

ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ИЗОЛЯЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ЕЕ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЦЕЛЕЙ В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Доц. Ч. Л. Мочульский

Крепление горных выработок обычно производится при помощи кирпичной кладки на цементе, бетонирования или цементной заливки. В зависимости от напора воды, ее количества, состава, температуры или от технических условий применяют цемент самых разнообразных марок, причем используются песок и гравий самого разнообразного гранулометрического состава и качества. К недостаткам кирпичной и даже бетонной кладки относится их водопроницаемость (в особенности при большом напоре воды).

При цементной заливке необходимо иметь значительную толщину цементного слоя, а также отсутствие движения воды. Только при этих условиях цемент схватывается и обладает в известной степени водонепроницаемостью.

Надо одновременно отметить, что бетон и даже цемент не заполняют полностью всех пустот, которые они должны заполнять. Например, плохо заполняются трещины и неровности в стенках горных выработок, если они незначительных размеров. Эти пустоты и трещины при бетонировании и цементации всегда заполняются водой, так как она хорошо проникает во все, даже мельчайшие, трещины.

Этой способностью воды проникать и заполнять все трещины автор пользуется при предлагаемом виде тампонажа.

Веществом, которое может изолировать трещины и неровности в горных породах и не допускать воду в горные выработки, является резина. Резина эластична и может расширяться и растягиваться до 300—400 % от своей первоначальной длины, не разрываясь, и под воздействием нагнетаемой воды она заполнит все неровности в стенках выработок. Резина совершенно не пропускает воды, она не теряет своих эластичных свойств при температурах от $+20$ до -70° . Из синтетического каучука готовят резину, выдерживающую даже температуру до $+200^{\circ}$. Если на резину не действует высокая температура и сильный солнечный свет и если она находится не в сухой атмосфере, то она не стареет долгое время (в продолжение 20—30 лет и более). Таким образом, резина в подземных горных выработках всегда будет находиться в благоприятных условиях.

Сущность гидравлической изоляции заключается в следующем: для изоляции водоносных пород, вскрытых горной выработкой, к стенкам выработки прижимается резиновая лента (пластина) при помощи нагнетаемой насосом воды. Вода надавливает на резину с противоположной от выработки стороны с силой P_1 , большей, нежели давление P водяного пласта, пересеченного выработкой (рис. 1). Таким образом, давление на резиновую ленту со стороны выработки P_1 должно быть

больше P давления водяного пласта, пересеченного выработкой, на некоторую величину, например на 3—4 атм. Под воздействием разницы в давлениях (3—4 атм) резиновая лента (пластина) плотно прижмется к стенкам выработки, заполнив все ее неровности, изолирует водяной приток и предотвратит протекание воды в выработку. Эта изоляция произойдет полностью, так как мягкая, как уже говорилось, эластичная резина под воздействием давления накачиваемой воды заполнит все пустоты и неровности выработки. Что это происходит описанным образом, доказал опыт, произведенный в лабораторной обстановке. В плетеный из шпагата кожух поместили резиновую трубу, в которую накачали воду под давлением до 10—11 атм. Резиновая труба расширилась при давлении до 4 атм и при давлении 9—10 атм очень плотно прижалась к внутренним стенкам, приняв приблизительно форму, изображен-

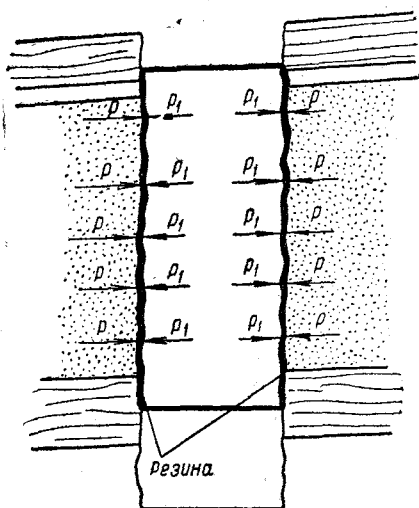


Рис. 1.

P — давление; P_1 — давление накачиваемой воды; $P_1 = P$

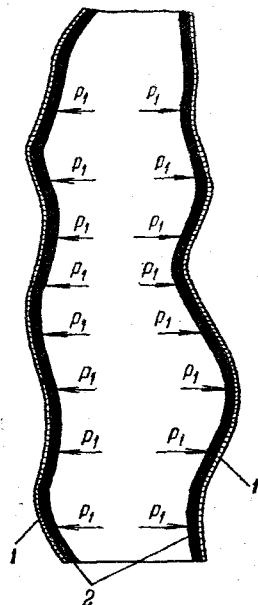


Рис. 2.

1 — кожух, сплетенный из шпагата;
2 — резиновая труба

ную на рис. 2. Под давлением 10—11 атм кожух разорвался и одновременно лопнула и резиновая труба, не сдерживаемая кожухом при дальнейшем расширении. В этом опыте резиновая труба в кожухе расширилась на 100—110% по сравнению с первоначальным диаметром. Опыт показал, что резиновая труба под воздействием накачиваемой внутрь ее воды хорошо расширяется и плотно заполняет весь объем, в который она помещена. Одновременно этот опыт также показал, что резина может выдерживать большое давление лишь в том случае, если она работает как прокладка.

Простое и надежное устройство для осуществления гидравлического тампонажа (рис. 3) состоит в следующем: на стальную трубу надевается резиновая толстая труба; концы ее при помощи проволоки (или другим способом) крепко прижимаются к стальной трубе; стальная труба внизу снабжена всасывающим клапаном; по бокам стальная тру-

ба несет два обратных клапана (шариковые, тарельчатые или кольцевые). Прибор спускается в выработку на герметических трубах (рис. 3 и 4). Герметизация при помощи описанного прибора производится так: насосом с поверхности по трубам накачивается вода, при этом всасывающий клапан садится в гнездо и закрывает нижнее отверстие; благодаря развиваемому насосом давлению два боковых обратных клапана открываются, вода устремляется через отверстия в полость (пространство) между стальной и резиновой трубами и прижимает резиновую трубу (расширяя ее) к стенкам выработки, чем и осуществляется тампонаж (изоляция) водяного пласта. Как мы уже упоминали, давление в насосе можно развить до 3—4 атм и более, вследствие чего резиновая труба расширится до размеров выработки, плотно к ней прижмется и заполнит все неровности в стенках выработки. По исчезновении надобности в тампонаже (если мы имеем дело со скважиной) в скважину бросают долото или иной подобный предмет, который разбивает спускную трубку¹, вследствие чего вода вытекает из резиновой трубы, резиновая труба принимает первоначальный диаметр, и прибор свободно может быть извлечен из скважины.

Подобный прибор может быть применен в скважинах и шахтах при проходке последних в трудных условиях.

Укажем на некоторые случаи применения гидравлического тампонажа на каменноугольных рудниках.

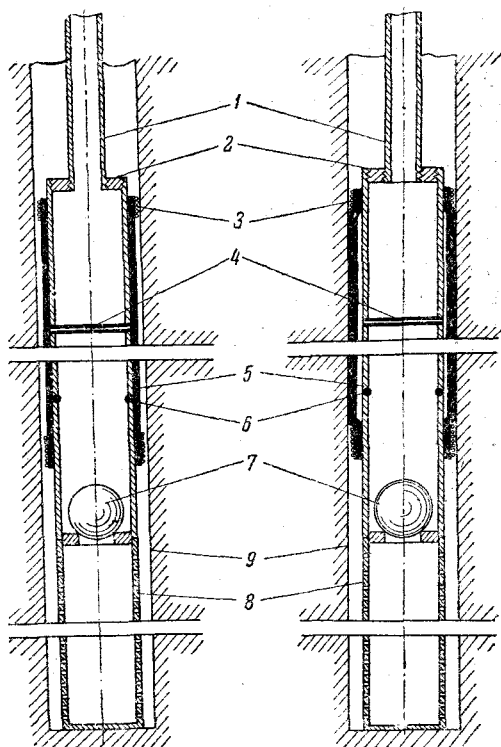


Рис. 3 и 4

- 1 — трубы, на которых прибор спускается;
 2 — переводник; 3 — вязальная проволока;
 4 — спускная трубка; 5 — стальная труба;
 6 — обратный клапан; 7 — всасывающий клапан;
 8 — перфорированная труба; 9 — стенки скважины (шахты)

1. Спуск воды из старых выработок при помощи буровых скважин

Как известно, на границе с соседними разработками для предупреждения затопления шахты (каменноугольного рудника) оставляются предохранительные целики угля шириной 10 м на пологопадающих пластах и 18 м на крутопадающих пластах. Если работы ведутся вниз

¹ Спускная трубка, открытая с обоих концов, впаивается в сквозные отверстия в стенках стальной трубы.

затопленных выработок, то ширина предохранительных целиков угля должна быть не менее 10 м для пологопадающих пластов и 30 м для крутопадающих. Эти целики в обычных условиях гарантируют безопасность работ и предохраняют от проникновения воды из старых выработок.

Иногда расчеты оказываются ошибочными или уголь и породы по своим свойствам неблагоприятными (легко размываются, трещиноватые и т. д.), тогда вода может прорваться и затопить горные выработки. Если даже внезапного прорыва не произойдет, все же может случиться, что предохранительный целик окажется подработанным, и по образовавшимся в нем трещинам вода будет проникать в рабочее пространство и горные выработки, где могут создаться невыносимые для работы условия. Во избежание внезапного прорыва или просачивания воды из старых выработок рекомендуется производить спуск из них воды. Обычно спуск воды производится при помощи буровых скважин, проведенных из нижних горизонтов. Скважины, в зависимости от условий, проводятся под любым углом к горизонту. Бурение можно производить или станками КА-300 (типа Крелиус) или, если скважина проводится по углю — при помощи колонкового электросверла ЭБК-2м, переконструированного для бурения скважин глубиной до 50 м. Недостатком станка КА-300 в подземных условиях является то, что для установки его с электродвигателем надо иметь камеру объемом до 60 м³. Бурение можно производить и другими алмазными станками. Одним словом, можно утверждать, что в зависимости от глубины (длины) скважины, диаметра и от физических свойств пород всегда можно тем или иным станком пробурить скважину для спуска по ней воды из старых выработок. В хороших геологических условиях бурение протекает успешно, и скважина или несколько скважин успешно дренируют старые выработки. Осложнения, грозящие затоплением выработок и даже всей шахты, могут произойти в том случае, если скважина проводится по трещиноватому углю, трещиноватым или размывающимся горным породам.

В этом случае вода из буровой скважины может по трещинам проникать или в выработку (камеру), из которой ведется бурение, или в другие выработки. Здесь главное внимание надо обратить не на бурение скважины, которое легко может быть осуществлено, а на борьбу с размывом стенок скважины, который грозит затоплением выработок и даже всей шахты.

Для предотвращения размыва скважины необходимо произвести герметизацию устья скважины и герметизацию в скважине, предотвратить протекание воды по размывающимся или трещиноватым породам.

Оба эти мероприятия можно осуществить с помощью предлагаемого гидравлического тампонажа.

Для герметизации устья скважины можно применять тот же гидравлический прибор, видоизменив его устройством следующим образом: в устье скважины, диаметром около 8" и глубиной около 3 м, вставляется стальная труба, которая будет служить направляющей трубой. Вместо цементации трубы применяем гидравлический тампонаж, для чего на стальную трубу надевается резиновая труба, закрепленная на концах к стальной трубе при помощи проволок или иным способом. Конец металлической трубы имеет предохранительный шарнирный клапан. Вверху труба имеет навинтованное отверстие с обратным клапаном; присоединяя к клапану трубочку, ведущую к насосу, мы нагнетаем воду в резиновую трубу, которая расширяется и прижимается к горной породе (рис. 5).

Для предотвращения выброса воды при вынудом снаряде сверху к фланцу прикрепляется задвижка Лудло. Для предотвращения вытекания воды через кольцевые отверстия между штангой и направляющей трубой над задвижкой Лудло устанавливается штанговый сальник. При помощи прижимной буksы набивка уплотняется и прижимается к полированной штанге. Таким образом, промывная жидкость при бурении нагнетается насосом через полировочную штангу в буровые штанги, затем в буровой снаряд, и, оmyв забой скважины и захватив разбуренную породу, возвращается сначала по кольцевому пространству между штангами и стенками скважины, а затем между штангами

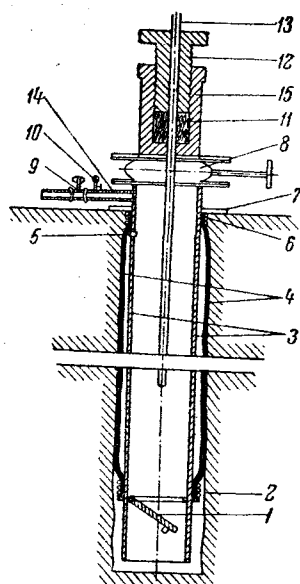


Рис. 5.

1 — предохранительный шарнирный клапан; 2 — стенка буровой скважины; 3 — стальная труба; 4 — резиновая труба; 5 — обратный клапан; 6 — вязальная проволока; 7 — фланец; 8 — задвижка Лудло; 9 — кран; 10 — манометр; 11 — сальниковая набивка; 12 — прижимная буksа; 13 — полированная штанга (буровая); 14 — трубы для отвода промывной жидкости; 15 — корпус сальника

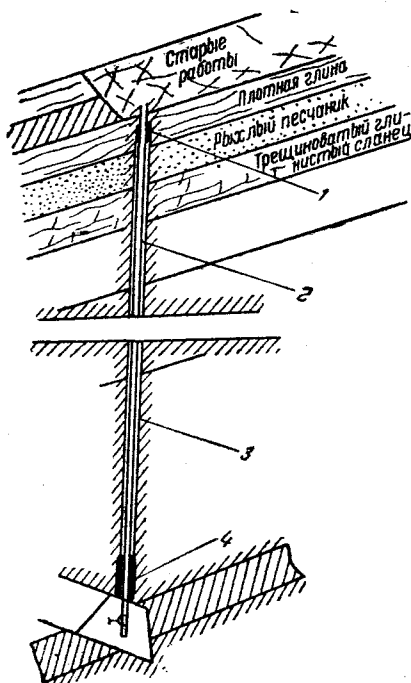


Рис. 6.

1 — гидравлический тампонаж (по рис. 3 и 4); 2 — труба для спуска воды; 3 — стенка скважины; 4 — герметизирующее устройство устья скважины (по рис. 5)

и стальной трубой и вытекает в выработку по трубе для отвода промывной жидкости, снабженной краном и манометром. Этим устройством предотвращается размывание устья скважины, а присутствие в трубе предохранительного клапана и задвижки Лудло дает возможность вынуть буровой инструмент при достижении скважиной старых горных работ. При этом устройстве, снабдив буровые штанги около бурового инструмента обратным клапаном, можно бороться с водой, хлынувшей по скважине из старых выработок, можно остановить вытекание воды через буровую скважину.

Пробуриив скважину до старых выработок, сделав предварительно гидравлический тампонаж устья скважины, останавливают течение воды по скважине в выработки нижнего горизонта и приступают к установке гидравлического тампонажа в скважине, избрав для этого место в плотной, не пропускающей воду породе, например в плотной глине. Гидравлический тампонаж производят перед пористыми и трещиноватыми породами, не допуская их размывания и прохождения по ним воды. Установив гидравлический прибор, мы тем самым не дадим возможности воде соприкоснуться со стенками, в результате чего вода направляется по трубам, на которых прибор для гидравлического тампонажа введен в буровую скважину (рис. 6).

2. Измерение давления CH_4 (метана) в угольном пласте

Для замера давления метана в угольном пласте помещают кусок угля (керн), полученный из скважины, в закрытый герметически сосуд и по показанию манометра в этом сосуде судят о давлении в угольном пласте CH_4 (метана). Давление медленно поднимается и через несколько дней или несколько недель, в зависимости от давления CH_4 и от плотности угля достигает своего максимума, на котором и останавливается. Это показание манометра можно с известным приближением считать за давление газа в пласте. Конечно, наблюдаемое давление меньше истинного давления газа в пласте по следующим причинам:

1) известное количество газа выделяется во время поднятия керна с забоя скважины и за время, нужное для помещения его в сосуд, где будет происходить замер давления газа;

2) керн для угля занимает малый объем по сравнению с объемом сосуда, где производится замер газа.

Чтобы получить истинный замер газа в пласте, можно воспользоваться уже описанным прибором (рис. 3 и 4) для гидравлического тампонажа, опустив его на трубах в скважину до кровли угольного пласта и закрепив его там же известным нам способом (рис. 7). Этим способом угольный пласт будет совершенно изолирован от воды, находящейся в скважине. Затем из труб, на которых гидравлический прибор спущен в скважину, свабом или желонкой откачивают всю воду. После откачки воды из труб приступают к замеру газа в угольном пласте. Для этого в паккер спускают на канате стальной цилиндр без дна; на наружной нижней части этого цилиндра надета резиновая труба. При опускании цилиндра наружная резиновая труба его садится на уступ металлической трубы, кольца раздавливаются и прижимаются к стенкам стальной трубы, чем осуществляется герметизация пространства в нижней части гидравлического устрой-

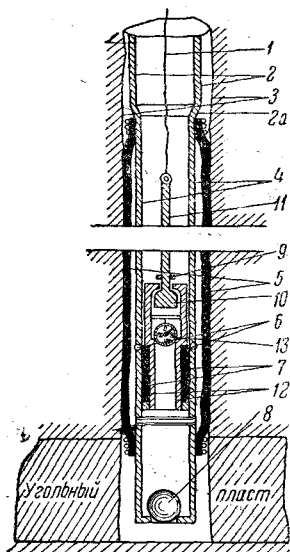


Рис. 7.

1 — стальной трос; 2 — трубы, на которых гидравлический прибор спускается в скважину; 2а — переводник; 3 — стенка скважины; 4 — стальная труба; 5 — резиновая труба; 6 — обратный клапан; 7 — резиновая набивка в форме трубы; 8 — всасывающий клапан; 9 — ограничитель; 10 — запорный клапан; 11 — штанга с запорным клапаном; 12 — стальная камера для помещения максимального манометра; 13 — максимальный манометр

ливаются и прижимаются к стенкам стальной трубы, чем осуществляется герметизация пространства в нижней части гидравлического устрой-

ства. В этой нижней части спускаемого на канате цилиндра помещается максимальный манометр. Воздух и газ при уплотнении и опускании этого цилиндра могут выходить через кольцевое отверстие вверх цилиндра, через которое проходит штанга. При натягивании каната верхнее отверстие стального цилиндра закрывается с помощью головки штанги, выполненной в виде полушария. Таким образом, максимальный манометр находится внутри цилиндра, закрытого шариковым клапаном сверху и имеющего сообщение с угольным пластом через отверстие в дне стальной трубы. Следовательно, показание манометра укажет действительное давление газа в пласте, так как объем внутреннего цилиндра по сравнению с объемом пласта ничтожен. Лучше и удобнее при помощи электрических проводов вывести показание манометра на поверхность. В этом случае можно наблюдать за возрастанием показания манометра и отметить время нарастания максимального давления.

3. Применение гидравлического тампонажа для дегазации угольного месторождения и утилизации выделяющегося при этом метана

С целью дегазации угольного месторождения и утилизации выделяющегося метана составляют ромбическую или квадратную сеть буровых скважин на площади угольного пласта и по углам сети проводят буровые скважины с таким расчетом, чтобы скважина вскрыла весь угольный пласт от кровли до ее подошвы. Над кровлей угольного пласта в каждой скважине производят гидравлический тампонаж, чтобы изолировать верхние водоносные пласты (рис. 8). После производства тампонажа желонкой или свабом откачивают воду из труб, на которых спускается прибор для гидравлического тампонажа. Это дает возможность свободно выделяться газу из угольного пласта по трубам, на которых прибор для гидравлического тампонажа спускается в скважину. Для предотвращения осыпания стенок скважины в угольном пласте и для свободного выделения газа внизу гидравлического прибора имеется перфорированная труба, через отверстия которой газ попадает внутрь гидравлического прибора, затем в трубы, на которых спускается гидравлический прибор, в скважину и, наконец, в горизонтальные трубы, проложенные на поверхности и соединяющие между собой вертикальные трубы, из которых газ засасывается эксгаустером или вентилятором и нагнетается в топки паровых котлов и на другие местные нужды (например очаги).

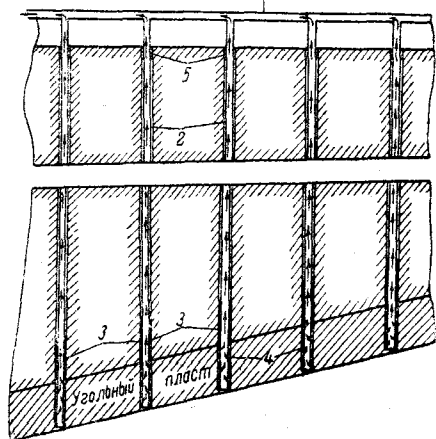


Рис. 8.

1 — труба, отводящая метан (CH_4) к компрессору или эксгаустеру; 2 — труба скважины, по которой газ проходит из угольного пласта в трубы 1; 3 — гидравлический тампонаж, выполненный по рис. 3 и 4; 4 — перфорированная труба (труба с отверстиями); 5 — герметизация устья скважины

При гидравлическом тампонаже всегда можно при истощении метана в пласте извлечь из скважины прибор для гидравлического тампонажа вместе с трубами, на которых он спускается в скважину;

что намного удешевляет дегазацию газа из угольных пластов по сравнению с цементным тампонажем, при котором трубы навсегда остаются в скважине. Большим преимуществом является также быстрота гидравлического тампонажа по сравнению с цементным.

4. Гидравлическая водонепроницаемая шахтная крепь

Если при проходке шахт не применяется цементация, то при бетонной и в особенности при кирпичной крепи вода всегда может проникнуть в шахту. Это наблюдается при большом напоре в водоносном пласте. Обычно при большом давлении воды применяется водонепроницаемая крепь (чаще всего после замораживания), причем в глубоких шахтах круглого сечения применяется металлическая водонепроницаемая крепь. Эта крепь бывает гладкая внутри или снаружи шахты. Более совершенной надо считать металлическую крепь, гладкую снаружи и снабженную горизонтальными и вертикальными ребрами и приливами внутри. Эта крепь обычно и применяется в Советском Союзе. Но и она имеет ряд недостатков, к которым надо отнести:

- 1) увеличение диаметра шахты при проходке, так как крепь снаружи заливается цементом или заполняется бетоном;
- 2) несмотря на тщательность сборки тюбингов и тщательность расчеканки свинца между отдельными сегментами и отдельными тюбингами всегда возможно сдвижение и деформация отдельных частей тю-

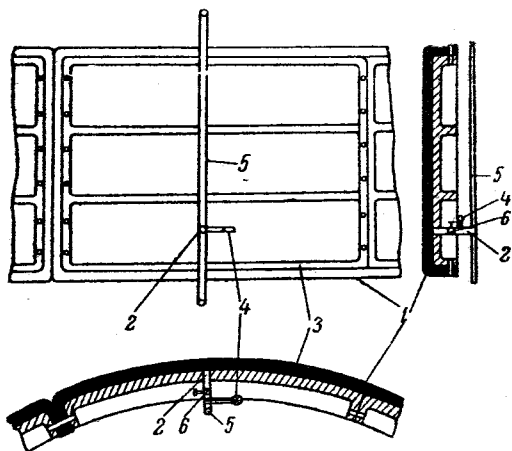


Рис. 9.

1 — резиновая лента; 2 — трубка для накачивания воды в резиновую полость; 3 — сегмент металлического тюбинга; 4 — манометр для замера давления воды в резиновой полости; 5 — соединительная трубка, соединяющая резиновые полости между собой; 6 — запорный кран

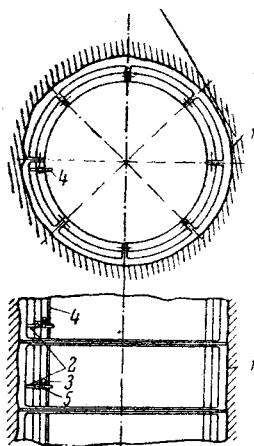


Рис. 10.

1 — резиновая лента; 2 — трубка для накачивания воды в резиновой полости; 3 — манометр для замера давления воды в резиновой полости; 4 — соединительная трубка, соединяющая резиновые полости между собой; 5 — запорный кран

бинговой крепи; в особенности это часто наблюдается при одностороннем давлении. Следствием этой деформации является течь, причем ремонт крепи считается чрезвычайно затруднительным делом;

- 3) во избежание деформации тюбинговой крепи при одностороннем давлении толщина ее делается чрезвычайно большой, что сильно удорожает возведение крепи.

Чтобы избежать перечисленных недостатков, можно предложить применение гидравлического тампонажа шахты. Сущность предложения

заключается в следующем. Собранное тубинговое кольцо (рис. 9 и 10) окружают снаружи лентой из мягкой эластичной резины толщиной 10—18 мм, причем ширина ленты берется равной высоте тубингового кольца (например 1×1500 мм) плюс двойная ширина горизонтального фланца (например 2×120 мм). Средняя часть ленты охватывает тубинговое кольцо, а верхняя часть полосы отгибается горизонтально шириной 120 мм и укладывается на верхний фланец тубинга, нижняя часть полосы шириной 120 мм укладывается под нижний фланец тубингового кольца. Еще лучше пойдет сборка, если у резиновой полосы на заводе отогнуты верхняя и нижняя части (рис. 11). Длина резиновой ленты берется равной наружной длине окружности собранного кольца тубинга плюс двойная ширина вертикального фланца (например 2×120 мм). Оба конца резиновой полосы, снаружи обле-

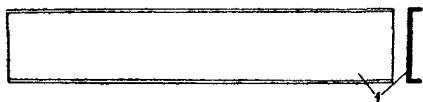


Рис. 11.

1 — резиновая лента



Рис. 12.

1 — резиновая лента

гающей собранное кольцо тубинга, пропускаются в одном месте между вертикальными фланцами и сжимаются болтами (рис. 9 и 10). Чтобы резиновая лента не была раздавлена между горизонтальными фланцами соседних тубингов весом верхних тубингов, необходимо фланцам придать фигурную форму (например изображенную на рис. 12).

При этой форме фланцев раздавливание и выдавливание резины может произойти лишь в части *ab*; в части *ca* резина может быть уплотнена на желательную величину, например на половину ее толщины. Сборка крепи может производиться в том же порядке, как и обыкновенной тубинговой крепи: снизу вверх или сверху вниз звеньями не выше 25 м. Предпочтительнее производить крепление звена снизу вверх, но никаких принципиальных возражений нет и против возведения крепи сверху вниз. В звене высотой до 25 м будет до 16 венцов (тубингов). Рассмотрим возведение предлагаемой крепи снизу вверх. Вначале устанавливают основной венец (обычным образом) на горизонтальном выровненном уступе; на уступ укладывают для выравнивания дубовые пластинки или стальные клинья. На основной венец укладывают рядовые венцы. После того как венец собран (основной или рядовой — безразлично), причем собраны должны быть как металлические, так и резиновые части, в пространство между стальным тубингом и герметически окружающей его резиновой оболочкой накачивают воду под давлением 2—4—6 атм, в зависимости от толщины и эластичности резиновой ленты с тем, чтобы лента расширилась и плотно прижалась к стенкам шахты. Для осуществления накачивания воды в одном из сегментов тубинга внизу делают сквозное навинтованное отверстие, в которое ввинчивается трубка, снабженная запорным краном и манометром. Каждая трубка каждого тубинга свинчивается с трубкой соседнего тубинга. Так образуется длинная вертикальная труба, соединяющая все тубинги между собой (см. рис. 9 и 10). Под воздействием накачиваемой воды резиновая лента, окружающая металлическое кольцо тубинга, расширяется и плотно прижимается к стенкам шахты, заполняя все ее неровности. Таким образом

осуществляется полная изоляция водоносных горизонтов шахты. Когда все тубинги звена шахты собраны, вторично накачивают воду, доводя ее давление в резиновых лентах до 4—6 атм. Для получения одинакового давления во всех венцах (тубингах) звена все запорные краны оставляют открытыми. Давление наблюдают по манометру каждого тубинга.

При таком давлении (до 6—8 атм) происходит полная изоляция водоносных горизонтов всего звена, причем резиновая лента не рывается, так как она работает лишь как прокладка между водой и стенкой скважины и ее расширение не преросходит 20--30 % (резина может расширяться на 300—400 %). Уместно вспомнить, что вода практически несжимаема. Вследствие несжимаемости воды, находящейся в кольцевом пространстве между тубингом и резиновой лентой, даже при одностороннем давлении горных пород на резиновую ленту давление на крепь (тубинг) будет равномерным, так как вода будет давить с одинаковой силой по всей окружности тубинга¹.

Гидравлическую водонепроницаемую крепь можно также применить при креплении железобетонными кольцами. Она имеет следующие преимущества:

1) осуществляется равномерное давление на тубинговую крепь даже при односторонней нагрузке, вследствие чего можно уменьшить толщину тубинговых колец;

2) уменьшается диаметр шахты в проходке;

3) облегчается прочеканка швов тубинга при протекании, для чего перед чеканкой из тубинга (венца) спускается вода, следовательно, вода не будет мешать работе; затем после ремонта вода вновь накачивается в пространство между тубингом и резиновой лентой;

4) разборка тубинговой крепи при ликвидации шахты производится легко, так как крепь не забетонирована и не зацементирована;

5) так как резина будет находиться в темноте, без доступа воздуха и при низкой температуре, то она не будет стареть и, следовательно, все резиновые ленты по прошествии 20—30 лет вновь могут быть употреблены в дело (вместо толстой резины можно брать несколько тонких листов; например, вместо резины толщиной 18 мм можно взять три листа по 6 мм).

¹ Смежные тубинги соединяются между собой обычным образом на болтах, причем болты проходят через соответствующие отверстия в резиновой ленте.