячной подачей.

Кабель с поверхности примыкает к водонепроницаемому кабельному перекрытию, помещенному к вертикальной раме насоса, и снабжен амперметром. Перекрыватель пристраивается к раме насоса таким образом, чтобы возможно было наблюдать за амперметром со стороны регулирующей заслонки насоса. Ток к мотору подводится тремя исходящими от перекрывателя кабеля проводами, с резиновой изоляцией отдельных жил. Чтобы предохранить жилы от прикосновения, их укладывают в общую с мотором газовую трубку с водонепроницаемым винтовым запором. На фиг. 55 изображен разрез нормального мотора.

Напряжение

Выбирая мотор, целесообразно будет при небольшой производительности остановиться на моторе с напряжением до 500 В. При большей же производительности — до 3000 В. Этим самым устраняется необходимость в кабеле со слишком большим сечением и выгадывается как в весе, так и в цене. Не подлежит, конечно, сомнению, что моторы для проходок могут быть изготовлены и более сильного напряжения, например, до 5000 и 6000 В. Но изготовление кабелей для проходки при таком высоком напряжении сопряжено с трудностями, почему и следует ограничить напряжение моторов ниже 3000 В.

Заводом Сименс-Шуккерт сконструирован ряд моторов для проходок (см. табл. на стр. 108).

Кабель для проходок

С поверхности ток подводится к мотору специальным кабелем. Кабель этот на поверхности наматывается на кабельный ворот и оттуда проводится через направляющий шкив, пристроенный к шахтному козлу, — к мотору в шахту. При опускании в шахту подвесного насоса, а также при подъеме насоса во время паления, кабель должен наматываться или сматываться с ворота. Поэтому кабель должен быть особенно гибким. Вследствие этого он не имеет свинцовой обливки и армируется для предохранения

Таблица № 24.

Мощность В		Число оборотов в минуту	Напряжение В	Вес—нетто кг	Коэффициент действия %	Фактор мощност. кос. f
КВ	Л/сил					
Ч и с л о о б о р о т о в 1500.						
18,5	25	1440	500—1000	500	88	0,85
37	50	1460	500—1000	890	89,5	0,86
55	75	1465	500—1000	1000	91	0,87
74	100	1465	500—2000	1380	91	0,88
110	150	1470	500—2000	1600	91,5	0,88
165	225	1475	500—3000	2440	92	0,89
220	300	1485	1000—3000	3000	92	0,89
295	400	1485	1000—3000	4300	92,5	0,89
Ч и с л о о б о р о т о в 3000.						
18,5	25	2910	500—1000	470	88	0,86
37	50	2915	500—1000	860	89	0,87
55	75	2920	500—1000	940	90	0,88
74	100	2935	500—2000	1270	91	0,89
110	150	2945	500—2000	1430	91,5	0,89
165	225	2955	500—3000	2200	92	0,89
258	350	2960	1000—3000	2900	92,5	0,89
370	500	2960	1000—3000	4000	93	0,89

от повреждений, смотря по сечению, или круглой стальной проволокой, или же проволочным жгутом из тонкой стальной проволоки. Будет, конечно, целесообразно, если диаметр ворота и шкива будет, по возможности, большой, чтобы избежать излишней нагрузки кабеля.

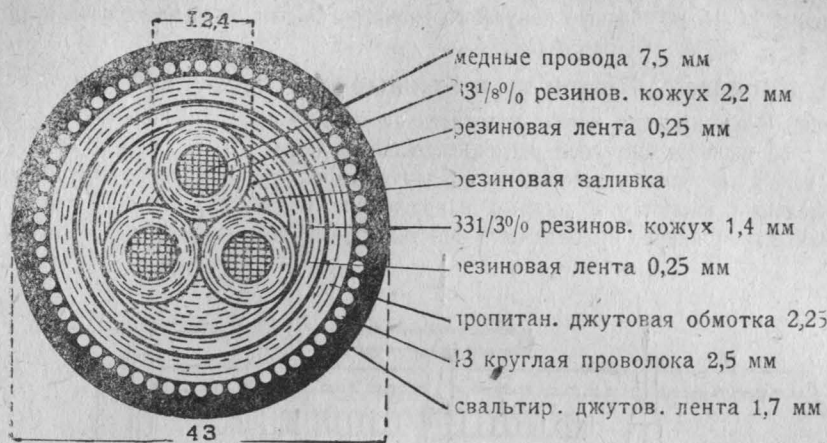
Кабель должен сбегать с ворота таким образом, чтобы он в том же направлении и той же поверхности изгиба проходил бы по шкиву. По преимуществу кабель присоединяется к подвесному канату насоса так, что часть тяжести кабеля передается по длине на этот канат, но прочность его должна быть рассчитана на свободный спуск и подъем из шахты. Сообразно с этим должна быть рассчитана проволочная армировка кабеля из круглой проволоки или проволочного жгута.

Кабель изготавливается следующим образом. Основная часть кабеля состоит из трех оцинкованных медных проводов, каждый с 33,33 проц. резиновой изоляцией, толщина которой зависит от напряжения. Вокруг резиновой изоляции обмотана прорезиненная лента из бумажной ткани. Эти три медных провода скручены между собою, причем промежутки заполнены 33,33 проц. раствором резины. Вокруг изолированных проводов и слоя резины снова наложена оболочка из резины, толщиной в 0,25 мм, а сверх этого импрегнированная джутовая оболочка в 0,25 мм толщиной. Сверх этой джутовой оболочки находится арматура, предназначенная для подъема кабеля. Она состоит у кабеля меньшего сечения из стальных круглых проволок приблизительно в 2,5 мм, а у кабеля большего сечения—из жгута из тонкой стальной проволоки. Над этой армировкой находится еще протянутая через известковый раствор джутовая обмотка. На фиг. 56 и 57 изображены поперечные разрезы двух кабелей, причем на фиг. 56 изображен 3-х жильный кабель в $3 \times 25 \text{ мм}^2$ для напряжения в 2000 В., а на фиг. 57—кабель в $3 \times 150 \text{ мм}^2$ для напряжения в 750 В. В большинстве случаев в кабеля укладываются еще два провода, посредством которых возможно привести в действие находящееся на поверхности в распределительном ящике приспособление для разобщения напряжения.

Кабельный барабан

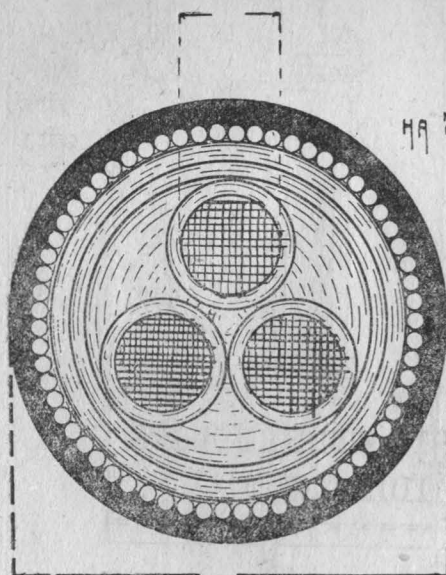
Часть кабеля, находящаяся на поверхности до полной проходки шахты, намотана на барабан. Ток подводится через прикрепленную к барабану головку контактного кольца, содержащую 3 контактные кольца для трех жил кабеля; и 2 контактных коль-

Пороходческий кабель на 2000 вольт сечением 3X25



Пролодческий кабель

на 250 вольт. сечением 3x125.



оцинкованная медн. провод 56x12x0,4 мм
вкладыш 33,3% резинов. 2,8 мм
вкладыш из резиновой ленты
33,3% резинов. кожух 1,6 мм
вкладыш из резиновой ленты
пропитанная джутовая обмотка
асфальтиров. — — — — —
пропитанная, запаянная резиной
круглая проволока 4x(2x1/2 мм).

Фиг. 56 и 57

на для находящихся в кабеле вспомогательных проводов. Соединение головки контактного кольца с распределительной установкой или ступенчатым включателем и пусковым трансформатором, производится преимущественно через кабельную проводку и кабельную концевую заделку. Кабельный барабан приводится в действие ручным кривошипом и зубчатой передачей на барабан. Такой кабельный барабан возможно применять только в том случае, если кабель прикреплен к трубопроводу. Если кабель по всей длине свободно висит, то вместо барабана применяется лебедка с несколькими контр-приводами, двойным зубчатым зацеплением и двойными тормозами, в соответствии с требованиями горного надзора. На фиг. 58—кабельная лебедка с электрическим приводом через один контр-привод с тормозом.

Кабель прикрепляется к краям стенок кабельного барабана или лебедки хомутами. Для возможно большей разгрузки места прикрепления кабеля последний три раза обертывается вокруг барабана и эти обороты потом уже не разматываются.

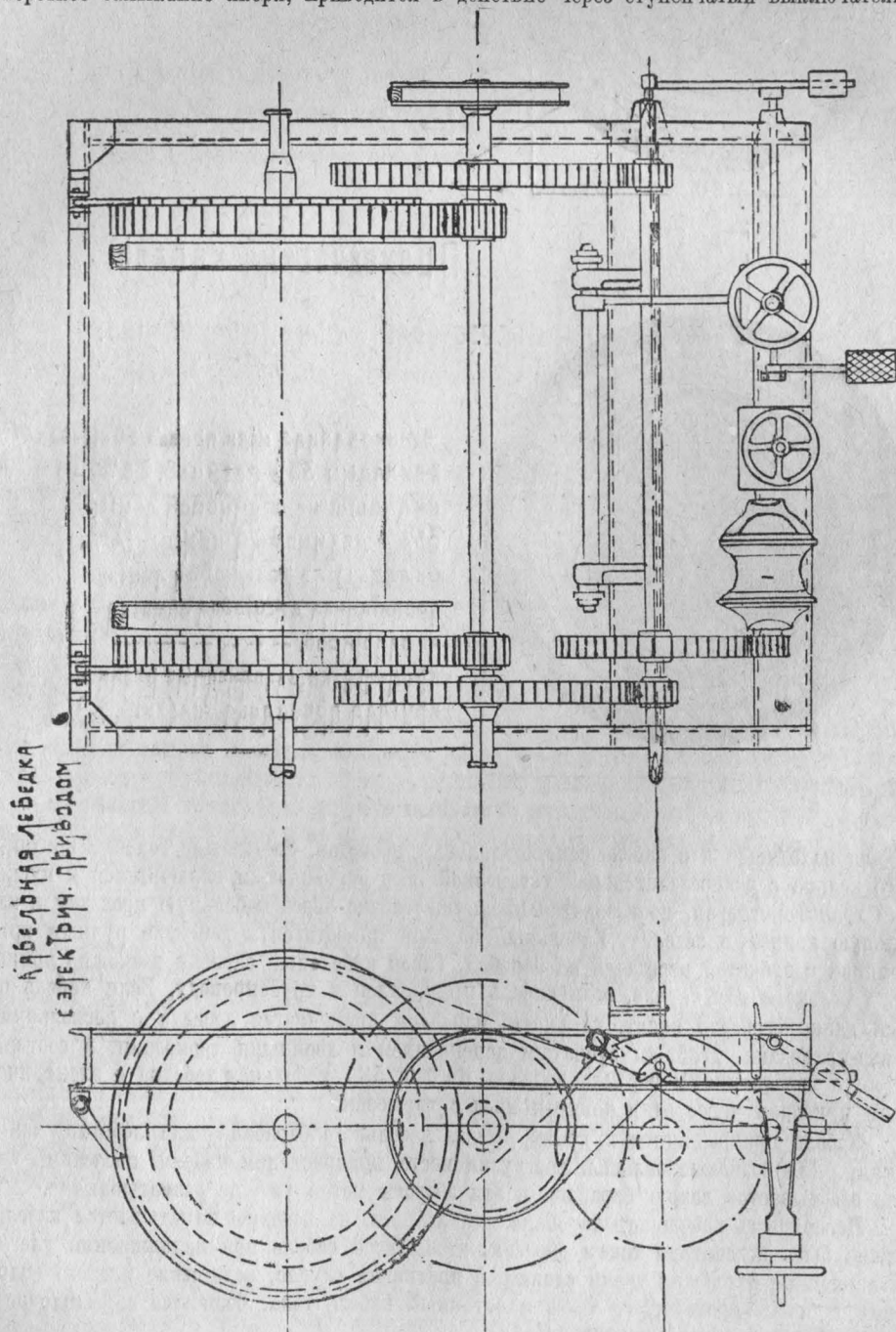
Поверхность кабельного барабана или лебедки, на которую наматывается кабель, должна быть подсчитана таким образом, чтобы весь кабель при наложении улегся бы на ней не более как тремя слоями, в противном случае, вследствие плохого излучения теплоты, проходящего через намотанный кабель тока, возможно ожидать чрезмерного нагрева и повреждения кабеля.

Диаметр кабельного барабана, а также и диаметр направляющего шкива в копре, должен быть в 24-25 раз больше наружного диаметра кабеля, чтобы избежать излишней нагрузки на кабель при наматывании.

Пусковые и распределительные приспособления

Эти приспособления для мотора находятся на поверхности; для включения в сеть применяется совершенно закрытый распределительный ящик.

При малой производительности и низком напряжении применяются, конечно, распределительные ящики для низкого напряжения. Мотор, сконструированный на короткое замыкание якоря, приводится в действие через ступенчатый выключатель и



Фиг. 58

пусковой трансформатор. Ступенчатый выключатель имеет три положения: положение покоя, пуска в ход и рабочее положение.

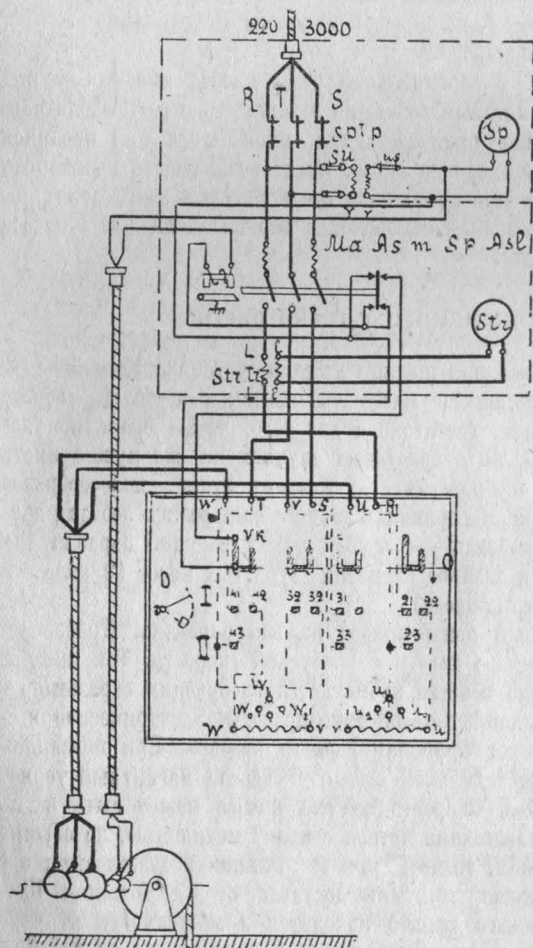
Пусковой трансформатор — масляный трансформатор и включен на дифференциальное соединение; для пуска мотора он имеет точку присоединения с половинным напряжением. Ступенчатый выключатель и пусковой трансформатор, при малой производительности, помещаются в общем ящике.

Распределительное устройство при насосной установке

При пуске мотора через ступенчатый выключатель он включается предварительно на половинное напряжение и должен развить с насосом в течении от 0,5 до 0,75 минут полное число оборотов. В это время запорная заслонка должна быть закрыта. Как только мотор развил полное число оборотов, он посредством ступенчатого выключателя включается на полное напряжение сети, тогда только возможно приступить к постепенному отрыванию заслонки насоса, беспрестанно наблюдая за указателем как, приделанным к концу замыканию.

Лишь при пуске в ход возможно определить, развил ли мотор, в течение указанного выше времени безупречную скорость. Поэтому при трансформаторе предусмотрены еще несколько точек присоединения, благодаря которым возможно, в случае если мотор при половинном напряжении не развил достаточную скорость, переключить его на 1-ю ступень выключателя, переводя его на высшее напряжение. Мотор, при половинном напряжении, может развить приблизительно около 25 проц. нормального момента. Если еще принять во внимание потерю напряжения в проводах к мотору, то необходимо считаться с тем, что при половинном напряжении только 20 проц. оборотов мотора могут быть использованы для пуска насоса. В большинстве случаев этот незначительный, смотря по конструкции насоса, недостаточен, но, в зависимости от условий, может потребоваться большой момент разбега мотора.

При нормальном напряжении в 60 проц. пусковое напряжение достигает при пуске 36 проц. нормального момента мотора. Таким образом имеется полная возможность, посредством заключения через трансформатор, в случае надобности, увеличить



AS выключатель.
Ma AS m Sp Asl — максимальный выключатель с раз'единителем
S — предохранитель
Sp — вольтметр
Str — указатель тока
Sp Tr — трансформатор напряжения
St Tr — трансформатор тока
T — разделитель
Vk — замыкающий контакт
O — остановка
I — пуск
II — действие

Фиг. 59.

пусковой момент мотора. Воспринимание тока, по включении мотора на половинное напряжение сети, равняется приблизительно 2,2 кратному нормальному току мотора.

Ступенчатый выключатель и распределительный ящик соединены между собою таким образом, что совершенно исключают неправильное присоединение. Масляный выключатель может быть установлен в распределительном ящике только тогда, когда ступенчатый выключатель приведен в нулевое положение. Выключение производится посредством масляного выключения в распределительном ящике. Фиг. 59 показывает нормальное пусковое включение проходческого мотора. Если напряжение сети больше, чем напряжение мотора, то является необходимость во включении трансформатора между сетью и пусковым трансформатором, но имеется возможность использовать этот трансформатор и как пусковой трансформатор.

Как видно из схемы соединений, у вертикальной рамы насоса имеется водонепроницаемый натяжной выключатель, которым возможно разомкнуть в распределительном ящике ток напряжения посредством приспособления, имеющегося при масляном выключателе. Этим путем лицо, обслуживающее насос, имеет возможность выключить мотор с места нахождения насоса. Это приспособление соединяется в распределительной установке на поверхности с натяжным выключателем вертикальной рамы насоса особым, проложенным в кабеле, проводом.

Лебедка для вертикального спуска насоса

Подъем и спуск насоса производится при помощи лебедки, устанавливаемой рядом с копром. Во время работы по проходке шахты насос подымается и опускается обратно только на незначительное расстояние, достаточное для того, чтобы временно удалить насос из сферы влияния паления, но в некоторых случаях все же нужно иметь возможность вытянуть весь агрегат на поверхность. Поэтому будет целесообразно иметь лебедку с электрическим приводом. По правилам горного надзора эти лебедки должны иметь барабан, а фрикционные лебедки — особый наматывающий барабан для подымаемого каната, двойные тормоза и двойное сцепление зубчатых колес (2 колеса и 2 механизма для одного и того же контр-привода).

Мотор работает через многократный контр-привод на вал барабана. Производительность его зависит от веса подымаемого насоса и требуемой скорости. Так как агрегат подвешан к свободному блоку, то вес его исчисляется следующим образом: половина веса мотора + насос + наполненные водой трубопроводы. Электрическое напряжение кабельной лебедки соответствует правилам горного надзора. При внезапном перерыве напряжения во время работы кабельной лебедки, через магнитный тормоз накладывают предохранительный тормоз. Скорость подъема насоса может быть очень малая, что рекомендуется в целях задалживания мотора с малой мощностью, но обычно предполагают скорость в 1,5 до 3 м/мин, так что при нормальном подвешивании агрегата к свободному блоку скорость движения каната достигает от 3 до 6 м/мин. Ширина барабана для применения подъемного каната находится в зависимости от глубины шахты, причем канат, конечно, может быть намотан в несколько слоев. Для определения размера каната также необходимо взять половинный вес мотора + насос + наполненный водой трубопровод. При таком подсчете достаточно каната 6-ти кратной прочности.

Проект Щегловской шахты № 1

(Подъемная и вентиляционная шахты)¹⁾.

Геологическая часть

Местом закладки проходимых шахт «Щегловская № 1» является Восточный склон Моджухинских гор. Эта область в геологическом отношении подробно исследована, в особенности относительно аллювиально-дильuviальных отложений и карбона. По отдельным разведочным линиям геологического комитета сделан ряд буровых скважин, из которых буровые скважины № 3, 5 и шахты Щегловская № 1 расположены приблизительно на той же линии по простиранию, как угольные пласты. Буровые скважины встретили нижеследующие слои:

Буровая скважина № 3

0—27,0 м глина
27—30,0 м песок
30—32,0 м галечник
32—38,5 м галечник
Ниже 38,5 м карбон

Буровая скважина № 5

0—27,0 м глина
27—31,0 м песок
31—37,0 м галечник
Ниже 37,0 м карбон

Обе буровые скважины расположены на линии с северо-запада на северо-восток на удлинении которой лежат Щегловские шахты. В шахте «Щегловская 1» встречаются приблизительно следующие слои, если предполагать, что соотношение в слоях на линии простирания равномерно (фиг. 60):

0,29,0 м глина (аллювиальные и дильuviальные отложения)
29—32,0 м песок
32—37,0 м галька (речная)
Ниже 37,5 м породы карбона

Для проходки шахт в этой области аллювиальные и дильuviальные отложения приобретают, благодаря своей водоносности и отдельному напластованию, особое значение.

Точнее можно установить 5 слоев, в которых проходят 2 водоносных яруса:

1. Слой перегной.
2. Песчаная глиняная почва.
3. Толубая глина.
4. Зеленосерый песок.
5. Галечник.

Верхний водоносный слой проходит внутри первых 4-х слоев, нижний находится в зависимости от слоя галечника.

Ввиду того, что в нижнем слое галечниковый песок не превышает 0,5 мм., дело, вероятно, касается илистых песков. Горизонт подземных вод имеет различный характер. Нижний слой находится под довольно сильным давлением, действует артезианским образом и очень производителен. В верхнем слое меньше воды, но все же достаточно для питания нескольких сотен колодцев. До сих пор не выяснено, имеют ли оба горизонта между собой водоносную связь. Кроме того, еще не подтверждено, получает ли слой галечника свой запас воды из слоев карбона, которые тоже очень водоносны. Все же главные водяные жилы карбона связаны с пластами. Благодаря тому, что шахты

¹⁾ По материалам германской фирмы Гемайншафтсgruppe (Фрелих и Кляупфель—К. Дейльман).

На основании этих соображений, для первой части шахты, проходящей через аллювиальные и дилuviальные слои, предлагается способ замораживания, для второй части шахты, находящейся в карбоне, — способ цементации, а там, где приходится проходить толстые слои глины и где цементация может быть не совсем удачной — применяется проходка с насосами.

Аллювий и дилувию доходит до 37,5 м. (см. фиг. № 60), но в целях большей уверенности в удачном выполнении шахты способами замораживания, трубы должны проходить на глубину до 47,5 м.

Цементация угольных пород производится из шахтного забоя (дна шахты).

Крепление шахт

Для крепления замороженной части шахт принимаются два способа:

1. Крепление тюбингами с заложением сзади слоем бетона;

2. Крепление кирпичами заложением сзади слоем асфальта, кирпича и глины.

Последний способ крепления был применен фирмой Стефан, Фрелих и Кляпфель в водообильных плавучих песках шахты «Игнау» в Мариенберге, у Острау в Моравии в 1924 г.

В общем можно сказать, что крепление тюбингами, благодаря высокой стоимости тюбингов, обходится дороже кирпичного крепления. Однако крепление тюбингами почти вполне гарантирует водонепроницаемость, между тем как этого нельзя сказать о креплении кирпичном.

После подробных обсуждений верхнюю часть шахты на глубину 51,5 м, пройденную способом замораживания, предполагается закрепить в 2,5 кирпича с укладкой за ними слоев асфальта, кирпича и глины.

Нижняя часть шахты с 53,80 до 150,00 мм. закрепляется в 2 кирпича и заполняется сзади слоем гравия толщиной в 20 см. На случай дополнительного крепления тюбингами в слоях с сильным притоком воды стена шахты отступает назад на 25 см. Если приток воды становится таким сильным, что породу зацементировать нельзя и закладка кирпичем не возможна, то предусмотрено крепление тюбингами.

Если позднее понадобится производить цементные работы, в стене будут установлены отдельные трубы для цементации.

Необходимое для замораживания шахт количество фригорий (единиц холода)

Подъемная и вентиляционная шахты

Руководствуясь предполагаемым напластованием пород, изображенным на фиг. 60, и основываясь на предполагаемом содержании воды в отдельных породах, определили среднее содержание воды замораживаемых слоев породы.

Таблица № 25.

Глубина	Горная порода	Содержание воды в % (предположено)
0—29,0	Глина	21
29,0—32,0	Песок	38
32,0—37,5	Галечник (плавуч. порода) .	40
37,5—50,0	Глинистый сланец (карбон) .	18
	Предполагаемое среднее содержание воды	23,3

Далее был определен специфический вес пород в 2,038 по нижеследующей таблице:

Таблица № 26.

Глубина в метрах	Горная порода	Специфический вес
0—29,0	Глина	1,7
29,0—32,0	Песок	1,9
32,0—37,5	Гравий (речник)	1,86
37,5—50,0	Глинистый сланец (карбон)	2,82
Специфический вес .		2,038

В предположениях, необходимых для определения размера замораживающей установки шахты замораживания, специфический вес не играет слишком большой роли в разных слоях породы, подлежащих проходке.

Точно также различие в специфической теплоте не имеет большого значения. Гораздо важнее предполагаемое количество воды, которое играет большую роль в подлежащих проходке горных породах. Ввиду того, что скрытая теплота должна быть уничтожена для превращения воды в лед, процентное содержание воды имеет решающее значение. В данном случае содержание воды предполагается 23,3 проц.

Это относительно высокое содержание воды представляет, в соответствии с нашим многолетним опытом, надежную базу для исчислений потребной единицы теплоты. Можно с уверенностью предположить, что действительное содержание воды будет на несколько процентов ниже. Ввиду того, что средний специфический вес породы исчисляется в 2,038 и содержание воды принято в 23,3 проц., то 1 куб. м породы содержит 1560 кг сухой породы и 478 кг воды.

Диаметр круга замораживания должен составлять при креплении шахты кирпичем 11,5 м. В гидрологическом отзыве было указано, что водообильный слой угольных пластов Кемеровского рудника давал температуру 6,4°.

Принимая во внимание указание, что средняя температура на поверхности летом составляет + 20° С, можно предположить, что средняя температура на глубине замораживания составляет + 9° С. Если далее принимать за основу, что центр шахты с диаметром в 6 м теоретически не должен замерзать для облегчения проходки, то образующийся вокруг каждой трубы замороженный цилиндр имел бы диаметр в 5,5 м.

Фактически, однако, замороженный цилиндр не будет образовываться концентрически к трубной оси, а, наоборот, средняя ось цилиндра будет сдвигаться в сторону шахтного центра, потому что излучение в сторону центра шахты менее значительно, чем в сторону свободной породы. Однако, для дальнейшего исчисления это передвижение оси не должно приниматься во внимание. Если же мы еще раз составим сводку данных, то получим нижеследующую картину:

Диаметр шахты в свету	5,75 м
Среднее содержание воды	23,3 %
Средняя температура	+ 9° С
Конечная температура замороженного кольца	-20° С
Средний специфический вес породы	2,038
Специфическая теплота породы	0,2
" " воды	1,0
" " льда	0,5
Скрытая теплота воды	7—9 кал/кг.
Диаметр выемки породы для туббингов, включая бетонную закладку	6,82 м
Для основного конца, включая бетонную закладку	7,35 мм
Для кирпичной кладки	8,13 м

Внутренний диаметр замороженного столба:

Для каменной кладки $11,5 - 2,2,75 = 6,0$ м

Внешний диаметр замороженного столба:

Для каменной кладки $11,5 + 2 \times 2 = 15,5$ м.

Глубина замороженной зоны 47,5 м.

Превращение водоносной породы в замороженное состояние происходит в 4-х ступенях:

- I ступень: охлаждение породы от $+9^{\circ}\text{C}$ на -20°C .
- II ступень: охлаждение воды от $+9^{\circ}\text{C}$ на 0°C .
- III ступень: превращение воды с 0°C в лед в 0°C .
- IV ступень: охлаждение льда с 0°C на -20°C .

В пределах этих 4-х ступеней происходит исчисление требующихся калорий нижеследующим образом:

I ступень: кал.	$1560 \times 0,2 (20+9) \cong$	9040 калорий.
II ступень: кал.	$478 \times 9 \cong$	4680 калорий.
III ступень: кал.	$478 \times 79 \cong$	37700 калорий.
IV ступень: кал.	$478 \times 0,5 \times 20 \cong$	4870 калорий.
Всего калорий . . I—IV		56290 калорий.

Это установленное количество калорий доказывает, что из каждого кубического метра замораживаемой породы должны быть взяты 56300 калорий.

Следовательно для получения общего количества отводимых калорий надо исчислить размеры замораживаемых цилиндров:

$$\text{ам.} - \frac{(D^2 - D^2)}{4} \text{ П. Н} = \frac{(15,5^2 - 6^2)}{4} \text{ П. } 47,5 = 7600 \text{ куб. м.}$$

Всего надо отнять из породы $56300 \cdot 7600 = 427.000.000$ калорий.

Ввиду, того, что посредством излучения и проводки до места употребления теряется большая часть калорий, следует делать добавление в 85-100 проц. Если мы берем неблагоприятную цифру в 100 проц., то необходимо отнять 854.100.000 калорий.

Так как устанавливаются два компрессора для замораживания, каждый по 200.000 калорий в час, каждый час можно удалить 400.000 калорий.

Следовательно срок замораживания исчисляется по

$$\frac{854.100}{400.10^3} = 2135 \text{ часов} = 90 \text{ дней} = 3 \text{ месяца.}$$

Специфическое использование погонного метра трубы замораживания в отношении отводимого количества теплоты исчисляется нижеследующим образом: устанавливаются 38 труб замораживания с наружным диаметром в 133 мм.

Объем трубы замораживания равняется $V=0,418$ м.

При длине в 47,5 м каждая труба имеет поверхность в — 19,9 кв. м, 38 труб замораживания имеют площадь охлаждения $F=756$ кв. м.

При 200.000 кал. в час получается специфическая подвергаемость одного кв. м поверхности трубы $v=264$ калорий в час.

Буровая установка для труб замораживания Щегловской шахты № 1

Общие сведения

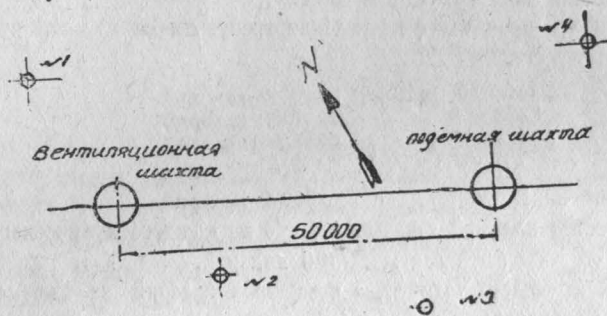
Главный и вентиляционный стволы Щегловской шахты № 1 должны углубляться до 50,00 м по способу замораживания. Для установки труб замораживания требуются буровые скважины. Чтобы установить, какие слои породы придется проходить, проводят две разведочных скважины. Помимо того, в каждой шахте необходимо бурить среднюю буровую скважину.

Для замораживания необходимо 38 скважин, из которых 34 проходятся ударным бурением с промыванием скважин густым раствором до глубины 47,5 м. Остальные 4 скважины выполняются с помощью колоньевого бурения от 0 до глубины 38,5 м. и ударным бурением от 38,5 до 47,5 м. Расположение буровых скважин изображено на фиг. 61.

Закрепление буровых скважин трубами

Как видно из плана, изображенного на фиг. 62, для закрепления буровых скважин обеих шахт предусматриваются нижеследующие звенья обсадных труб:

Это исчисление сделано с тем предположением, что, после установки труб для замораживания, обсадные трубы опять вынимаются и применяются для крепления следующей скважины.



15 м, то-есть начиная с глубины в 25 м, закрепляются продырявленными трубами.

Для двух разведочных буровых скважин обеих шахт предусмотрено крепление трубами диаметров 178/167 мм.

Бурение скважин для замораживания производится по способу ударного бурения с промывкой буровых скважин.

9500 10000

РАЗВЕДочНАЯ
БУРОВАЯ СКВАЖ.
№1.
9/ ВЕНТИЛЯЦИОН.
ШАХТЫ.

РАЗВЕДочНАЯ
БУРОВАЯ СКВ.
№4
9/ ПОДЪЕМОЙ
ШАХТЫ.

16000 16000

БУРЕНИЕ
КЕРНА

9500 11000

СКВАЖИНА
В СРЕДИНЕ
1000

13500 7250

РАЗВЕД. буров.
СКВ. №2.
ВЕНТ. ШАХТЫ.

РАЗВЕДоч. буровая скв.
№3.
ПОДЪЕМОЙ. ШАХТЫ.

цами длиной в 200 мм, каждая штанговая труба имеет длину в 5000 мм.

118

Над рессорной клеткой расположен шкив для поворачивания бурового каната. Буровой канат, диаметром в 20 мм, состоит из проволок 0,7 мм Φ . Он с одной стороны прикреплен к буровому коромыслу, с другой стороны намотан на барабан бурового станка.

Как показано на фиг. 63, установлено 3 буровых станка, они приводятся в работу от общей трансмиссии с помощью ремней.

Приводными моторами для трансмиссии служат два электромотора трехфазного тока мощностью в 68 лошадиных сил при напряжении в 220 вольт, 50 периодов, с числом оборотов 970 в минуту. Этой же трансмиссией приводятся 3 промывных насоса.

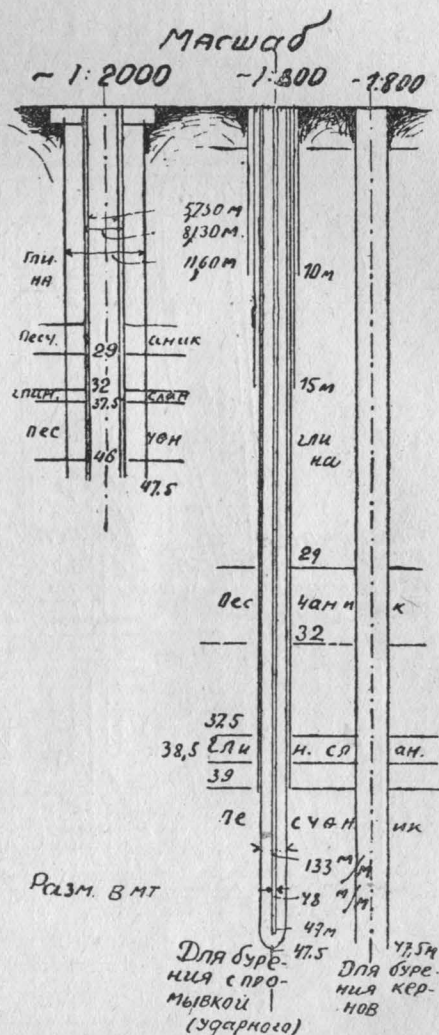
Промывные насосы являются плунжерными насосами двойного действия с шаровыми клапанами производительностью до 75 л в минуту при давлении з 10 атм. Они снабжены всасывающими и нагнетательными воздушными камерами, а равным образом — манометрами.

Глина для густой промывки размельчается глиномялкой, тоже приводимой в движение через трансмиссию.

Изготовленная из глины, смешанной с водой, густая промывка, средний специфический вес которой должен равняться 1,33, с помощью насосов подводится через шланговые проводки и промывной голландер к буровым штангам, и через промывные отверстия сзерла поступает в буровую скважину. Сильным промывающим током бассейна для отстаивания буровая мука выводится наружу.

Грязь, выходящая из бурового отверстия, подводится к бассейну для отстаивания. В первом отделении осаживается большая часть буровой мути, дальнейшая очистка происходит во 2-м отделении, между тем как густая промывка из 3-го отделения, после добавления глины до желательного специфического веса, всасывается насосом и снова нагнетается в буровую свалжину.

Четыре буровых скважины для замораживания выполняются колонковым буре-

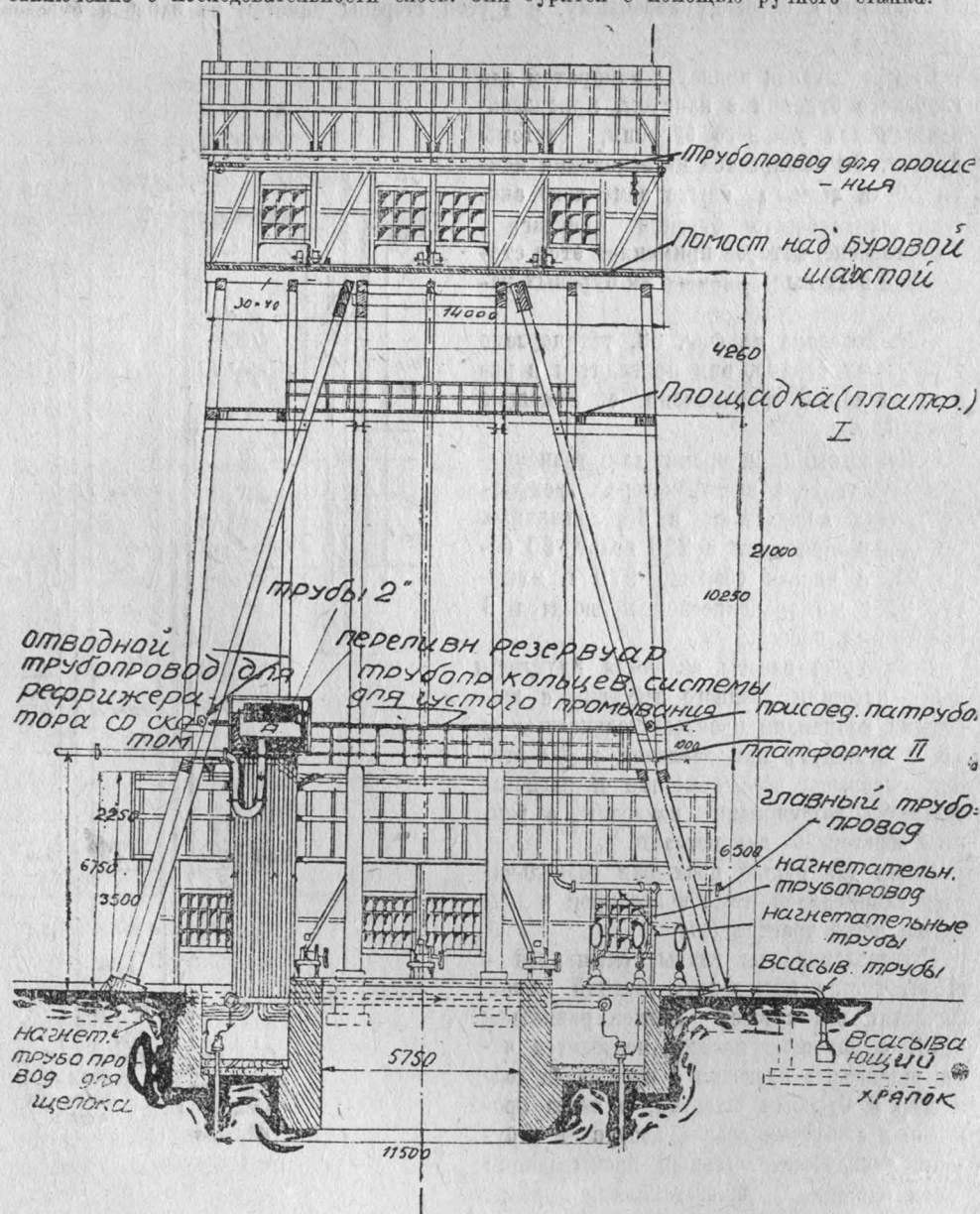


Фиг. 62

нием. Для этой цели предусматривается буровой станок с ременным приводом. Этот буровой станок передвигается по уложенным рельсам.

Для самого бурения применяются буровые коронки Φ в 133 мм. Бурение производится стальной дробью № 0 и 00. Для особенно твердой породы предусмотрены 3 зубчатых коронки в 133 мм Φ .

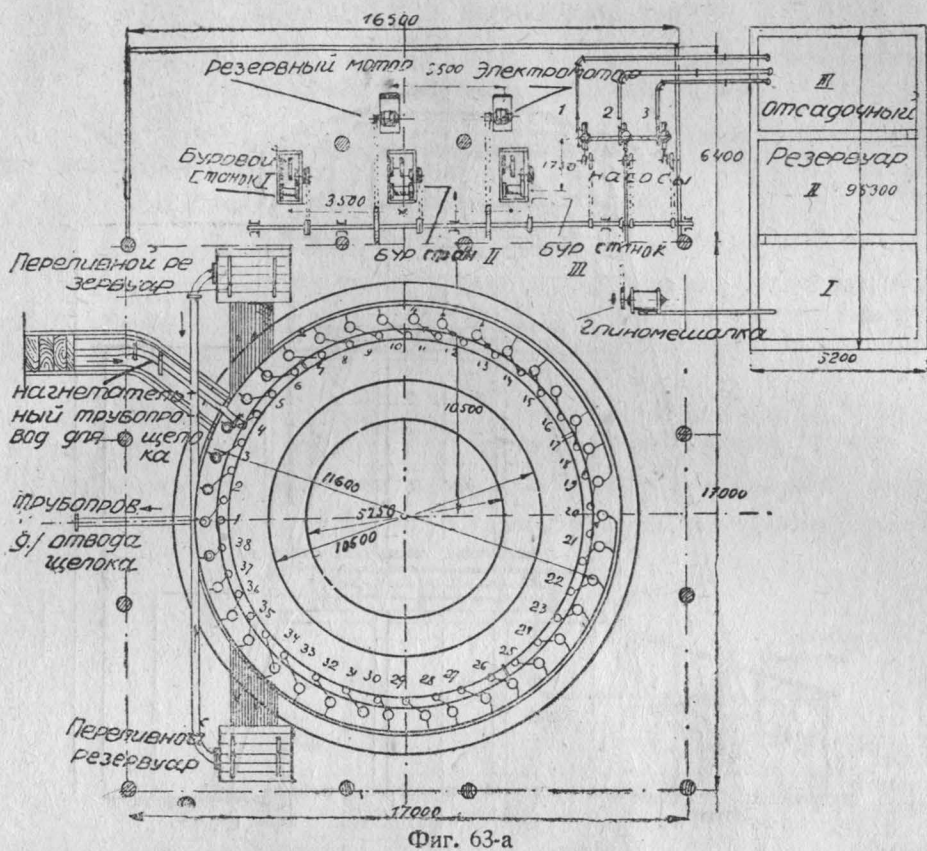
Разведочные буровые скважины, как показано на ситуационном плане (фиг. 61), закладываются по падению обеих шахт, чтобы результаты дали возможность сделать заключение о последовательности слоев. Они бурятся с помощью ручного станка.



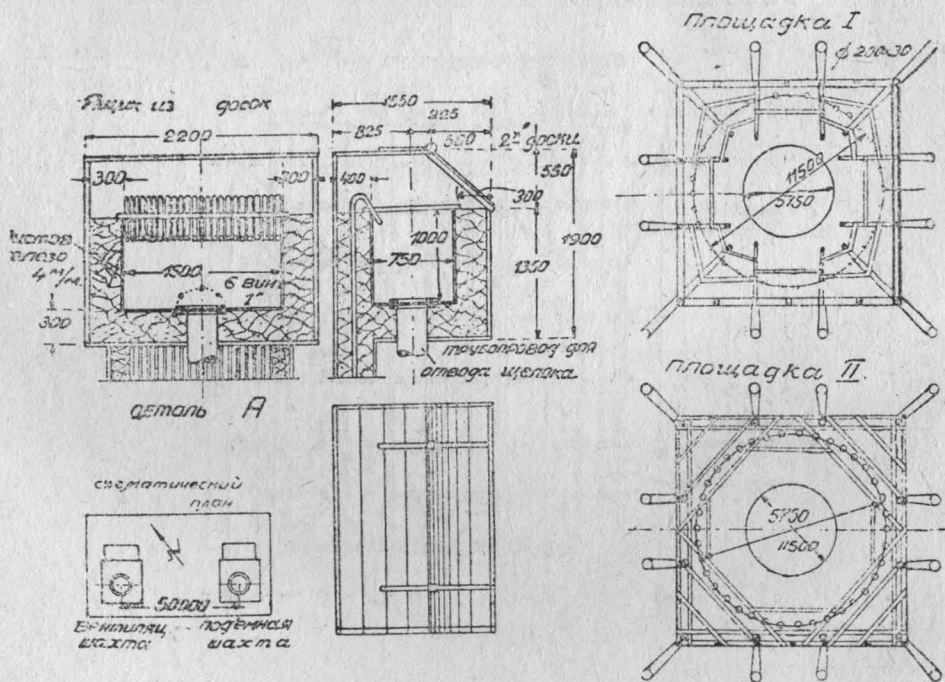
Фиг. 63

Для травления каната служит небольшой ручной ворот с двойной колесной передачей и тормозом для грузоподъемности в 1500 кг. Работа производится с промывкой буровых штанг, которые с помощью скобы прикрепляются к канату диаметром 13 мм.

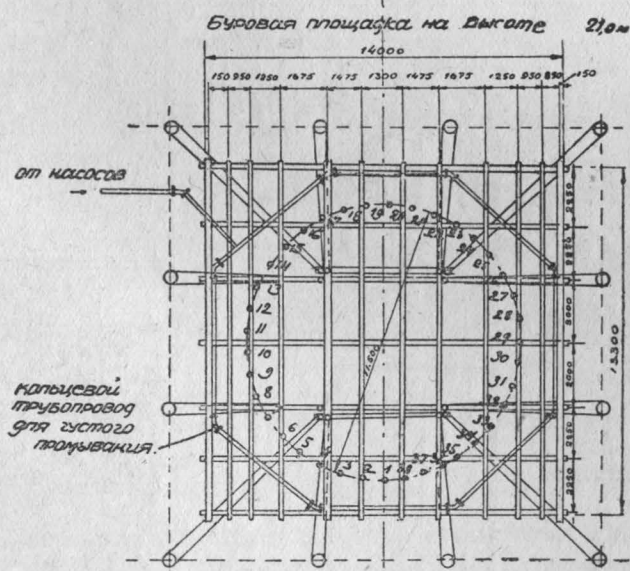
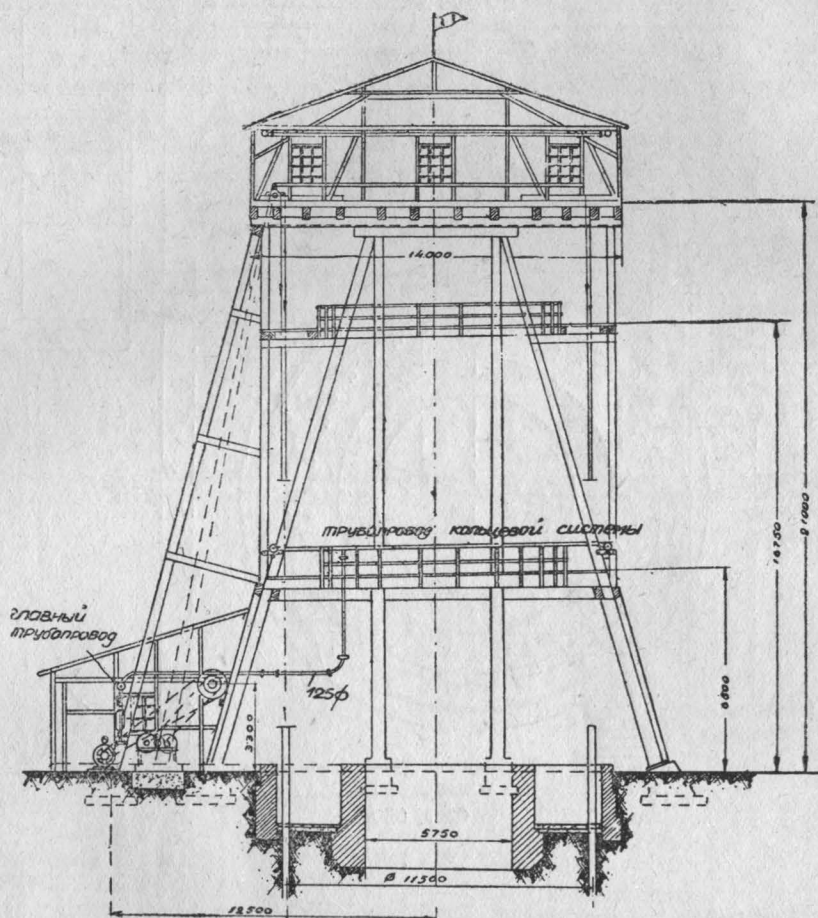
Канатный шкив прикрепляется к треноге, состоящей из мачт, длиной в 9500 мм. при толщине в 15 см на тонком конце.



Фиг. 63-а



Фиг. 63-б



Фиг. 63-в.

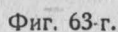
Проходка и крепление частей главной и вентиляционной шахты, пройденных способом замораживания

1. Буровой копер перестроить на проходческий копер.

3. Ролик для подвешного полка, равным образом станковые ролики для натяжного каната, для подвешного каната, для труб сжатого воздуха, вентиляционные трубы, трубы для цементированния и трубопроводы для промывки установить на проходческом кюпре.

5. Уложить пути для отбавки породы, для груженых и порожняковых вагонов.

6. Подготовить к работе под'емную машину и кабель для подвешного полка и насоса.

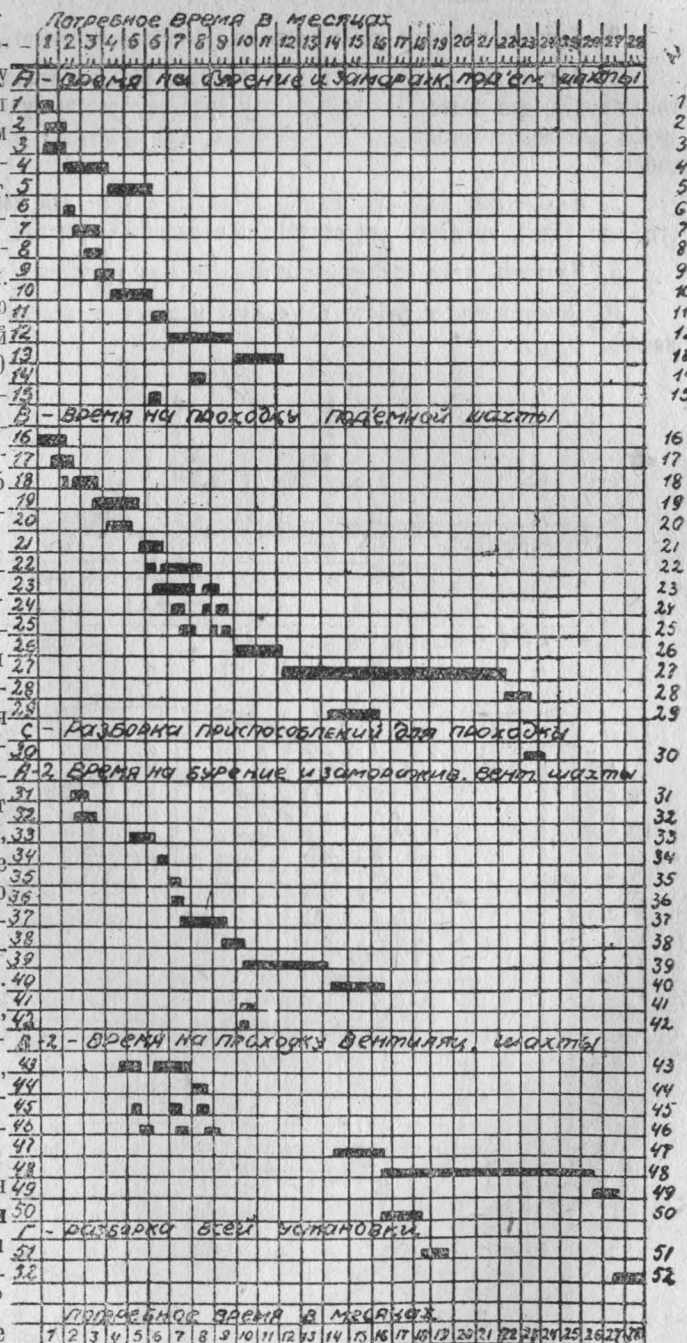


Работы эти должны быть выполнены по календарному плану (фиг. 64) за время процесса замораживания. Проходку, согласно теоретическому подсчету, можно начать по истечении 90 дней непрерывного периода замораживания.

Независимо от теоретического подсчета, по которому замораживание цилиндра внутри породы должно быть закончено, можно судить о постепенном заканчивании замораживания, по медленно вытекающей воде из трубы средней буровой скважины на нижней приемной площадке.

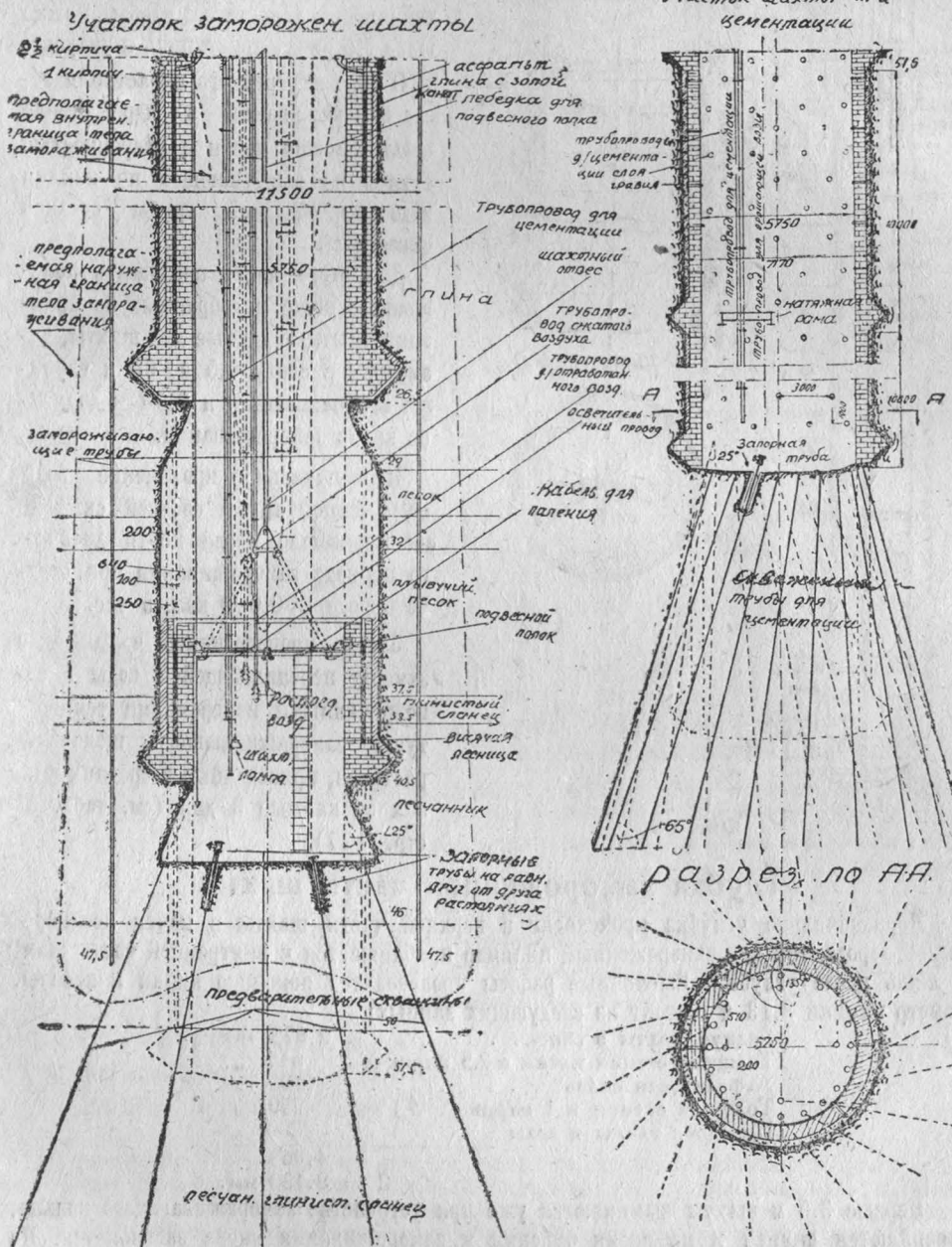
Обсадная труба средней скважины имеет вообще диаметр в сечении 120 мм. Она выступает приблизительно на 0,6 м над уровнем нижней приемной площадки (см. фиг. 65) и доходит до глубины 37,5 м, т.е. до начала пород карбона (см. фиг. 66). Опыт учит, что при шахтах с глубиной замораживания около 50 м первое появление вытекающей воды становится заметным по истечении приблизительно 35-дневного периода замораживания.

К началу первых наблюдений количество вытекающей воды составляет приблизительно 2 л в час. Причина переливания воды заключается в том, что вода, находящаяся вне замораживаемого цилиндра, не имеет более сообщения с водой, заключающейся в породе внутри замораживаемого цилиндра, так как последний препятствует какой-либо циркуляции. Эти внутренние воды, поскольку замораживание их еще не коснулось, все более и более сжимаются, благодаря постоянно подвигающемуся вперед и суживающемуся району замораживания, и постепенно подвергаются давлению. При охлаждении воды с $+4^{\circ}$ до 0° и переходе в состояние льда, как известно, происходит увеличение объема, так что свободная



Фиг. 64

Участок шахты при
цементации



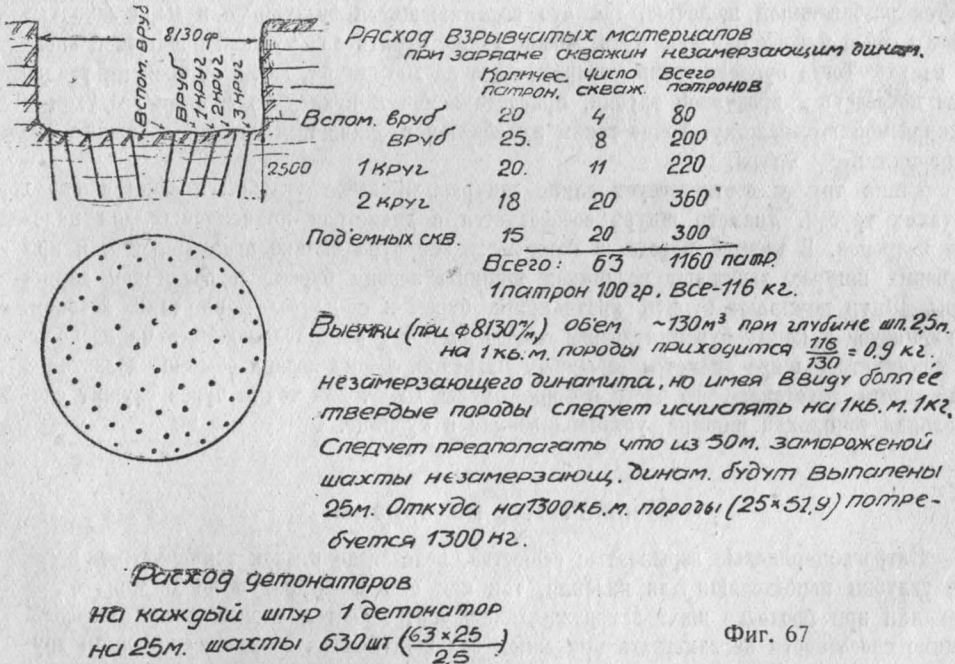
Фиг. 65

125

Таблица № 27.

День	Часовой приток воды в средней буровой скважине в метрах	Температура поступающего в спускные трубы замораживающего раствора; средняя отрицательная температура	Температура выступающего из замораживающих труб щелочного раствора; средняя отрицательная температура
1—3 день	2,0	18,0—19,0	15,0—16,0
4—6 "	2,0—4,4	19,0—19,2	16,0
7—9 "	4,4—5,0	19,2	16,0—16,5
10—12 "	5,0—5,5	19,2—19,5	16,5—17,0
13—15 "	5,5—6,0	19,5—19,8	17,0—17,2
16—18 "	6,0	19,8—20,0	17,2
19—21 "	6,0	20,0	17,2
22—24 "	6,5	20,0	17,2—17,4
25—27 "	6,5—6,0	20,0	17,4
28—30 "	6,0—5,5	20,0	17,6
31—33 "	5,5—5,0	20,0	17,6
34—36 "	5,0—4,0	20,3	17,8
37—39 "	4,0—3,2	20,3	18,0
40—42 "	3,2—2,6	20,5	18,2
43—45 "	2,6—1,5	20,5	18,2
46—48 "	1,5—1,0	20,5	18,2
49—51 "	1,0 ¹⁾	20,5	18,2

дильвиальных, дополнительная разделка стен не должна представлять никаких трудностей. Особенно легко таким путем добываются замороженные пески.



Фиг. 67

¹⁾ По истечении 35+51=86 дней непрерывного периода замораживания и по истечении 51-дневного выступления воды через край средней буровой скважины начата была углубка упомянутой шахты. Однако, оказалось, что внутреннее ядро шахты не было еще вполне заморожено. Причиной этому послужило то, что переливание воды через край буровой скважины, правда, уменьшилось, однако, совсем не прекратилось. Кроме того, средняя буровая скважина не была расположена точно в центре ствола, но была отодвинута от центра прилизительно на 1,5 м. Это было сделано умышленно для того, чтобы получить мягкую незамороженную часть внутри ядра и, таким образом, существенно повысить производительность углубки.

Имеет смысл поступить таким же образом при проходке предстоящей шахты. Средняя буровая скважина отодвинута от центра шахты на 1,0 м. После того как перелив воды в средней буровой скважине существенно уменьшится, можно будет приступить к углубке шахты.

Если паление окажется неизбежным, то пока шахта находится в зоне замораживания, шпуров должны быть заложены с величайшей заботливостью. Число шпуров и расстояние их один от другого сообразуется с твердостью проходимых породных слоев. Результаты паления в крепких породах и в замороженном песке хороши. В замороженной, вязкой глине остается желать лучшего. Помимо указанных слоев, приходится еще бурить в глинистом сланце, в песчанике и в прослойках между ними.

Число закладываемых шпуров и их расположение в забое углубки в различных породных слоях показано на фиг. 67.

Длина отдельных шпуров составляет приблизительно 2-2,5 м. При этом следует принять за правило, чтобы все работы по бурению и палению были закончены в одну смену. Чем хуже породы поддаются бурению, тем короче делаются шпуров; чем быстрее идет бурение — тем глубже могут быть пробурены шпуров. Во всяком случае, все шпуров определенной длины должны быть в течение одной смены выбурены и заряжены так, чтобы их можно было выпалить в конце смены. Таким образом избегается выезд «на гора» проходчиков в течение смены.

Бурение

Для бурения шпуров применяются тяжелого типа бурильные молотки с пустотелыми бурами. Очистка скважин от буровой грязи происходит продувкой воздухом. Воздух выходит плотно у лезвия бура, точно так же, как при бурильных молотках и бурах, работающих с промывкой водой. Скважина на продолжительное время заполняется разбавленной щелочью, так что поднимающиеся воздушные пузыри захватывают с собой наверх буровую муть. Можно также бурить с воздушной промывкой вполне насухо. Тогда буровая грязь, собирающаяся на дне шпура, время от времени удаляется посредством продувной трубки, присоединяемой к рукаву со сжатым воздухом и вставляемой в скважину. Точно таким же образом прочищается каждая скважина перед заряджением шпура.

Длина трубок соответствует длине шпуров. В забое углубки требуется около 6 таких трубок. Диаметр шпура сообразуется с диаметром применяемых для паления патронов. В твердой породе, в которой лезвие бура сильно изнашивается, и при глубоких шпурах выбирают различной ширины лезвия буров и различной длины буры. Шпур начинают бурить кратчайшим буром и с наиболее широким лезвием. Применяемое к концу бурения лезвие самого длинного бура должно быть на несколько миллиметров шире диаметра взрывных патронов. Форма лезвия обычно делается в виде долота, изготовляемого часто в форме буквы Z. Для точки буров служит специальная точильная машина, устанавливаемая в кузнице.

Взрывчатые материалы

Нитроглицериновые взрывчатые вещества, вследствие низкой температуры в забое углубки неподходящи для паления, так как они замерзают и не детонируют. В Германии при проходке шахт замораживанием употребляется амон-желатин, который, помимо способности не замерзать при самом большом холоде, обладает еще рядом других преимуществ. Он совершенно не чувствителен к толчкам и ударам и не выделяет после взрывания вредных газов, так что короткое время спустя можно снова приступить к работе в забое углубки.

Взрывание этих взрывчатых веществ происходит посредством сильных капсюлей № 8, которые приспособлены для паления с замедлением. Охотнее всего при углубке шахт применяют фабрикат Рейнско-Вестфальского акционерного общества взрывных веществ в Тройсдорфе, известный под названием «Эшбахских запалов». В них, вместо запальных шпуров, между электрическим зажигателем и взрывным капсюлем включен замедляющий кусок. Разница во времени взрыва отдельных запалов составляет 0,5 секунды. Время помещено на отличительных марках, укрепленных на верхних концах проводов запалов. При заряджении шпуров последним патроном вкладывается,

так называемый, боевой патрон с детонатором, поверх которого забивается 2-3 забоечных патрона из глины.

Расход взрывчатых веществ и детонаторов показан на фиг. 67.

Соединение заряженных шпуров производится последовательное, причем необходимо упомянуть, что подрывные шпуры соединяются между собой моментальными запалами и параллельно. Полусекундными замедляющими запалами заряжены шпуры 1-го кольца, окружающего подрывные шпуры, причем шпуры этого кольца также соединены между собой параллельно, в кольце II помещены секундные запалы, а затем забойные шпуры с 1,5 секундными запалами. При детонации взрывных патронов будут слышны четыре выстрела. Во всяком случае, разница во времени в 0,5 секунды настолько незначительна, что выстрелы отдельных выпаляемых рядов не вполне ясно достигнут слуха.

Заряжение шпуров патронами и запалами, равным образом, включение, последовательное соединение и соединение со взрывным кабелем, идущим с поверхности, должно быть сделано крайне тщательно, так как осечки шпуров весьма нарушают работу, отнимая много времени. Для лучшей изоляции скрученных концов проводов употребляются особые трубочки (гильзы), закрытые с одного конца, парафинированные и заполненные мягкой изолирующей массой.

Распределение шпуров, само бурение, заряжение взрывчатых материалов, включение и т. д. во время углубки замороженной части шахты одинаковы с обычным способом углубки.

Работа по углубке

Особенно важным является строгое распределение работ в течение 24-х часов. Работа производится в 4 смены по 6 часов. В отдельные смены, при нормальных условиях должны быть выполнены следующие работы:

1. Одна смена бурит, заряжает и выпаливает в течение 6-ти часов.
2. Две смены убирают породу в бадах в течение 12 часов.
3. Одна смена в течение 6-ти часов выполняет побочные работы, например, установку временного крепления, проверку ствола отвесом, удлинение вентиляционных труб, труб сжатого воздуха и т. д.

Эти работы производятся в период углубки. Однако, не всегда удается достичь подобного жесткого распределения работы. Когда при палении получают осечки, схема работ должна передвинуться. Для побочных работ также часто требуется меньше часов.

Но вообще необходимо соблюдать строгое распределение работы, так как при этом может быть достигнуто значительное повышение производительности.

В зависимости от прочности пород, работы через большие или меньшие промежутки времени, останавливаются и устанавливается каменное крепление.

Последняя работа тоже производится в 4 смены по 6 часов. Принимая во внимание особенную тщательность, требуемую при возведении каменной крепи, приходится принимать месячную производительность готовой (пройденной и закрепленной шахты) не особенно высокой. При проходке шахты в 6,2 м диаметра в свету в Верхней Силезии, в условиях, подобных нашим, при наличии хорошо освоенных с работой проходчиков и каменщиков, месячная производительность выразилась в среднем в 23 м. При этом средняя производительность каменщиков в день составляла около 1,40 м, так что в течение месяца каменные работы длились около $\frac{23}{1,40} =$ приблизительно 16 дней. Для углубки 23 м оставалось только $25 - 16 = 9$ дней при шахте с диаметром в свету 6,20 м и выемочного диаметра (вчерне) 8,20 м. Последний диаметр почти такой же, как и для шахты, подлежащей углубке, так что производительность углубки упомянутой Верхне-Силезской шахты может быть принята в данном

случае за основу. Объем кладки для Щегловской шахты № 1 даже несколько ниже, вследствие чего в настоящем проекте для каменных работ принята такая же месячная производительность, как указано было выше.

В соответствии со сказанным, в течение 9 дней надо произвести углубку 23-х м шахты, или, что то же, — выдать $23 \times 53 = 1219$ куб. м породы. При пересчете на 1 день получается производительность под'ема $\frac{1219}{9} = 135,5$ куб. м. При употреблении бабьей емкостью в 1 куб. м и степени наполнения в 50 проц., ежедневно придется поднимать 271 бабью. Для погрузки этих бабей имеется в распоряжении разное время при углубке замороженной части шахты.

В верхней части шахты большая часть пород не заморожена и глинистые породы можно добыть кайлами, заступами и лопатами. Таким образом нет потери времени на бурение, зарядку и паление. В данном случае, за исключением времени, потребного на необходимые подсобные работы, остается в распоряжении около 22 часов в день, так что можно считать производительность под'ема в среднем 320 бабей, что соответствует часовой производительности в среднем 14-15 и производительность в смену в 87 бабей.

В дальнейшей части шахты, где зона замораживания приблизилась к середине шахты и весь забой шахты целиком заморожен и, кроме того, проходка идет по породам каменноугольной формации, приходится установить смену для бурения, так что ежедневная производительность под'ема понижается. В течение 4-х часов заканчивается бурение всех шпуров, а в следующие 2 часа заканчивается зарядка и паление. Подсобные работы остаются те же, так что можно принимать чистое время на под'ем в среднем 16-17 часов. Производительность насыпки остается прежней, так что в нижней части замороженной шахты приходится считать суточную производительность под'ема около 255 бабей.

Комплект подземных рабочих

В среднем должна быть достигнута суточная производительность в 135,5 куб. м или 271 бабья. Комплект рабочих в забое углубки в смену составит 16 человек, так что на каждого в 6-ти часовую смену приходится производительность в

$$\frac{135,5 \cdot 6}{24 \cdot 16} = 2,1 \text{ куб. м.}$$

Эта производительность соответствует производительности вполне опытного германского проходчика.

Так как подобного рода квалифицированные рабочие в Советском Союзе встречаются редко, а шахтовые работы должны быть произведены при помощи русской рабочей силы, предполагается для работы в забое углубки пользоваться 75 проц. германских и 25 проц. русских рабочих. Такое подразделение основано на опытных данных, полученных при проходке калиевой шахты 2 в Соликамске фирмой Дайльман из Дортмунда. При этих углубочных работах, в которых пришлось проходить по искусственно замороженным слоям суглинка, глины и мергеля, сменная производительность русского рабочего была установлена в 1,2 куб. м. Если принять такую же производительность и для проходки замораживанием Щегловской шахты № 1, тогда придется поднять:

от 4-х русских рабочих	4.1,2 = 4,8 м³/6 часов
от 12 немецких рабочих	12.2,4 = 29,1 м³/6 часов
Всего 16 рабочих	по 2,1 м³ = 33,9 м³/в смену
	= 0,64 м/в смену — прохождения.

Подобное соотношение дает возможность в кратчайший срок ознакомить русских рабочих с деталями работы и, несмотря на это, достичь высокой производительности.

Проветривание

Следует упомянуть еще о проветривании забоя углубки, происходящем посредством вентиляционных труб, диаметром в 400 мм. Так как максимальное число людей в шахте может быть принято в 20-25 человек, а для каждого требуется по 2,5 м³ воздуха в минуту (1-я категория по газу), поэтому в минуту должно быть доставлено в забой шахты около 65 м³ воздуха. Проветривание должно происходить нагнетанием, ибо тогда забой шахты наиболее быстрым образом может быть освобожден от газов после паления.

Выкладка стен крепи шахты, пройденной способом замораживания

К выкладке стен шахты, пройденной замораживанием, приступают после того, как шахта углублена на 20-25 м и найдена соответствующей крепости порода для фундамента кладки.

Следовательно кладка производится не одновременно, но после углубки отдельных звеньев, так что углубка и кладка происходит попеременно участками.

Так как стенки шахты стоят без временного крепления, то за состоянием их легко вести наблюдение. Естественно, что при таких обстоятельствах стенки шахты не могут оставаться слишком долгое время без всякого крепления.

Устройство фундаментов для кладки стен

Ниже фундамента для замороженных стен шахты на глубине около 24 м необходимо устроить большой прочный кирпичный основной венец, как показано на фиг. 66-а. Этот венец будет расположен в глине. Следующий основной венец будет устроен на глубине 39 м. Здесь мы уже будем находиться на 1,5 м в каменноугольных породах, из коих песчаник особенно хорошо подходит для восприятия давления кладки. В дальнейшем кладка должна производиться ниже замороженного цилиндра, т.е. в незамороженной породе. На глубине 50 м должен быть уложен ближайший основной венец, чтобы сохранить конец замороженной части шахты и обеспечить водонепроницаемое крепление шахты. Этот основной венец расположен следовательно на 12,5 м в каменноугольных породах, в песчано-глинистом сланце и приблизительно на 1,5 м под нижней зоной замораживания.

Вообще можно предположить, что порода на глубину 1 м под замораживающими трубами еще находится в замороженном состоянии, но предел этот не может быть заранее установлен с достоверностью. Вернее будет принять, что конец зоны замораживания находится на одном уровне с концами замораживающих труб. Имеющийся опыт показывает, что замороженные породы сразу переходят в незамерзшие, так что медленного постепенного перехода не наблюдается. Поэтому следует считать с большой вероятностью, что нижний основной венец на глубине 50 м будет расположен в незамороженной породе, что является делом большой важности.

К этому необходимо еще упомянуть, что подобного рода установка сделана в проекте только предположительного характера и что при углубке шахты придется особенно считаться с соответствующими условиями пород и другими обстоятельствами.

Особенности каменной кладки шахтовой крепи

Производство кладки стен шахты является особенно своеобразным. Причина заключается в том, что здесь имеем дело с шахтой, проходимой путем замораживания, и, кроме того, в весьма водоносных слоях, которые должны быть изолированы каменной крепью. Обычно в Германии шахты, пройденные замораживанием в пльвунах, закрепляются туббингами. Но так как последние в Советском Союзе не изготовляются по сие время, придется избрать такой способ закрепления шахты, какой был впервые применен с успехом в Верхней Силезии фирмой Стефан, Фрелих и Клюпфель в Беуте-

не в 1924 году. Подобного же рода способ предполагается применить при крещении Щегловских шахт № 1, проходимых замораживанием.

По этому способу стена крепи шахты, обращенная в сторону породы, состоит из слоя уплотненной глины с золой, толщиной в 20 см, который является изолирующим слоем для отделения собственно кладки крепи от замороженной породы. К этому слою примыкает кирпичная стена в 1 кирпич, за который, на расстоянии 100 мм, возводится внутренняя стена в 2,5 кирпича. Свободный промежуток между указанными стенами, толщиной в 100 мм, заливается горячим асфальтом, который доставляется на подвесной полок в особых бадьях.

Для того, чтобы асфальт правильно связался с кирпичами, стороны последних, обращенные к асфальтовому поясу, предварительно пропитываются. Это делается на поверхности и заключается в том, что на открытом печном очаге кирпичи высушиваются, а затем одной половиной погружаются в горячую, густую смолу. Если бы погрузить холодные кирпичи, тогда смола, вследствие влажности кирпичей, не пристала бы как следует. Так как кирпичи при кладке правильно перевязываются, то необходимо часть кирпичей погружать короткой стороной, а другую часть — длинной стороной. Кирпичи пропитываются в запас и следовательно идут в кладку в холодном состоянии. Не будет вредным, если кирпичи еще будут теплыми.

Сушильная печь, установленная вблизи шахтного копра, изготавливается из обыкновенного кирпича и должна иметь возможно большую поверхность. На нее насыпается слой песка, в котором сушится кирпич. Кирпичи берутся особыми щипцами.

В качестве асфальта применяется асфальтообразная масса, получаемая при коксовом производстве в виде побочного продукта. Она на поверхности приводится в состояние текучести и заполняется в особые сосуды через насос. Сосуды эти устанавливаются в проходческую бадью, прикрываются и спускаются на площадку, с которой производится кладка. Заливка промежуточного пояса происходит тогда непосредственно из сосудов. Чтобы плотно залить промежуток, заливка производится по мере сдвигания кладки через каждые полметра. Подобного рода специальное выполнение кладки делается по всей шахте, пройденной замораживанием от устья до глубины 50 м. Различие имеется только при кладке основных венцов, которые устраиваются, как при обычной углубке шахты, толщиной до 9 кирпичей. В нижней части основного венца слой глины с золой плохо удается затрамбовать позади кирпичей кладки. В этом случае применяют однодюймовые пластины, которые тогда являются изоляционным слоем между замороженной породой и фундаментом кладки. В верхней части тогда снова помещается позади глиняный слой, как показано на фиг. 66.

Следует еще упомянуть о том, что применяемый раствор должен быть изготовлен из лучшего цемента, состава 1 : 3. Чтобы раствор, вследствие излучения холода, не замерзал, к воде прибавляется 4 проц. «противомороза» или хлористого кальция.

Рабочая сила и производительность

Ясно, что подобного рода специальное производство шахтовой крепи потребует весьма искусных каменщиков. Поэтому и для каменных работ рекомендуется также взять 75 проц. немецких и 25 проц. русских рабочих. Люди, занятые работой в забое углубки, по окончании определенного звена проходки, задерживаются на возведение каменной крепи. Как уже было указано, в каждой смене заняты 16 человек, так что за 24 часа при 4-х сменах на подвесном полке будут работать 64 человека. Средняя суточная производительность принимается в 1,40 м, так что ежедневно возводится 26,3 м³ кладки, что соответствует расходу в 10520 кирпичей. Потребность асфальта для заливки промежуточного кольца составляет в день около 3,15 м³. За тот же срок требуется 7560 штук кирпича для пропитки.

Эти цифры показывают, что главной задачей каменщиков является крайне добросовестное выполнение работы. Между прочим, необходимо обратить внимание на то, чтобы асфальтируемый промежуток перед заливкой был вполне чистый, что достигается особыми черпалками. Само собой понятно, что подобного рода трудное, аккуратное и точное выполнение работы может быть достигнуто за счет времени, вследствие чего суточная производительность сравнительно незначительна.

Расход материала

Как указано в календарном плане (фиг. 64) на углубку и возведение кирпичного крепления замороженной шахты от полевого горизонта до глубины 51,5 м предусмотрено 70 дней. За это время будет затрачено:

- 1) $64 \times 70 = 4480$ рабочих смен на углубку шахты,
- 2) около $53 \times 51,50 = 2730 \text{ м}^3$ выдано будет на поверхность породы,
- 3) $19 \text{ м}^2 \times 51,5 \times 400 =$ около 400000 штук кирпича,
- 4) $19 \text{ м}^2 \times 51,5 \times 0,3 = 300 \text{ м}^3$ раствора,
- 5) $2,25 \times 51,50 =$ около 120 м^3 асфальта и
- 6) $5 \times 51,5 =$ около 260 м^3 глины и золы.

Для специального надзора за подземными работами в каждой смене предусмотрен горный штейгер. Для того, чтобы и в этом случае удовлетворить потребности работ, мы предлагаем поставить 3-х немецких штейгеров и 1 русского штейгера. Всего потребуется штейгерских смен при проходке замороженной части шахты $4 \times 70 = 280$.

Техническое оборудование в замороженной части шахты

- На фигурах — 65 (нижняя приемная площадка),
66 (продольный разрез ствола во время углубки),
68 (подвесной полок),

69 (копровой шкив) предусмотрены: в западной части шахты — отделение для подъема породы и спуска материала, в восточной части — 2 насосных отделения. У южной стены находится став вентиляционных труб, диаметром в 400 мм, поддерживаемый двумя подвесными канатами. Почти на той же высоте, только немного западнее, на канате висит трубопровод для сжатого воздуха, диаметром в 100 мм. В небольшом расстоянии от него находится осветительный кабель. В середине шахты висит центральный отвес. Для возведения кладки шахтовой крепи служит подвесной полок, поддерживаемый 4-мя цепями и, кроме этого, еще 4-мя запасными цепями и подвешенный на канате толщиной в 39 мм. На подвесном полке висит веревочная лестница, достигающая горизонта забоя углубки. Чтобы при непредвиденных случаях иметь возможность другим способом выбраться из шахты, подвесной полок приспособлен для спуска и подъема.

Для переговоров с рукоятчиком на поверхности служит шахтовый сигнал. В отношении воздухопровода для сжатого воздуха необходимо упомянуть, что на конце его имеется распределитель, имеющий 12 присоединений к рукавам бурильных молотков. Бурильные рукава имеют обычно длину 15 м, так что распределитель должен находиться приблизительно на 10-12 м над уровнем забоя шахты. Удлинение труб происходит с верхней приемной площадки. Точно также с поверхности производится удлинение вентиляционных труб, для чего удаляется соединительная труба, идущая к вентилятору, и на шахтовое звено трубы насаживается более широкая вентиляционная труба, укрепляемая болтами. Оба поддерживающие каната медленно ослабляются и новая вентиляционная труба связывается с поддерживающими канатами также посредством гаек. В заключение снова восстанавливается соединение с вентилятором.

Углубка и крепление части главной и вентиляционной шахты, проходимой цементацией

Работы по цементации в забое шахты

Переходная зона от замороженной части шахты к незамерзшей породе должна быть пройдена с особенной осторожностью. На фиг. 66 указано, как нащупывается переходная зона в отношении воды. Для этой цели закладываются в забое шахты, на глубине 43,5 м, т.е. еще внутри замороженной шахты, 10 передовых скважин, кото-

10 КАНАТОВ.
3 СЛЮЖИМОВ

а

20 20 120

б

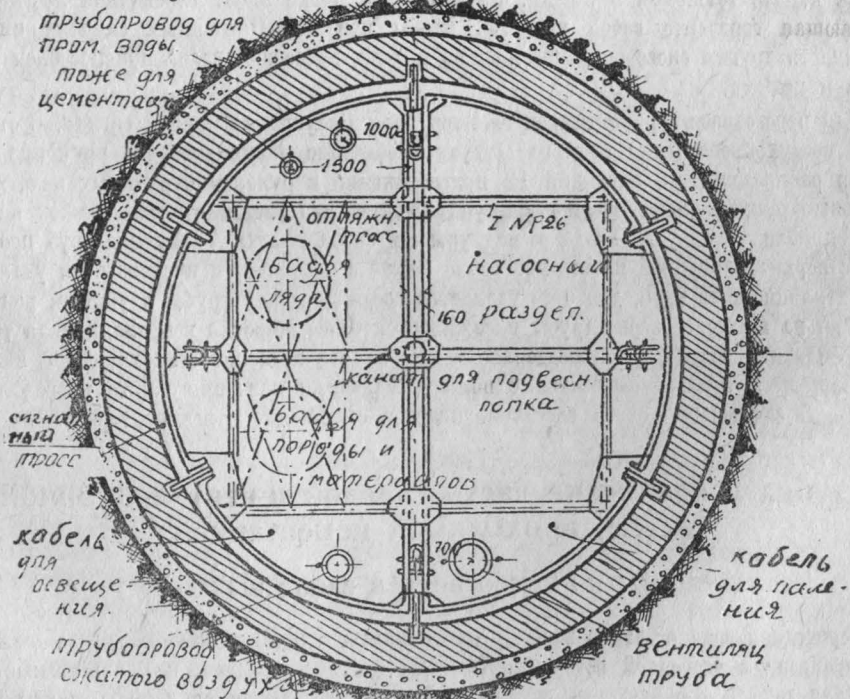
700 630 4500 3820 180

настил из плит в 2° $\angle 80 \times 80$

2280 2280 5630

200 510 60 170

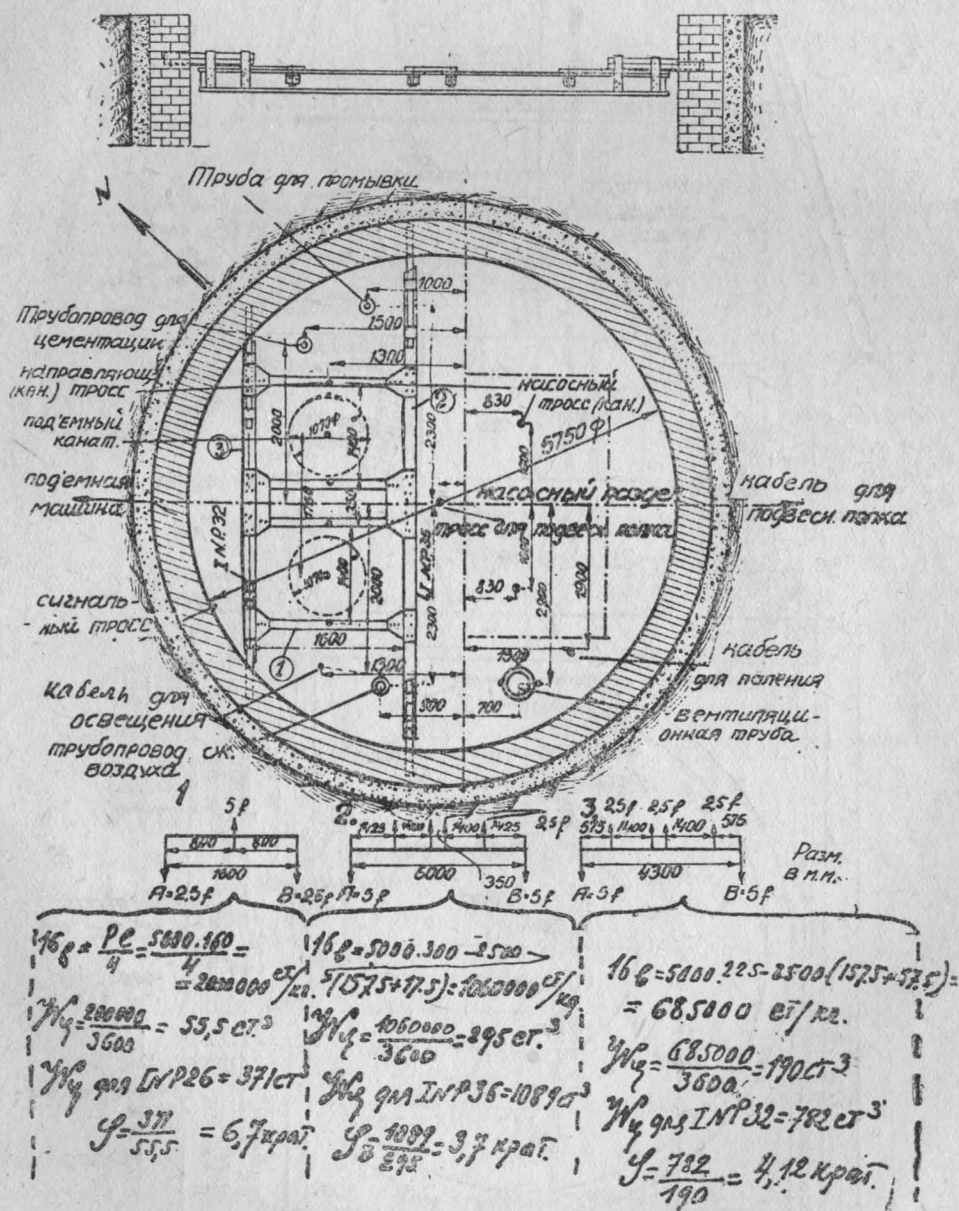
к



134

Скважины для предохранительных труб и предохранительные трубы

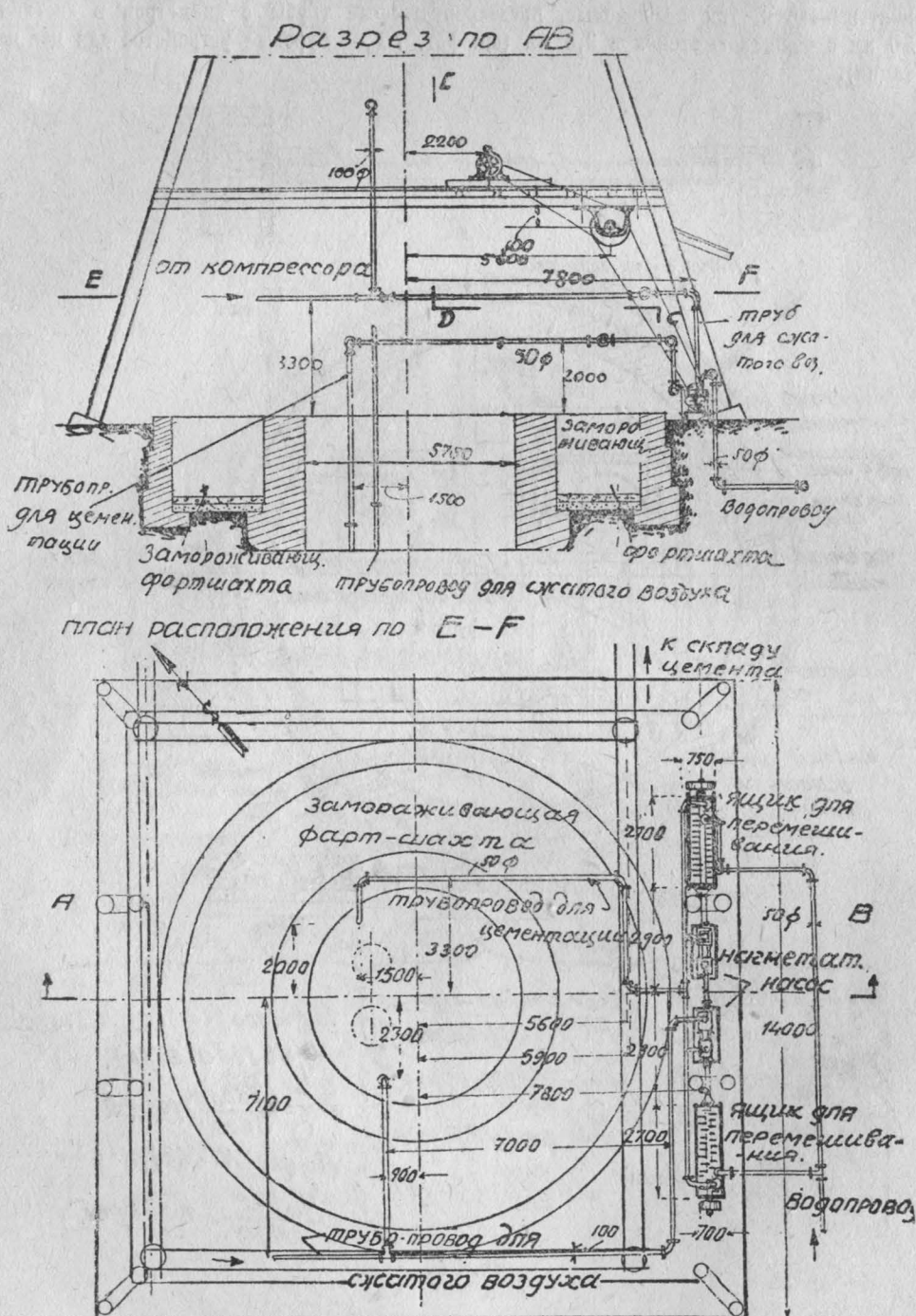
Перед началом передового бурения для цементированных скважин, необходимы еще особые приготовления для надежного отделения воды. В подошве шахты в первую очередь выбуриваются скважины диаметром в 90 мм и глубиной 1,5 м, в которые зацементовываются, так называемые, предохранительные трубы с диаметром в свету в 50 мм и толщиной стенок в 3,5 мм (см. фиг. 70 — буровые устройства для цементации).



Фиг. 69

Передовые скважины, требующиеся по окружности шахты, закладываются в 30-50 см от забоя стены шахты и должны составлять с радиусом, проведенным от центра заложения, угол в 135° . Наклон скважин к вертикали должен составить приблизительно угол в 25° , чтобы при глубине 15 м скважина выступала около 3 м за границу выемки шахты вчерне.

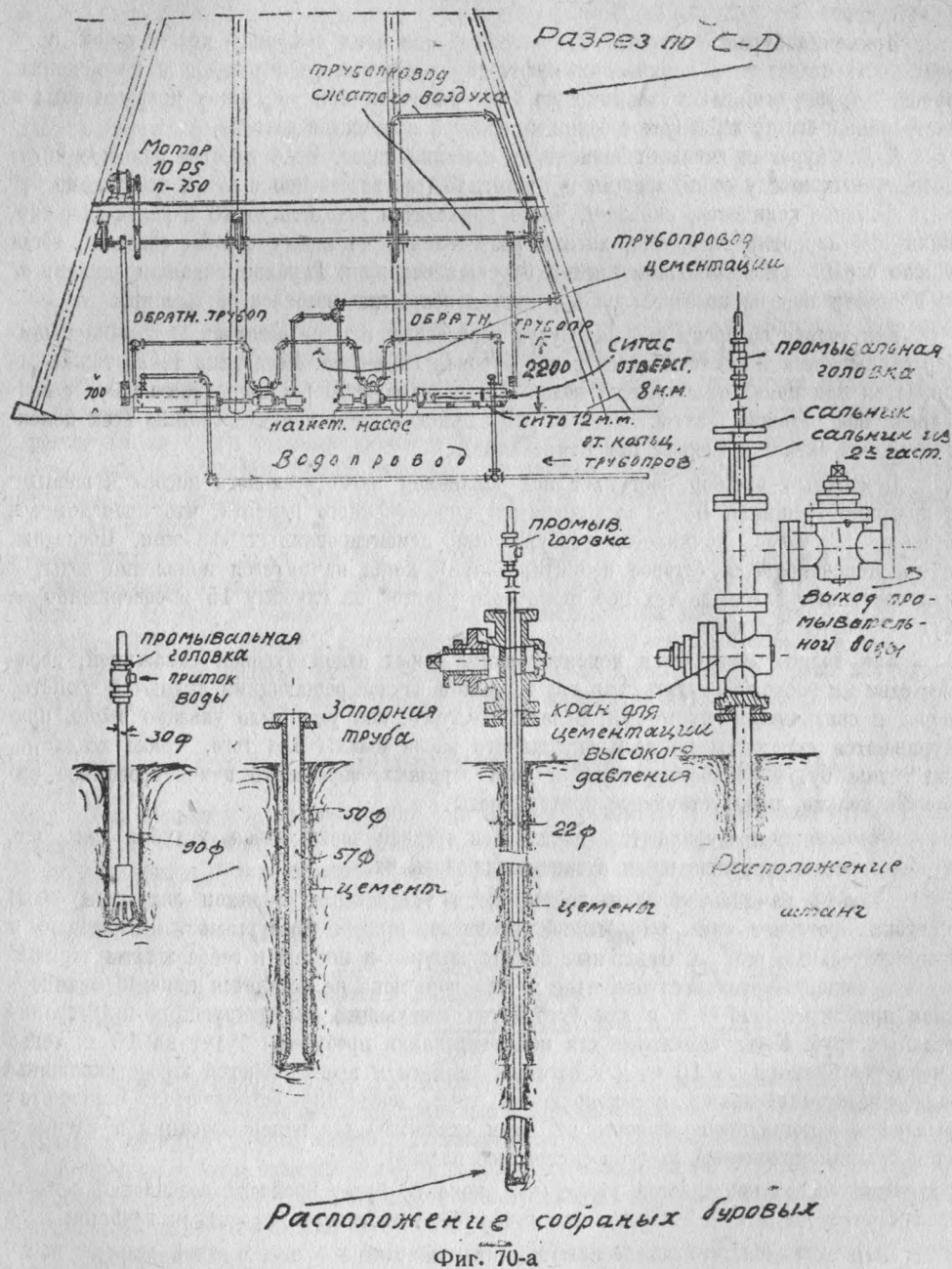
Скважину бурят воздушными бурильными молотками тяжелого типа. Буровые штанги — полые. Между вставным концом и бурильным молотком насаживается промывная головка, через которую направляется промывочная вода. Буровая коронка имеет 5 и 7 лезвий и соединяется со штангами посредством конуса.



Фиг. 70

После тщательной прочистки буровой скважины, она заполняется цементом и туда вставляется предохранительная труба, закрытая с нижнего конца цементной проб-

кой. После затвердения цемента эта водомерная труба подвергается давлению в 1,5 раза большему против ожидаемого давления воды. Если она выдержала давление, то затворная задвижка снабжается тройником и второй боковой запорной задвижкой (фиг. 70), через которую выходит промывочная вода.



Расположение собранных буровых
Фиг. 70-а

Скважины для цементирования

Сквозь тройник, первый затворный шибер и предохранительную (от напора воды) трубу, пропускается буровой инструмент, которым надо будет пробурить 15-ти м скважины. Штанги эти толщиной в 22 мм и состоят из отдельных штанг различной длины, соединенных между собой коническими муфтами.

Так как скважины для цементирования глубокие, то диаметры буровых коронок должны выбираться различной величины, варьируя обыкновенно приблизительно на 3 мм. Начальный бур имеет обычно наружный диаметр 48 мм, а конечный бур — 30 мм. Применяемые для бурения бурильные молотки легкой конструкции, весом в 16-18 кг.

Применяя буровые штанги, отдельные звенья коих сварены между собой, а не соединены посредством конических муфт, для тройника, расположенного на цементующей трубе, выбирают сальниковую боксу, которая при внезапном прорыве воды и застревании штанг действует с большой пользой в качестве затвора.

Число буровых скважин зависит от свойства пород. Если имеется большое число несвязанных между собой трещин и пустот, то, соответственно с этим, необходимо бурить большое количество скважин. Часто приходится доходить до 30 и более скважин. Если же, напротив, трещины, хотя и разветвлены, но между собой связаны, тогда можно ограничиться меньшим числом буровых скважин. Глубина скважин зависит от способности породы подвергаться бурению и вскрытию водоносных трещин.

Как только во время бурения будут пересечены первые водоносные трещины, шланг закрывается и закладывается новая буровая скважина. Последняя точно также запирается при появлении притока воды. Так поступают до тех пор, пока не будет пробурена вся подошва шахты. Вслед за этим приступают к цементированию всех цементационных скважин (первое цементирование).

Цементный раствор поступает под давлением нагнетательного насоса в щели и тончайшие трещины. После затвердевания впрысванного цемента, что происходит в течение 48 часов, начинается разбуривание цементированных скважин. Последние снова цементируются (второе цементирование), когда начинается появление воды, и так поступают далее, до тех пор, пока весь участок на глубину 15 м совершенно не будет свободен от воды.

Как далеко достигается цементирование пород одной буровой скважиной, заранее едва ли возможно судить, так как в данном случае решающими являются свойства пород и связь между пустотами. Вследствие этого, как уже было указано выше, пробуриваются скважины по всей окружности забоя шахты для того, чтобы когда все скважины будут зацементированы и вода отрезана, образовать цементированное каменное кольцо, препятствующее притоку воды.

Скважины пробуриваются также и в средней части забоя углубки для того, чтобы пересечь крупные щели и зацементировать их.

Углубка начинается лишь тогда, когда убедились в удачном закрытии воды. Углубка протекает как при обычной проходке, причем пробуриваются взрывные и вспомогательные шпурь. Отдельные кольца шпуров и шпурь в забое шахты заряжаются и выпаливаются. Углубка идет до тех пор, пока не останется цементированного слоя приблизительно в 5 м для устройства следующих цементующих предохранительных труб. Когда скважины для цементирования пробурены будут на 15 м, тогда снова углубляются на 10 м, а в оставшихся 5-ти м пробуриваются новые скважины для предохранительных цементующих труб; последние вставляются, зацементовываются и тогда пробуриваются на 15 м скважины для цементирования и нагнетается жидкий цементный раствор (цементное молоко).

Этот способ повторяется до тех пор, пока не будет пройдена водоносная зона и шахта очутится в сухой породе, или когда будет достигнута проектная глубина.

Если окажется, что водоносные трещины находятся только с одной стороны шахты, тогда скважины для цементирования выбуриваются в этом направлении, тогда как с противоположной стороны задаются только контрольные скважины. Таким образом направление скважин должно ориентироваться всегда по ходу водоносных трещин. При этом необходимо иметь в виду, что когда скважины заложены перпендикулярно к трещине, тогда цементирование обещает лучшие результаты. Так как часто трещины и водоносные жилы расположены параллельно друг к другу, то одной скважиной одновременно захватывается несколько трещин.

Состав применяемого цементного раствора зависит от тонкости водоносных жил.

Чем последние шире, тем меньше воды должно быть прибавлено к цементу; чем жилы тоньше, тем жиже также изготавливается цементный раствор.

Цементом служит обыкновенный портландский цемент, который должен быть смо-лот возможно тоньше. Быстро схватывающий цемент будет частично связываться раньше времени, когда трещины не будут еще целиком заполнены, так что часто уходит много времени, пока будет исчерпана поглощающая способность пород.

Так как вода, заключающаяся в трещинах и разрывах, находится под давлением, меняющимся в зависимости от глубины, поэтому приходится также и цементный раствор нагнетать в скважины под давлением. Так как часто давление, получаемое от глубины шахты, является для этого недостаточным, особенно при очень тонких водяных жилах, поэтому на поверхности устанавливается нагнетательный насос, который может преодолеть давление до 80 атмосфер.

Однако, не всякая порода, даже при самом высоком давлении, поддается сразу цементированию. Особенно при трещинах, в которых имеются глинистые составные части, приходится поступать иначе. Так как глина не связывается с цементом, подобного рода трещины, если были цементированы, могут послужить причиной к прорыву воды. Поэтому необходимо попытаться удалить глинистые включения путем выкачивания их насосом из буровой скважины. Так как вода в трещинах находится под давлением, то часто дают воде просто вытекать на подошву шахты, причем тонко растворенная глина выходит вместе с этой водой. Другой способ состоит в том, что в скважины нагнетается чистая вода, которая должна по возможности дальше оттеснить глину. Лишь после очистки можно приступить к нагнетанию цементного раствора.

Затвердевание цемента происходит различной скоростью. Так как скважины цементуются друг за другом, то приходится ожидать затвердевания только последней цементированной скважины. Между тем пробуриваются контрольные скважины. Если была достигнута достаточная водонепроницаемость, тогда приступают к дальнейшей углубке. Так как первые 5 м находятся еще в прежней зацементированной части шахты, которая образовалась от предыдущего процесса цементации, то пока углубляется эта часть шахты, вновь запущенный цемент правильно затвердевает.

Углубка в цементированной части шахты

Как только убедились в том, что цемент затвердел и отделение воды удалось полностью, — начинается углубка. Это происходит таким же путем, как обыкновенная проходка в сухих породах. Выемка шахты ниже последнего кирпичного основного венца крепления шахты, пройденной замораживанием, производится в среднем в поперечнике 7200 мм, который составляется следующим образом:

Диаметр шахты в свету крепи	5750 мм
Стенка крепи в 2 кирпича 2×510	1020 "
200 мм слой гравия 2×200	400 "
Всего	7170 мм

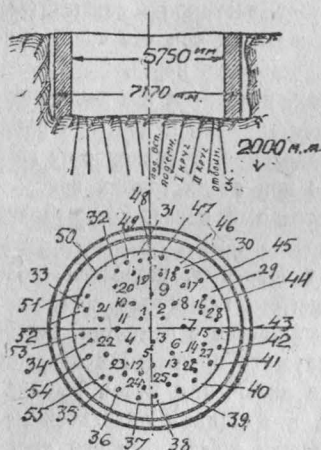
В круглых цифрах 7200 мм. Соответственно с этим закладываются также буровые скважины. Выбуриваются центральные и вспомогательные шпуров, отдельные кольцевые и стенные шпуров, которые заряжаются и выпаливаются. Расположение отдельных шпуров в забое шахты, число и глубина их показаны на фиг. 71. Бурение производится тем же типом и таким же числом бурильных молотков, как и в части шахты, пройденной замораживанием.

Для заряжения шпуров употребляется желатин-динамит № 1, взрывная способность которого является наибольшей по сравнению с остальными, до сего изготовленными взрывчатыми веществами. Количество расходуемых в цементированной части шахты патронов видно из фиг. 71.

Для взрывания патронов употребляются электрозачалы Эпбаха, примененные также в части шахты, пройденной замораживанием. Расход зачало см. на фиг. 71.

Перед выпаливанием шпуров следует еще раз проверить все палильные приспособления, чтобы избежать осечек. Паление шпуров производится электричеством с поверхности.

После паления забой шахты очищается от газа проветриванием через вентиляционные трубы. Первым в шахту спускается штейгер. Вслед за ним спускаются рабочие, потом спускают инструмент и начинается выдача породы.



Зарядка скважин динамитом

Вспомог. погет. скваж.	Заряд	Число	Всего пат-
	1 скваж	3 шт.	45.
Скваж. погетные	20	8	150.
— I круга	18	12	216
— II круга	15	12	180
— отбойные	12	20	240

55 кв. 841 пат.
 Вес 1 пат. 100 г. всех — 841 кг.
 Выемка при ф 7170 мм — на 2 м. — 80,74 м³ (при гл-
 бине шуров 2,0 м)
 На 1 м³ вынут. породы приход. $\frac{84}{80,74} \approx 1$ кг.
 При песчаном раскод составл. ~ 1,4 кг/м³
 Средний расход динамита — 1,2 кг/м³
 П. об. для глубины шахты 50-150 м. пат-
 ребуется — 100. 404. 1,2 = 4848-5000 кг.
 динамита.

Расход детонаторов
 на каждую скважину — 1 шт.
 на все скважины — 55 шт.

При глубине скв. 2 м. на 100 м. проходки требуется $\frac{100}{2} \cdot 55 = 2750-3000$ шт.

Фиг. 71

Производительность

Производительность проходки в день принята 2 м. Следовательно за это время должно быть выбурено около $60 \times 2 = 120$ м и поднято породы около $41 \times 2 = 82$ куб. м.

Так как углубка идет участками в 10 м, вышеуказанные работы должны быть повторены 5 дней подряд.

По окончании 10-ти м звена шахты необходимо предусмотреть взрывные работы и выемку гнезда в породе для основного венца кирпичной крепи. В начале углубки под вышележащим венцом крепи должен быть оставлен породный уступ, чтобы защитить вышележащую стену крепи.

По окончании указанных углубочных работ приступают к подведению кирпичной крепи на пройденном участке.

Возведение кирпичной крепи в цементированной части шахты

Толщина стен крепи цементированной части шахты предусмотрена в 2 кирпича, составляющие вместе 510 мм. Позади кирпичной стены возводится слой из гравия, толщиной в 200 мм, который должен благоприятно повлиять при последующем цементировании. Внутри стен закладываются трубы для цементирования, длиной в 520 мм и 38 мм диаметром в свету, через которые впоследствии нагнетается цементный раствор. Трубы закладываются в горизонтальном направлении на расстоянии 3 м друг от друга, а в вертикальном направлении — на 1 м друг от друга.

Кирпичи изготавливаются из глины или сланцевой глины и укладываются на растворе 1 : 3 в тычковой связи. Цементом для раствора служит портланд-цемент, который прибавляется в количестве 413 кг на 1 куб. м раствора. Другими добавочными частями являются песок (1400 кг) и вода (253 кг).

В начале каждого звена кладки высотой в 10 м устанавливается основной венец, на котором возводится стена. Когда стена приблизится к венцу вышележащей крепи, тогда оставленный для защиты этого венца породный целик (уступ) отбивается отбой-

ными молотками. Кладка производится с подвешного полка. Прежде чем спустить, полук, натяжная рама должна быть опущена до забоя шахты.

Производительность каменщиков в день, при 4-х сменах, предполагается в 4 м кладки шахты, так что звено стены в 10 м должно быть изготовлено в 2,5 дня. За это время в среднем будет израсходовано: 44500 штук кирпича, 14 т цемента, 46,5 т песка, 8,5 куб. м воды на 33 куб. м раствора.

Следует еще упомянуть, что выше рудничного двора, который должен быть заложен на горизонте 150 м при глубине проходки в 145 м, закладывается особо прочный основной венец. Так как шахта в последующие годы должна быть углублена дальше, то в зумпфе, в подошве которого устраивается 30-ти сантиметровая бетонная подушка, предусмотрен последний основной венец каменной крепи.

Для цементирования части шахты, предполагая, что приблизительно через каждые 10 м будут закладываться основные венцы, потребуются следующие крепёжные материалы:

- 1) для обыкновенной кладки стены в 2 кирпича, включая и фундаменты 445000 шт. кирпича,
- 2) для 400 куб. м раствора 150 т цемента, 500 т песка, 100 куб. м воды,
- 3) для слоя гравия около 500 куб. м гравия,
- 4) для цементирования стен шахты 800 шт. трубочек, для цементирования в 38 мм в свету и 520 мм длиной.

Цементирование слоя гравия позади стен шахтной крепи

По окончании каменных работ участками по 10 м, подвешной полук устанавливается приблизительно на 12 м, а натяжная рама в 10 м от подошвы шахты. В забое шахты выбурываются скважины для цементирования и зацементируются в них предохранительные трубы и тогда с подвешного потолка приступают к цементированию вышележащего звена стены крепи, с 10 до 20 м над подошвой шахты. При этом рекомендуется одновременно начать цементирование в разных стенах по окружности шахты, для того, чтобы равномерно загнать цементный раствор позади стены кирпичной крепи. Для этой цели в конце трубопровода для цементирования укреплен распределитель, откуда направляются рукава к цементированным трубам. Рукава имеют в свету диаметр в 50 мм, вследствие чего между рукавом и трубкой для цементирования навинчивается переходная муфта с 50 мм на 38 мм.

Таким образом позади заливается цементным раствором вышележащее звено кладки, так как в только что уложенной стене шахты раствор еще вполне не затвердел.

По окончании цементирования, подвешной полук находится приблизительно в 20 м, а натяжная рама — приблизительно в 10 м над подошвой шахты. После этого можно приступать к бурению скважины для цементирования в подошве шахты.

Технические устройства внутри цементируемой шахты

Технические устройства для цементирования, углубки и возведения каменного крепления цементируемой части шахты лишь в немногих пунктах отличаются от устройств части шахты, пройденной замораживанием. Требуется:

- I воздушный трубопровод с распределителем, 100 мм диам. в свету.
- I промысловый трубопровод с распределителем, 38 мм диам. в свету.
- I вентиляционный трубопровод, 400 мм диам. в свету.
- I кабель для паления 16 мм диам.
- I сигнальный кабель 8 мм диам.
- I кабель для освещения, 26 мм диам. с прожекторным фонарем (Солнце шахты).
- I трубопровод для цементирования с распределителем, 100 мм диам. в свету
- I подвешной полук
- I натяжная рама
- I веревочная лестница
- I углубочный насос.

Все устройства, за исключением веревочной лестницы и не требующих поддержки кабелей для паления, сигнального и для освещения, подвешиваются на канатах (см. фиг. 66). Трубопровод для сжатого воздуха и для промывки имеет каждый на нижнем конце по распределителю одинаковых размеров (воздушный и промывочный трубопровод). При цементирующем трубопроводе во время цементирования стен шахты также устраивается распределитель. Натяжная рама, которая при проходке замораживанием не применяется, находится в цементируемой части шахты под подвесным полом. Статический расчет рамы и конструкция ее показаны на фиг. 69.

Подвесной полук в цементируемой части шахты приспособлен как второе подъемно-спускное устройство для людей, т.-е. служит запасным подъемом. Он употребляется так же, как и в замораживаемой части шахты. С подвесного полка спускается до подошвы шахты веревочная лестница.

Для непредвиденных случаев предусмотрен электрический центробежный насос высокого давления, который должен держать воду в забое шахты на низком уровне. Мы рекомендуем четырехступенчатый вертикальный насос в 65 лощ. сил и производительностью в 1,2 м³/мин.

Календарный план работ и производительность в цементируемой шахте

Расход рабочей силы и времени при процессе цементирования и углубки, естественно, невозможно определить заранее, так как, например, число скважин для цементирования, как уже было указано выше, невозможно определить предварительно.

Шахта должна достичь глубины в 150 м, причем рудничный двор должен быть заложен на глубине 135 м. Мы принимаем, что в промежутке от 50 до 150 м породы настолько водоносны, что необходимо углублять, крепить и цементировать участками по 10 м. Далее принимаем, что работы по цементированию будут проведены успешно. При этих предпосылках можно принять производительность приблизительно в 10 м готовой шахты. Как было сказано, производительность эта, под влиянием незначительного изменения в притоке воды и в характере пород, может быстро снизиться.

Но для того, чтобы получить приблизительный календарный план работы, предполагаем, что для прозведения цементации пород потребуется приблизительно заложить в подошве шахты следующие скважины:

20 направленных наружу скважин, на расстоянии 30 см от окружности шахты (в свету) по направлению к центру шахты.

4 скважины, направленные внутрь и расположенные на 2 м от центра шахты.

6 контрольных скважин в различных направлениях.

Все скважины принимаются глубиной в среднем 15 м.

Всего 30 скважин по 15 м в среднем—около 450 м бурения.

Месячный календарный план, при производительности углубки в 11 м и производительности цементирования приблизительно в 15 м, должен быть принят следующий:

I.	1) 30 скважин для предохранит. труб, длиною до 1,5 м (бурение) .	1,5 дня
	2) 30 предохранительных труб вставить и зацементировать 12 час.	} 1 день
	30 предохранительных труб спрессовать	
	3) Установить арматуру для бурения на цементационные трубы . .	0,5 дня
	4) Выбурить 30 скважин д я цементирования по 13,5 м	8 дней
	5) Цементирование 30 скважин (включая контрольные скважины) и цементирование слоя гравия позади кладки крепи	7 дней
II.	6) Углубка, 10 м в мес. по 2 м в день	5 дней
	7) Убрать породный уступ и подготовить гнездо для нового фундамента (выпалить и разделать)	1 день
III.	8) Кладка стен 10 м/мес., включая фундамент	2,5 дня
IV.	9) Удлинение технических устройств (вентиляционных труб, труб для сжатого воздуха, цементировочных труб, промывочных труб и т. д.), равно установка подвесного полка и натяжной рамы .	0,5 дня
	10) Побочные работы и непредвиденные мелочи	3,5 дня
		Всего 30 дней

Естественно, что работы не происходят вплотную одна за другой, но отчасти друг друга перекрывают. Также еще раз должно быть подчеркнуто, что вышеприведенное распределение даст только приблизительную картину расхода времени и подразделения работы, которая часто может видоизменяться в существенных пунктах.

В связи с вышеуказанными предположениями, 100 м цементированной шахты проходятся в течение 10 мес., включая возведение каменной крепи.

Рабочая сила в забое шахты во время углубки цементированной части шахты — одинаковая, как и при шахте, пройденной замораживанием, т.-е. работы производятся в 4 смены по 16 чел. в каждой. Соответственно с этим, производительность на одного рабочего в 6-часовую смену будет следующая:

Во время углубки:

2 м шахты в день при $4 \times 16 = 64$ рабочих.

Производительность:

$\frac{2 \times 41}{64} = \frac{1,28 \text{ м}^3}{64}$ породы на человека в смену, или 31 мм углубки на человека в смену.

Во время кладки стен:

4 м шахты в день при $4 \times 16 = 64$ рабочих.

Производительность:

$\frac{40 \text{ куб. м}}{64} = \frac{0,63 \text{ куб. м.}}{64}$ кладки на человека в смену.

За каждой сменой наблюдает 1 штейгер. Соотношение между немецким и русским персоналом такое же, как и в замороженной шахте: 75 проц. немецких и 25 проц. русских рабочих, 3 штейгера немца и 1 штейгер русский.

Специальное крепление шахты

Чтобы избежать всяких случайностей, мы предполагали, что в некоторых, или в одном каком-нибудь месте шахты после произведенного цементирования не наступит затвердения цемента. Для подобного случая, который мы представляем себе возможным при весьма сильном притоке воды, мы предусмотрели, как показано на фиг. 66-а, установку чугунных туббингов, укладываемых на бетонные основные венцы, позади которых нагнетается цементный раствор. Для достижения полной водонепроницаемости устанавливается основной клиновой венец, который запускается в породу на 700 мм и шпектируется (пикотажный венец).

Возможен также такой случай, что породы цементуются, цемент частично затвердевает и возведение кирпичной крепи становится возможным, но, считаясь с необходимостью достижения полной водонепроницаемости, предусматривается установка туббингов впоследствии. Для подобного случая не потребуется в самом начале никаких туббингов. Кладка стен отодвигается лишь настолько, чтобы впоследствии можно было внутри их установить туббинги. Диаметр шахты в свету расширяется для этого до 6250 мм, а выемка увеличивается до 7670 мм. Стены крепи возводятся при этом таким же образом, как это было описано для хорошо цементруемых пород. Производится работа так, как показано на фиг. 66.

Комплект подземных и поверхностных рабочих технического и служащего персонала при проходке шахт

I. Количество рабочих

Необходимое для проходки число рабочих делится на подземных и поверхностных. Для подземных работ в частях шахт, проходимых замораживанием и цементированием, требуется 64 чел., которые работают в 4 смены. В каждой смене работают следователь-

но 16 чел. (сюда входит и старший смены). Мы предлагаем следующее распределение людей: 1 старший в смене, 11 проходчиков, 4 уборщика породы. Всего 16 подземных рабочих.

На поверхности рабочие, непосредственно занятые у шахты, работают в 3 смены по 8 часов. Требуется: 1 рукоятчик, 4 подкатчика (приемщика), 6 подсобных рабочих — всего 11 поверхностных рабочих, так что ежедневно $3 \times 11 = 33$ смены приходится на работы при шахте на поверхности.

Помимо указанных людей, следует еще упомянуть: ремонтных рабочих, машинистов и прочих рабочих.

Таблица № 28.

Т р е б у ю т с я	Всего для обеих шахт в день
1 машиниста подъемных машин в смену (6 час.) по 1 на шахту	8
6 кузнецов и молотобойцев в смену (8 час.) по 2 на шахту	12
6 слесарей в смену (8 час.) по 2 на шахту	12
1 столяр в день (8 час.) по 1 на шахту	2
3 электрика в смену (8 час.) по 1 на обе шахты	3
3 компрессорщика в смену (8 час.) по 1 на обе шахты	3
12 дежурных при холодильных машинах в смену (8 ч.) по 4 на обе шахты	12
3 сторожа в смену (8 час.) по 1 на обе шахты	3
3 уборщики в смену (8 час.) по 1 на обе шахты	3
3 кладовщика в смену (8 час.) по 1 на обе шахты	3
3 ночных сторожа колоний в смену (8 час.) по 1 на обе шахты	3
Всего для обеих шахт	64

Сводка всех необходимых подземных и поверхностных рабочих дает следовательно следующую картину:

Таблица № 29.

	Д л я	
	шахты I	шахты II
I. Подземные шахтовые рабочие в день	64	64
II. Поверхностные рабочие в день . .	33	33
III. Ремонтные и прочие	64	
Всего для обеих шахт	258 рабочих	

Для этого, принимая во внимание сообщение, что:

- 1) На месте отсутствуют русские квалифицированные рабочие для проходки замораживанием;
- 2) Не хватает русских высококвалифицированных специалистов;
- 3) Что обычных мастеровых, проходчиков, поверхностных рабочих можно получить на месте, — предлагаем следующее подразделение рабочих на русских и немцев:

Таблица № 30.

	Главная шахта		Вентиляционная шахта	
	Р а б о ч и е:			
	немцы	русские	немцы	русские
Подземные рабочие в шахте . . .	48	16	48	16
Поверхностные рабочие	3 рукоят- чика	30 приемщи- ков и проч.	3 рукоят- чика	30 приемщи- ков и проч.
Мастеровые, машинисты и т. д.				
Машинистов подъемных машин . .	4	—	4	—
Кузнецы и молотобойцы	3	6	3	6
Слесари	3	3	3	3
Электрики	1	2	1	2
Столяр	—	1	—	1

Для обеих шахт	Немцы	Русские
Дежурные при компрессоре	2	1
При холодильных машинах	3 монтера	9 дежурных
Сторожа при шахте	—	3
Уборщики	—	3
Кладовщики	—	3
Ночные сторожа	—	3

Соответственно этому соотношение между немецкими и русскими рабочими для обеих шахт будет приблизительно 1:1.

Штат служащих

Помимо упомянутых уже 4-х шахтовых штейгеров, для каждой шахты требуется еще руководящий и обслуживающий персонал. Для обеих шахт приглашается руководителем работ — немец, которому дается в помощники немец — обер-штейгер. Надзор непосредственный над всеми машинами, включая электроустановки, поручается двум немцам, машинным штейгерам. Для замораживания имеется инженер-специалист-немец. Довольно значительных размеров склад машинных частей и производственных материалов находится под наблюдением русского заведывающего магазином.

Для счетных работ и платежных документов назначается бухгалтер-немец, которому дается помощник русский. Для сношения с администрацией Востугля по вопросам техническим и финансовым должен быть русский переводчик, которому вменяется в обязанность также квартирный вопрос. Остальное время он занимается счетной работой.

В общем распределение служащих будет следующее:

Служащие—немцы	Служащие—русские
1 технорук	1 зав. магазином
1 оберштейгер	1 пом. бухгалтера
2 магазинных штейгера	1 переводчик
1 инженер-специалист	
1 бухгалтер	
Всего 6 служащих—немцев	3 служащих—русских

Календарный план работ по проходке обеих шахт Щегловская № 1

Данные о времени и работе, приведенные в вышеизложенных описаниях в отношении углубок, возведения кирпичной крепи и цементирования, пригодны для каждой из обеих шахт. Так как расстояние между осями шахт должно быть 40-60 м и точки заложения шахт лежат на простирании, поэтому можно принять чередование слоев породы в существенных чертах одинаковым для обеих шахт. Следовательно и характер этих слоев, их водоносность, крепость и т. д. немного будут отличаться друг от друга.

В дальнейшем необходимо указать на последовательность и возможные совпадения отдельных периодов работы для обеих шахт, причем вкратце необходимо упомянуть о календарном плане работ всей установки. Для этого сравним чертеж на фиг. 64.

После изготовления замораживающего подвала, установки холодильных машин и по окончании постройки бурового копра для главной (подъемной) шахты, начинают замораживание шахты помощью компрессора, предварительно сделав разведку о качестве горных пород двумя буровыми скважинами. Необходимое замороженное ядро, согласно теоретического подсчета, должно быть готово по истечении 90 дней, так как оба комментом. Впервые непосредственно для проходки шахт этот способ был применен гор-прессора работают непрерывно. Вслед за этим начинают углубку главной шахты. По истечении 70 дней зона замораживания должна быть пройдена. В это время необходимо поддерживать в надлежащем виде замороженное ядро посредством компрессора

№ 1. Остальная часть шахты углубляется тогда в течение 10 месяцев и вслед за этим устанавливается армировка шахты.

Когда на шахте I (главной шахте) после 90-дневного замораживания будет создано замороженное ядро и оно поддерживается только компрессором № 1, на шахте II (вентиляционной шахте) помощью компрессора № 2 производится замораживание шахты на глубину 47,5 м, после того как были выполнены необходимые подготовительные работы.

После 65-дневного замораживания на шахте II освободился между тем на шахте № 1 компрессор № 1, так как углубка замороженной части шахты закончена и нет более необходимости поддерживать зону замораживания.

Поэтому компрессор № 1 используется для замораживания шахты № II. Оба компрессора должны тогда работать непрерывно 60 дней, так что общая продолжительность замораживания для шахты II составит:

$$65+60=125 \text{ дней}$$

Вслед за этим начинается углубка шахты. В течение этого времени для поддержания замороженного ядра достаточен компрессор № 2. Компрессор № 1 переключается для оттаивания шахты I.

По истечении 70 дней, замороженная часть шахты углублена. После этого период замораживания заканчивается и происходит оттаивание шахты II помощью компрессора № 2.

Далее идет углубка цементированной части шахты, которая заканчивается через 10 месяцев. Вслед за этим устанавливается армировка шахты и тогда убираются проходческие устройства. Все остальные детали оговорены в календарном плане (фиг. 64). Общее количество времени для проходки шахт на глубину по 150 м составит 28 месяцев.

В это время входит:

Для буровых работ в шахте I и II — $7\frac{1}{3}$ мес.

Период замораживания шахт I и II $16\frac{1}{3}$ мес.

На углубку шахт I и II, включая возведение всех зданий—28 мес.

Железобетонные туббинги

Как видно из описания Щегловской шахты, часть ствола может быть потребует туббингового крепления. Чугунные туббинги не изготавливаются в СССР, поэтому решено заменить их железобетонными туббингами.

Конструкция этих туббингов предложена германской фирмой Фрелих и Клюпфель-К. Дейльман.

Форма железобетонных туббингов соответствует радиусу шахты. Туббинговое кольцо может быть составлено из различных по величине частей, в зависимости от сечения шахты, постановки расстрелов и прочих предъявляемых к нему требований.

На четырех боковых поверхностях туббинги имеют стыковые поверхности, а на них выемки, которые при соединении образуют пустые места. В эти пустые места вкладывается армировочное железо, которое соединяется с выступающей железной арматурой железо-бетонных туббингов. Пустые места заливаются бетоном, так что получается монолитная крепь шахты из железобетона.

Промежутки между наружной стеной железо-бетонных туббингов и стенкой шахты заполняются шлаком, но лучше всего бетоном.

Изготовленная таким образом железо-бетонная стена равноценна такой же стене, изготовленной из набивного бетона. Так как железная арматура железо-бетонных туббингов пересекает в горизонтальном положении в наружных зонах пустые места в местах стыков и одновременно связывается с проходящей тут же вертикальной арматурой, то пустые места можно рассматривать, как сквозные, принимающие на себя растяжение, соответствующее полному сечению железо-бетонной арматуры.

Вливаемый в пустые места правильно составленный бетон настолько плотно схватывается туббингами, что смело можно говорить о монолитном креплении.

По сравнению с крепью из трамбованного в шаблонах бетона, крепление посредством железо-бетонных тюбингов имеет то преимущество, что шахта остается свободной от деревянных частей шаблонов, стены не нуждаются в выравнивании, арматура лежит правильно и что, тотчас же по замыкании кольца, шахта непосредственно может принять на себя давление.

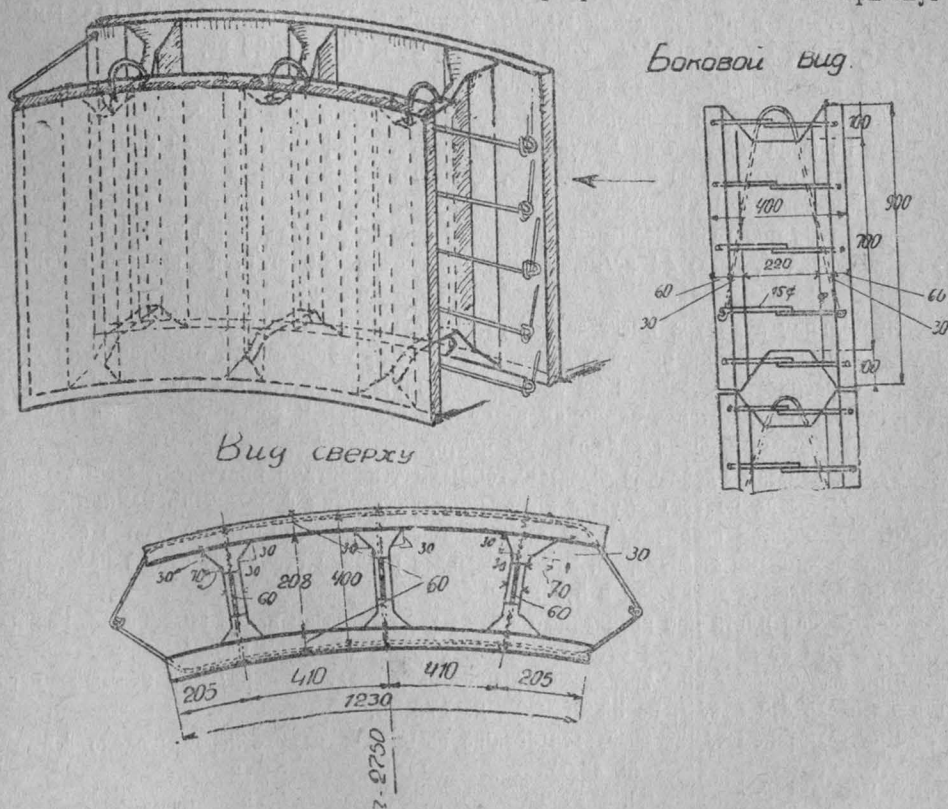
На случай притока воды возможно приспособить железо-бетонные тюбинги и для стока ее, уложив в них трубопровод.

Для установки расстрелов оставляют в железо-бетонных тюбингах в соответственных местах консоли с отверстиями для болтов. Эти консоли должны иметь ширину расстрелов, благодаря чему сечение шахты не суживается.

Толщина стенок железо-бетонного тюбинга в 40 см, изготовленного из портландского цемента и гравия в смеси 1:3, соответствует, при равном концентрическом напряжении, толщине шахтного кольца, устроенного из железа на цементном растворе в 1,20 м.

Железо-бетонный тюбинг, по сравнению с кольцом из каменной кладки, имеет то преимущество, что он допускает моментальную нагрузку напряжения и противостоит влиянию трещин в горной породе, наполненных водою; кроме того, шахтный ствол получается чистым и сухим.

Устройство тюбингового крепления происходит значительно быстрее, чем каменная кладка, стоимость транспорта материалов по шахте выражается только в $\frac{1}{3}$, выемка породы и ее откатка составляют при этом только $\frac{2}{3}$, шахтное сечение в свету 5,5 м (см. фиг. 72). Толщина тюбинга 40 см, армировка $2 \times 5 \Phi 15$ мм. При внут-



Фиг. 72

ренней окружности шахты 17,27 м уложено 14 тюбингов. Каждый тюбинг длиной по внутренней окружности 1,23 м, высотой 0,9 м, на шов принято 4,4 мм. Один тюбинг содержит 0,20 куб. м бетона с 36 кг железа, вес — 440 кг. Пустые места заполняются бетоном 0,25 куб. м с 12 кг железа. Для расстрелов оставляются гнезда на расстоянии 1,8 м.

По сравнению с креплением бетонитами толщиной в 60 см, железобетонные тюбинги требуют меньшего количества материалов и меньшей выемки породы.

При креплении бетонитами шахты диаметром в свету в 5,5 м потребуются выемка породы в 37,5 куб. м на каждый пог. метр шахты, а при железобетонных тюбингах—только около 33 куб. м, т.-е. получается экономия в 4,5 куб. м.

Утверждение о том, что там, где имеется одинаковое концентрическое напряжение, толщина стен из бетонитов толщиной в 60 см более надежна, чем крепление из железобетонных тюбингов в 40 см, не соответствует действительности.

Основанием для этого служит то обстоятельство, что крепление бетонными камнями (бетонитами) имеет швы, которые даже при самой добросовестной заливке цементным раствором не в состоянии противостоять напряжению, которое железобетонный тюбинг может принять на себя. В этих швах всегда получается воздушные пузырьки, почему имеются и пустые места и неплотное примыкание раствора к камню.

При преждевременном разрушении раствора получается неравномерное распределение напряжения на боковую поверхность фасонного камня, чрезмерное влияние на отдельные места и наблюдаемые в силу этого изломы краев.

При железобетонных тюбингах получают швы только у выемок, имеющих ширину 6 см. Таким образом поперечное сечение, которое переносит напряжение выше нормального, будет

$$40-(2 \times 6)=28 \text{ см.}$$

Основываясь на коэффициенте безопасных расчетов, т.-е. максимальном напряжении бетона в 300 кг/куб. см и раствора для заливки швов в 100 кг/куб. см, получаем допустимое напряжение при железобетонном тюбинге в $28 \times 300 + 12 \times 100 = 9600$ кг, а при креплении фасонным камнем в $60 \times 100 = 6000$ кг.

При производившихся до настоящего времени сравнениях крепления железобетонными тюбингами с креплением из каменной кладки или фасонными бетонными камнями не была принята во внимание в отношении первых железная арматура. Железная арматура имеет то преимущество, что ею воспринимаются напряжения, сгибания и скручивания. По статическим расчетам железная арматура в выемках воспринимает на себя при горизонтальном положении около 34 кг/кв. м и около 10 кг/кв. м при вертикальном, всего 44 кг/кв. м, или округленно 750 кг/п. м шахтного крепления.

Продольная арматура имеет также весьма существенное значение, что выяснилось из наблюдений при процессе добычи, когда могут возникнуть односторонние давления, не распространяющиеся на противоположную сторону, в силу чего шахтный ствол должен противостоять влияниям сдвигов и изгибов. В месторождениях с крутым падением подобные явления наблюдаются часто.

Таким образом крепление железобетонными тюбингами представляет значительные преимущества по сравнению с креплением бетонными фасонными камнями.

При сравнении стоимости этих двух способов крепления, преимущество остается за железобетонными тюбингами. Это доказывает разница стоимости одного пог. метра шахтного крепления диаметром в 5,5 м.

Заработная плата при креплении по этим двум способам почти одинаковая. Разница получается от количества бетона, железа, выемки и выдачи породы.

При фасонном камне требуется на куб. метр больше бетона: на каждый пог. метр — около 4,5 куб. м, по 35 мар... м. 175,50.

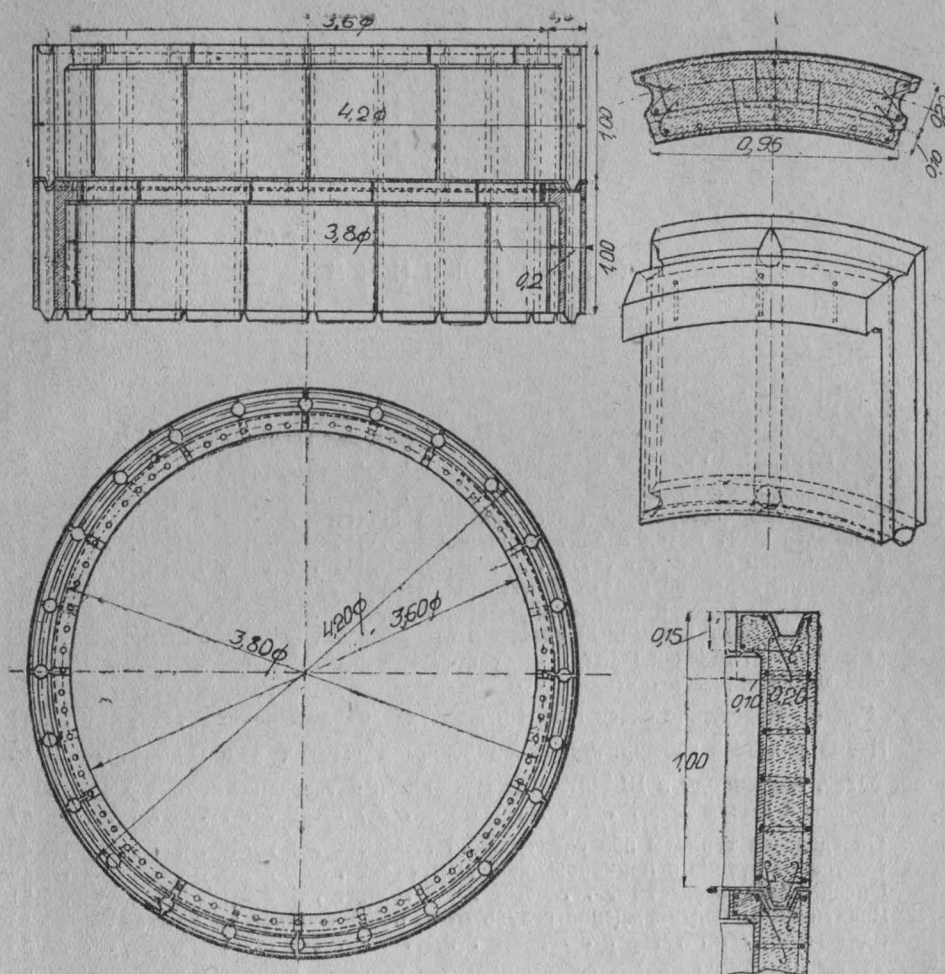
При фасонном камне требуется больше выемки и выдачи породы: около 4,5 на куб. м по 10 мар....

M. 45,00
M. 202,50

При железобетонных тюбингах требуется дополнительно железа 750 кг по 26,50 м за 100 кг, всего материал, обработка и укладка м. 200,00.

Таким образом железобетонные тюбинги при почти одинаковой стоимости дают возможность создать несравненно лучшее крепление.

На фиг. 73 показано крепление железобетонными тюбингами для шахты диаметром в свету 3,80 м.



Фиг. 73

I сегмент тьюбинга имеет:

внутренней длины 0,95 м.

высоты 1,00 м.

На полную окружность шахты необходимо будет 12 шт. Содержание бетона в каждом сегменте около 0,20 куб. м с 22,5 кг железа. Вес 440 кг. Пустые места заполняются бетоном 0,02 куб. м. Сопротивление давлению 42 кг/см².

Техн. редактора: } А. Темиряев
 } З. Гандлевская

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
Предисловие	3
Проф. В. Шульц.—Новейшие достижения в проходке шахт	9
Инж. Кудлай П. Ф. и инж. Стройлов М. С.—О проходке шахт фирмой „Гемайн-шафтсгрупп“ в Рурском бассейне	25
Оборудование проходок	26
Разведочные работы перед прохождением шахты	26
Проходка шахт методом замораживания	27
О креплеции шахт	30
Крепление каменной кладки шахты, пройденной способом замораживания	31
Другие виды водонепроницаемой крепи	33
Крепление шахт в обычных условиях	33
О скорости проходки шахт	35
Заключение	37
Проф. Гейзе.—Положение слоев глины в шахтах замораживания	41
Новые данные о расширении слоев глины в шахтах замораживания	46
Горн. ассес. Юнгеблотт и Шмидт.—Схватывание и затверждение бетона в замороженной шахте	47
Определение теплоты при схватывании	48
Состояние бетона в замороженной шахте	49
Определение твердости	51
Практическое подтверждение результатов, получившихся от опытов	53
Заключение	55
Горн. ассес. Шмид.—Проходка шахты „Августа Виктория“	57
Измерение температуры и наблюдения при замораживании и оттаивании	64
Стоимость проходки	68
Гейзе и Гербст.—Цементация породы	72
Укрепление уже пройденных шахт путем цементации	72
Пропитывание цементным составом водонепроницаемого крепления шахт	73
Прекращение подступа воды у подошвы шахт с опускной крепью и пробуренных шахт	74
Цементация при проходке шахт	74
Сущность способа и его применимость к различным горным породам	75
Промывка горных пород	75
Выбор цемента и условия смешивания	76
Необходимые условия при нагревании цемента	76
Длительность затвердевания цемента и пространственное распространение цементации	77
Правила цементации	77
Цементация с поверхности. Крепление и отделка буровых скважин	77
Пропитывание буровых скважин	78
Обратное вытекание излишнего цементного раствора	78
Данные по фактическому выполнению и стоимости	79
Пропитывание цемента способом уступов, начиная от забоя шахты	79
Скважины для вертикальных труб и укрепление последних	80
Скважины для цементации	80
Пропаривание скважин цементацией	81
Данные о выполнении и стоимости	82
Асзергон.—Применение цементирования в горном деле	83
Проходка шахт	83
Проходка с помощью процесса силикатизации	85
Крепление шахт	88
Дальнейшие виды применения цементирования в горном деле	91

Проф. Гейзе.—Новейшее развитие Ганигмановского способа шахтобурения . . .	92
Проходка шахт в плавучей породе пневматическим способом	100
Смета для проходки шахт в плавучей породе по способу с сжатым воздухом	103
Выписка из справочной книги	104
Водоотлив при проходке шахт	104
Мотор для проходческого насоса	106
Проект Щегловской шахты № 1	113
Выбор способа проходки	114
Крепление шахт	115
Необходимое для замораживания шахт количество фригорий	115
Буровая установка для труб замораживания	117
Проходка и крепление шахт	123
Углубка замороженной части шахты	126
Комплект подземных рабочих	130
Проветривание	131
Выкладка стен крепи шахты, пройденной способом замораживания	131
Техническое оборудование в замороженной части шахты	133
Углубка и крепление части главной и вентиляционной шахты, проходимой цементацией	133
Углубка и цементирование части шахты	139
Производительность	140
Возведение кирпичной крепи в цементированной части шахты	140
Цементирование слоя гравия позади стен шахтной крепи	141
Технические устройства внутри цементируемой шахты	141
Календарный план работ и производительность в цементируемой шахте	142
Специальное крепление шахты	143
Комплект подземных и поверхностных рабочих, технического и служащего персонала при проходке шахт	143
Штат служащих	145
Календарный план работ при проходке обеих шахт	145
Железо-бетонный туббинг	146

„ЗА ПРОМЫШЛЕННЫЕ КАДРЫ“

12 номеров в год. Подписная цена:

На 1 год — 8 руб.

„ 6 мес. — 4 „

„ 3 мес. — 2 „

ЗАДАЧИ ЖУРНАЛА:

Освещение всех вопросов, касающихся подготовки инженерно-технических и рабочих кадров для промышленности.

ПРОГРАММА ЖУРНАЛА:

Статьи по вопросам промышленных кадров, по обмену опытом, по обмену и руководству технической школой и техническими кадрами, заграничного опыта в области подготовки промышленных кадров.

Распоряжения и постановления Главпромкадра и др. организаций касающихся подготовки промышленных кадров.

ПОДПИСКА ПРИНИМАЕТСЯ магазинами, отделениями, уполномоченными Книгоцентра и на почте.

К книжкам: Как стать хорошим инженером

„ВЕСТНИК ИНЖЕНЕРОВ И ТЕХНИКОВ“

12 номеров в год

Подписная цена:



На 1 год — 18 руб.

„ 6 мес. — 9 „

ЗАДАЧИ ЖУРНАЛА:

Освещение и популяризация новейших достижений науки и техники. Журнал рассчитан на инженеров и техников и квалифицированных практиков.

Подписка принимается магазинами, отделениями, уполномоченными Книгоцентра и на почте.

ИНОСТРАННЫЙ ОПЫТ В КАМЕННОУГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.

Выпуск первый. ПРОХОДКА ШАХТ.

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

(Исправьте перед пользованием книгой).

Стр.	Строки	Напечатано	Должно быть
6	23 сверху	резолуция	резолуции
11	5 снизу	захотет считает за	захотеть считать за
12	1 сверху	шахту, но	шахту, то
12	6 и 7 сверху	сильво водоносные,	сильно водоносные,
14	27-28 св.	достаот с помощью	достаот с помощью
14	30-31 "	мавшихся буров из глубоких Для вытаскивания сло-	Для вытаскивания сломавших- ся буров из глубоких
15	3 сверху	шариковые клапана	шариковые клапаны
19	18 снизу	криогридрата	криогидрата
20	7 "	содействовал	содействовали
21	1 и 4 снизу	Dlückauf	Glückauf
21	3 снизу	Salihen	Salinen
21	9 "	Technische he Blätter	Technische Blätter
21	11 "	Teststellunen	Teststellungen
22	7 "	сегментами	сегментами
25	3 сверху	Гемайншафтсгрупп	Гемайншафтсgruppe
31	21 снизу	предоставляет	предоставляет
32	1 сверху	Б. Производительность	Б. Производительность
33	18 "	простанство	пространство
34	2 снизу	приведенные	приведенные
35	33 "	и кепрление	крепление
38	14 сверху	Lüneberg	Lüneberg
38	15 "	Thüringen	Türingen
39	4 "	Melvissen	Mevissen
39	5 "	Movissen	Mevissen
39	13 "	Lüneberg	Lüneberg
39	14 "	Thüringen	Türingen
40	4 "	Mevis I	Mevissen I
40	5 "	Mevis II	Mevissen II
40	6 "	Wengland	Wendland
40	7 "	Welheim I	Wilheim I
40	8 "	Welheim II	Wilheim II
41	2 снизу	„Der Bergdaü“	„Der Bergbau“
46	23 "	диллюзияльного	дилювиального
49	21 сверху	холод который	холод которой
51	5 снизу	(см. таб. на стр. 53)	(см. таб. на стр. 52)
57	12 сверху	железобитонном	железобетоном
62	24 снизу	имеси	примеси
63	6 "	перерывов	перерывов

Стр.	Строка	Напечатано	Должно быть
68	12 сверху	рудников	рудником
69	17 снизу	осторожно	осторожно
74	15 сверху	как бы описан	как был описан
80	2 снизу	(фиг. 38)	(фиг. 39)
81	1 сверху	фиг. 38	фиг. 39
81	18 „	на фигуре 39	на фигуре 40
82	7 „	(фиг. 38)	(фиг. 39)
95	Подпись к фиг. 45	на дневной	на дневной
96	Фиг. 46 и 47	перевернуты вверх ногами	
102	18 сверху	(фиг. 54-56)	(фиг. 53)
104	2 „	B. Band	13 Band
105	19 снизу	в порчной	в прочной
107	23 сверху	шарикоподшипники принимает	шарикоподшипник и принимает
111	12 снизу	выбросить, вместо нее вставить пропущенную строку: „ный мгновенный момент напряжения“.	
116	23 сверху	В гидролоническом	В гидрологическом
117	2 снизу	на фиг. 62	на фиг. 61-а
119	19 сверху	как показано на фиг. 63	как показано на фиг. 62
131	21 „	на фиг. 66-а	на фиг. 66
140	6 снизу	портланд-цемент	портланд-цемент
141	16 „	для	для
143	20 „	на фиг. 66-а	на фиг. 66
144	11 сверху	1 машиниста	4 машиниста
145	4 снизу	„ментом. Впервые и т. д.“	выбросить всю строку
146	8 сверху	между те мна шахте	между тем на шахте
150	4-5 „	„Гемайншафтсгрупп“	„Гемайншафтсgruppe“
150	9 „	О креплечии шахт	О креплении шахт
151	1 „	Ганигмановского	Гонигмановского

