

Костин Б.Ф.

Я. С. СУРЕНЬЯНЦ

ВОДЯНЫЕ СКВАЖИНЫ

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РСФСР

Москва

1949

Ленинград

В книге описываются способы бурения скважин, оборудование, эксплуатация, ремонт и проектирование. Большое внимание уделено исследованию состояния дефектных скважин, восстановлению и тампонажу их.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников, занятых проектированием и эксплуатацией скважин.

Редактор *И. М. Шухер*
Техн. редактор *О. А. Гурова*

Сдано в набор 4/IX 1948 г. Подписано к печати 13/I 1949 г.
Формат бумаги $60 \times 92\frac{1}{16}$. Печ. л. $9\frac{1}{4}$. Уч. изд. л. 10.5.
Л 78057 Тираж 2000. Зн. в 1 п. л. 46000. Изд. № 219. Зак. 1486.

Типография изд-ва Министерства коммунального хозяйства РСФСР
г. Перово, ул. Плещева, 14.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В книге введен новый термин «водяная скважина» взамен применяемых в настоящее время в литературе: «артезианская скважина», «буровой колодец», «трубчатый колодец», «скважина для водоснабжения», «скважина на воду» и др. Мы полагаем, что новый термин имеет право на существование наряду с терминами «нефтяная скважина», «газовая скважина» и др.

Большое внимание в книге уделено новым видам работ — исследованию состояния дефектных скважин и их восстановлению, так как в последнее время потребность в восстановительных работах по скважинам в городах и промышленных предприятиях сильно возросла. Производительность восстановленных водяных скважин в среднем увеличилась на 40%, они стали более прочными и долговечными и в санитарном отношении более надежными. Во многих случаях исправлялись неудачные конструкции скважин, в результате чего улучшилось качество воды.

Дальнейшее накопление опыта позволит усовершенствовать методы работ, укоротить срок выполнения и удешевить их стоимость.

АВТОР

ВВЕДЕНИЕ

Подземные воды широко используются для водоснабжения городов и населенных мест, промышленных предприятий, для орошения сельскохозяйственных культур и многих других потребностей.

Максимальное количество воды, которое можно получать из водоносного пласта без его истощения, определяется условиями питания водоносного пласта, расходом подземного потока и гидрогеологическими свойствами водоносной породы. Эти вопросы составляют предмет гидрогеологии.

Водовмещающие породы бывают рыхлые — пески различной крупности, гравий, галька и трещиноватые — известняк, песчаник, мел, гранит и др.

Водовмещающие породы разделяются водоупорными породами, большей частью глинами.

По гидравлическим признакам различают подземные воды безнапорные и напорные. Первые имеют свободную поверхность воды и большей частью связаны с местной гидрологической сетью. Им присущи сезонные колебания уровня воды. Область питания их совпадает с областью распространения. По санитарным свойствам они относятся к подземным водам, не защищенным или ненадежно защищенным от загрязнений извне путем инфильтрации вод с поверхности.

Напорные подземные воды залегают в водоносном слое, перекрытом водоупорными породами, большей частью глинами. При достижении скважиной такого водоносного слоя уровень воды в ней под гидравлическим напором поднимается выше кровли водоносного пласта, и по условиям рельефа местности он может быть выше или ниже поверхности земли.

В санитарном отношении напорные водоносные слои достаточно надежно защищены от загрязнений с поверхности. Однако бывают случаи, когда по условиям залегания напорные воды могут иметь связь с вышележащими безнапорными водоносными слоями, недостаточно защищенными от загрязнений извне. Тогда их следует отнести к не вполне защищенным напорным подземным водам.

Добыча подземной воды осуществляется различного рода каптажными сооружениями.

При неглубоком залегании водоносного слоя применяются шахтные колодцы, горизонтальные водосборы и т. п., а при глубоком залегании, более 10 м, устраивают скважины.

Скважины применяются также при необходимости надежно изолировать эксплуатируемый водоносный слой от вышележащих или при одновременном использовании одной скважиной нескольких водоносных слоев, разделенных глинами. Скважины применяются и при большой водообильности водоносных слоев, когда сооружение шахтных колодцев встречает затруднения по водоотливу при производстве работ.

Скважины широко применяются в различных отраслях техники. По целевому назначению они разделяются на разведочные, вспомогательные и эксплуатационные.

1. К разведочным относятся скважины для поисков полезных ископаемых, для инженерно-геологических изысканий, геологических разведок и пр.

2. Вспомогательные скважины применяются для вентиляции подземных сооружений, пропуска через них кабелей, трубопроводов для воды, пара, газа и пр.; при взрывных работах; для закрепления грунта замораживанием, цементацией и другими средствами; для понижения уровня грунтовых вод; для устройства бетонных свай, при строительных работах и во многих других случаях.

3. К эксплуатационным относятся скважины для добычи горючих газов, нефти, рассолов, минеральных и пресных вод для водоснабжения.

В этой книге описываются скважины для водоснабжения городов, населенных мест, промышленных предприятий, ирригации и пр.

При недостаточных сведениях или при сведениях, не внушающих доверия, составляется проект эксплуатационно-разведочной скважины с целью получить дополнительные данные.

Если скважина проектируется в неразведанном или мало разведанном районе, то она проектируется как разведочная скважина.

Бурение разведочно-эксплуатационных и разведочных скважин должно производиться под постоянным наблюдением гидрогеолога, в противном случае нельзя рассчитывать на получение достоверных данных.

Качество подземной воды по солевому составу и по физическим свойствам очень разнообразно.

Для хозяйственно-питьевого водоснабжения может быть применена вода, согласно ГОСТ 2871—45, жесткостью не более 40°, с содержанием железа и марганца до 0,3 мг/л.

Имеющиеся в СССР большие запасы подземной воды, не удовлетворяющие нормам питьевого водоснабжения, могут быть использованы для промышленных нужд.

Глава I. СООРУЖЕНИЕ ВОДЯНЫХ СКВАЖИН

1. Водяная скважина и ее элементы

Скважиной называется вертикальная или наклонная горная выработка круглого поперечного сечения при большом отношении глубины к диаметру, проводимая с поверхности без доступа рабочей силы к забою.

Для водоснабжения бурятся скважины глубиной от 10 до 800 м. Глубина скважины диктуется глубиной залегания эксплуатационного водоносного слоя. Диаметр рабочей колонны скважины определяется расчетным дебитом, габаритами водоподъемника, опускаемого в скважину, и диаметром фильтра.

Производительность скважины зависит от свойств водоносного слоя и диаметра рабочей колонны и может колебаться в больших пределах. Имеются скважины производительностью от 10 до 1380 м³/час.

На рис. 1 показаны схема скважины и ее элементы. Надземная часть скважины называется устьем. Подземная ее часть состоит из ствола и водоприемной части. Ствол скважины крепится несколькими колоннами обсадных труб. Первая колонна называется кондуктором (направляющей), последняя — рабочей колонной и остальные — промежуточными колоннами.

Нижний конец каждой колонны заканчивается башмаком. Часть колонны обсадных труб, имеющая непосредственный контакт с породой, называется выходом колонны.

Нижняя часть скважины, вошедшая в эксплуатационную водоносную породу и служащая для получения воды, называется водоприемной частью скважины.

Неустойчивые породы водоносного пласта закрепляются фильтрами различной конструкции. На рис. 2 приведены некоторые виды скважин.

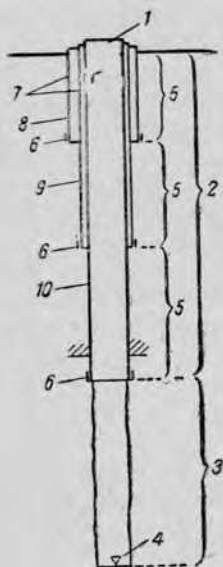


Рис. 1. Элементы скважины:

- 1 — устье; 2 — ствол; 3 — водоприемная часть; 4 — забой; 5 — выход колонны; 6 — башмак; 7 — кольцевые зазоры между трубами; 8 — кондуктор; 9 — промежуточные колонны; 10 — рабочая колонна.

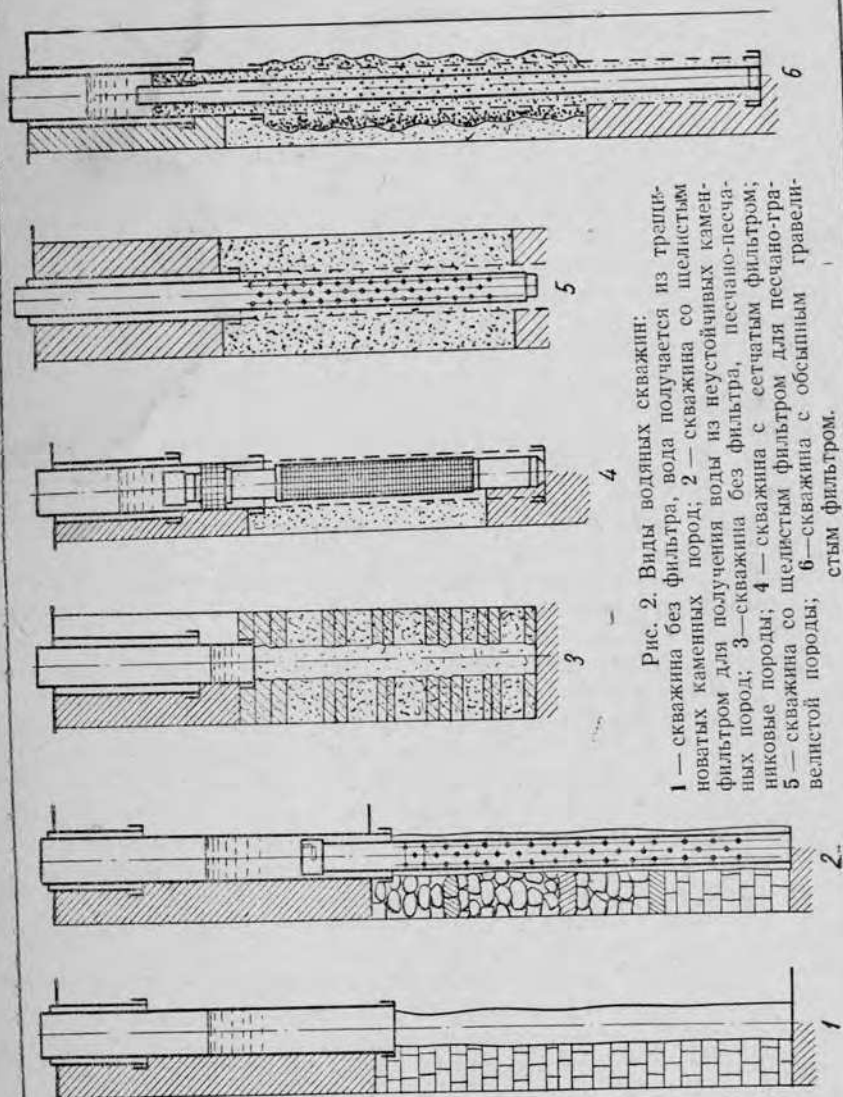


Рис. 2. Виды водяных скважин:

- 1 — скважина без фильтра, вода получается из трещиноватых каменных пород;
- 2 — скважина со щелевым фильтром для получения воды из неустойчивых каменных пород;
- 3 — скважина без фильтра, песчано-песчаные породы;
- 4 — скважина с сетчатым фильтром для песчано-гравелистых пород;
- 5 — скважина со щелевым фильтром для песчано-гравелистых пород;
- 6 — скважина с обсыпным гравелистым фильтром.

2. Способы бурения водяных скважин

Бурение скважины состоит из трех основных операций: разрушения породы, извлечения разрушенной породы и закрепления стенок скважины обсадными трубами.

Разрушение породы осуществляется ударами по забою наконечников, приводимых в колебательное движение, или истиранием породы на забое при помощи специальных наконечников, приводимых во вращательное движение.

По способу разрушения породы бурение скважин разделяется на ударное и вращательное.

Разрушенная порода извлекается из скважины вычерпыванием или же вымыванием водой или глинистым раствором.

Различают ударное бурение на штангах, — когда рабочие наконечники подвешиваются к сплошным или трубчатым штангам, и канатное бурение, — когда рабочие наконечники подвешиваются к стальным тросам.

При ударном бурении на трубчатых штангах может быть применена промывка забоя водой или глинистым раствором.

Вращательное же бурение производится на трубчатых штангах и обязательно с промывкой забоя глинистым раствором или водой.

При вращательном бурении применяются два способа разработки забоя: при роторном способе скважина разрабатывается сплошным забоем, а при колонковом бурении — кольцевым забоем; в скважине остается колонка породы — керн, который извлекается из скважины целиком. Колонки из рыхлой породы обычно разрушаются, поэтому длина керна бывает всегда короче глубины пробуренной скважины. Отношение длины керна к глубине скважины называется выходом керна.

Для бурения применяются буровые станки, приводимые в действие двигателями. Неглубокие скважины малых диаметров — до 150 мм — часто бурятся вручную.

Крепление скважины обсадными трубами производится или непрерывно — вслед за углублением, или же прерывисто, когда в пробуренную на некоторую глубину скважину опускают колонну обсадных труб.

Непрерывная посадка труб применяется при ударном бурении в неустойчивых породах.

Прерывистая посадка труб применяется при роторном бурении с глинистым раствором во всех категориях грунтов, а также при ударном бурении в устойчивых породах.

При первом способе удается получить выход колонны в рыхлых породах до 60 м, при втором способе выход колонны достигает нескольких сот метров.

Для бурения водяных скважин в настоящее время применяется преимущественно канатное ударное бурение и реже — бурение на штангах. Промывка забоя при штанговом ударном способе теперь почти не применяется.

Роторное бурение постепенно внедряется в практику бурения водяных скважин, но здесь оно встречает некоторые специфические затруднения. Несомненно, что роторное бурение приветствуется при условии снабжения буровых организаций легкими подвижными буровыми агрегатами, приспособленными для бурения скважин глубиной до 500 м и начальном диаметре 600—800 мм. Этот способ бурения дает большую экономию в расходе труб и времени на бурение.

Нефтяные роторные станки тяжелы для бурения водяных скважин, так как они рассчитаны на бурение скважин начального диаметра до 500 мм и глубиной до 3000 м.

Колонковое бурение применяется главным образом при разведках полезных ископаемых и с успехом может быть применено для бурения водяных скважин диаметром до 300 мм в твердых трещиноватых породах.

Для повышения эффекта бурения в некоторых случаях применяют комбинированный способ бурения — ударный с роторным или колонковым с промывкой забоя водой или глинистым раствором.

При роторном бурении применяется промывка забоя глинистым раствором, который насосом нагнетается в скважину через буровые трубы и вместе с разбуренной породой изливается через устье.

Таким способом удается пробурить несколько сот метров без крепления обсадными трубами. Скважина остается устойчивой до тех пор, пока в ней находится глинистый раствор. Он удерживает даже плывуны. В пробуренную таким образом скважину производится посадка обсадной колонны.

Скважина бывает заполнена глинистым раствором удельного веса 1,2—1,4. По всей глубине скважины глинистый раствор производит давление на внутренние стенки, удерживая их от обрушения. Одновременно происходит глинизация стенок скважины.

При бурении в эксплуатационном водоносном слое с глинистым раствором происходит глинизация водоносных слоев и полное прекращение проникновения в скважину воды из эксплуатационного водоносного слоя.

Ликвидация последствий глинизации оказывается весьма трудной. Поэтому теперь отказались при проходке эксплуатационного водоносного слоя от применения глинистого раствора, заменяя его водой.

Промывка водой значительно улучшает положение, но не устраняет полностью затруднения. При нагнетании воды через буровые трубы происходит подъем уровня воды в скважине и поглощение ее водоносной породой. Вместе с водой в водоносную породу проникают буровой шлам, взмученная глина и пр., и таким образом происходят засорение и глинизация водоносной породы, но в меньшей степени, чем от глинистого раствора.

Для ликвидации этих явлений по окончании бурения производят интенсивную строительную откачку.

Иногда приходится применять торпедирование (см. ниже, главу VII), так как бывает, что даже самая интенсивная и длительная откачка не приводит к желательным результатам.

Санитарные условия требуют для промывки забоя применения воды питьевого качества. Глинистый раствор должен быть приготовлен из чистой глины и воды с хлорной известью. Последняя, помимо дезинфекции, улучшает качество глинистого раствора.

3. Сравнительная характеристика основных способов бурения водяных скважин

Основными способами бурения водяных скважин являются канатно-ударное и роторное.

В настоящее время наибольшее распространение имеет канатное бурение. Оно хорошо освоено нашими буровыми организациями, и за последние годы достигнуты значительные успехи в эффективности бурения.

Канатно-ударным способом могут быть выполнены скважины любого диаметра и глубины. Он получил широкое распространение вследствие простоты производства работ, сравнительной легкости бурового комплекта и возможности производить бурение в безводных местностях.

Роторное бурение медленно внедряется в практику бурения водяных скважин. Для широкого его внедрения необходимы более легкие роторные станки, приспособленные для бурения скважин глубиной до 500 м, с начальным диаметром обсадных труб до 800 мм.

Большим преимуществом роторного бурения является то, что расход обсадных труб при этом способе значительно меньше, а подбашмачная цементация делает скважины более долговечными и в санитарном отношении более надежными.

Необходимость применения промывки забоя глинистым раствором или водой несколько осложняет подготовку скважины к эксплуатации, так как эксплуатационный водоносный слой неизбежно засоряется и глинизируется в процессе бурения даже при промывке водой. Имеются примеры, когда скважины, пробуренные в известняках роторным способом с применением глинистого раствора, имели ничтожный дебит, тогда как соседние скважины, пробуренные ударным способом, давали высокие удельные дебиты¹. Откачка не приводила к желательным результатам.

Радикальным способом для восстановления водоносности таких скважин является торпедирование в водоприемной части.

¹ Удельный дебит получается от деления дебита на соответствующее понижение уровня воды в скважине при откачке.

Опыты сооружения водяных скважин колонковым бурением дают основание рассчитывать на возможность применения его при бурении в трещиноватых и в особенности в твердых породах.

Комбинирование вращательного бурения с применением глинистого раствора в рыхлых породах и колонкового — в твердых породах должно дать хорошую эффективность.

В табл. 1 приводится характеристика способов бурения водяных скважин.

Таблица 1

Характеристика способов бурения водяных скважин

	С п о с о б б у р е н и я						
	штанговое		канатн., механич.	колон- ковое	ро- тор- ное	ударно- вращат.	комбини- рован., механич.
	ручное	механич.					
Способ разру- шения поро- ды	ударный штанги		трос	вращатель- ный трубчатые штанги		комбинированный штанги	
Характер за- боя	сплошной			коль- цевой	сплош- ной	сплошной или кольцевой	
Способ креп- ления обсад- ными труба- ми	непрерывное, иногда с опе- режением			прерывистое		непре- рывное	непре- рывное и прерыви- стое
Энергия	мускуль- ная	только механиче- ская		только ме- ханическая		мускуль- ная	только механи- ческая
Наибольшая глубина сква- жин, м	30	300	1500	2000	3000	30	3000
Наибольший начальный диаметр, мм	150	1200	1200	400	600	150	400

Глава II. ПОДГОТОВКА ВОДЯНЫХ СКВАЖИН К ЭКСПЛУАТАЦИИ

1. Строительная откачка

По окончании бурения поры водоносной породы бывают залены буровым шламом. Для освобождения их должна быть произведена строительная откачка. Вначале откачиваемая вода содержит значительные количества взвешенной породы, затем она постепенно осветляется и, наконец, откачивается свободной от взвесей. При увеличении производительности строительной откачки с водой выносятся дополнительное количество породы.

Более крупные частицы породы оседают на забой скважины и извлекаются из нее желонкой по окончании откачки.

Если производительность строительной откачки была меньше расчетной эксплуатационной, то в начале эксплуатации из скважины будет выноситься порода. Для избежания этого производительность строительной откачки должна превосходить эксплуатационную на 10—20 процентов.

После строительной откачки удельный дебит скважин обычно увеличивается, так как уменьшается гидравлическое сопротивление при выходе воды из породы в скважину. Чем совершеннее была строительная откачка, тем больший эффект может быть достигнут.

Строительная откачка имеет особо важное значение для скважин, оборудуемых фильтрами, так как в процессе откачки происходит отмывание мелких фракций, расположенных около стенок фильтра.

Для строительной откачки применяются временные установки, в частности опускаемые в скважину поршневые насосы, приводимые в действие от буровых станков.

Для удаления осадков с забоя приходится прерывать откачку, демонтировать водоподъемную установку и после очистки забоя снова ее монтировать для продолжения откачки.

Во избежание излишней работы целесообразнее производить строительную откачку эрлифтной установкой с водоподъемными трубами, опущенными в скважину почти до забоя. Форсунка эрлифта устанавливается выше, на глубине, допускающей нор-

мальную работу эрлифта. При такой установке вся проникающая в скважину порода будет выноситься водой на поверхность, отпадает необходимость чистки скважины, и откачка может производиться непрерывно до полного осветления воды. Во все время откачки забой остается чистым.

Полное освобождение скважин от бурового шлама имеет особое важное значение при оборудовании их вертикальными центробежными насосами, так как оставшийся в скважине шлам будет при эксплуатации выноситься и вызовет быстрый износ трущихся частей насоса.

Было немало случаев, когда новые насосы, опущенные в недостаточно промытую скважину, после нескольких часов работы выходили из строя.

Для скважин, оборудуемых эксплуатационными эрлифтными установками, полная строительная откачка не имеет большого значения, так как она может быть закончена эксплуатационной установкой.

Во время строительной откачки рекомендуется замерять динамический уровень¹ и проверять дебит. Обычно по мере осветления воды динамический уровень поднимается, дебит и удельный дебит возрастают. Когда будут достигнуты установившийся динамический уровень и дебит и вода не будет содержать взвесей, строительную откачку считают законченной.

Продолжительность строительной откачки зависит от свойств водоносной породы, степени загрязнения ее в процессе бурения и интенсивности откачки. Она колеблется в широких пределах — от суток и до месяца, иногда и более.

2. Пробная откачка

Пробную откачку производят для определения дебита и зависимости его от понижения уровня. При этом определяется и радиус депрессии.

Перед началом откачки точно замеряют статический уровень² воды в скважине, привязывая его к постоянной точке или реперу. Одновременно замеряют статические уровни в наблюдательных или соседних скважинах.

Откачка производится непрерывно, равномерно и с постоянным расходом до достижения установившегося режима откачки, т. е. до момента, когда динамический уровень в испытываемой и в наблюдательных скважинах перестанет понижаться.

С этого момента приступают к измерению количества откачиваемой воды и уровней в испытываемой и в наблюдательных скважинах.

При установившемся режиме ведут непрерывную откачку не ме-

¹ Динамическим уровнем называется уровень воды в скважине, установившийся во время откачки.

² Статическим уровнем называется уровень воды в скважине, когда из нее не производят отбора воды.

нее 24 часов, производя указанные измерения через каждые 30—60 минут.

Такую откачку производят для трех степеней понижения уровня воды и результаты откачек записывают в журнал.

Дебит и удельный дебит измеряют в м³/час или л/сек, уровень воды — в метрах, время заполнения мерных резервуаров измеряют по секундомеру.

Откачиваемую воду следует отводить от скважины таким образом, чтобы не было попадания ее обратно в скважину или в испытываемый водоносный слой.

В конце откачки отбирают пробу воды для химического и бактериологического анализов.

В сопроводительном письме к пробе воды для анализов указываются: наименование места расположения скважины и ее номер, год постройки, глубина, наименование водоносного слоя и глубина его залегания (по разрезу); дата взятия проб, температура воздуха; сколько времени перед этим откачивали скважину и при каком понижении уровня и расходе взята проба; каким водоподъемником производилась откачка.

Также должны быть указаны определенные при выемке пробы: температура воды, цвет, запах, вкус, прозрачность, появление пузырьков газа, выпадение осадка и прочие наблюдения, количество направленной для анализа воды (нужно 3 литра) и способ ее укупорки.

В сопроводительном письме указывается, какой анализ следует произвести: полный, сокращенный или поверочный; на какие составные части обратить особое внимание при анализе.

На сопроводительном письме должны быть подпись лица, отбиравшего пробу, и его замечания.

Пробу воды для бактериологического анализа отбирает госсанитарный инспектор или лаборант санитарной лаборатории.

3. Испытание самоизливающихся скважин

Для определения статического уровня самоизливающейся скважины обсадную трубу наращивают выше статического уровня или устанавливают чувствительный манометр на заглушенном устье скважины.

Дебит самоизливающихся скважин может быть определен измерением высоты колпака изливающейся струи над обрезом обсадной трубы или непосредственным замером расхода воды в мерных баках и на водосливах. По первому способу получают приближенные результаты, но замер производится быстро.

Для определения расхода воды свинчивают отрезки трубы ниже статического уровня, а динамический считают от обреза трубы или же сливают воду через штуцер с задвижкой на обсадной

трубе. Динамический уровень измеряют в трубе или по манометру (рис. 3 и 4).

При недостаточном количестве изливающейся воды производят откачку с понижением уровня воды в скважине ниже поверхности земли.

В зависимости от глубины динамического уровня применяют насос с горизонтальной осью или глубоководный водоподъемник.

4. Испытание скважин с динамическим уровнем ниже поверхности земли

При расчетной глубине динамического уровня до 9 м ниже поверхности земли откачку воды можно производить одноступенчатом центробежным насосом, установленным в пределах всасывания на поверхности земли или в заглублении (рис. 5). На нижнем конце всасывающей трубы укрепляют приемный клапан; на напорной трубе ставится задвижка для регулирования расхода воды.

Измерение количества откачиваемой воды производится: 1) по водомеру, установленному на напорной трубе, если вода не содержит большого количества взвесей; 2) по времени наполнения мерного резервуара или на водосливах.

Откачку воды из скважин, имеющих расчетный динамический уровень больше 9 м от поверхности земли, производят глубоководными водоподъемниками — штанговыми насоса-

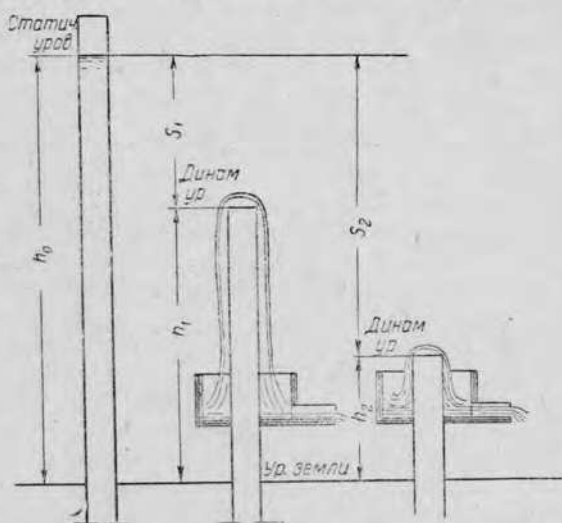


Рис. 3. Измерение дебита самонизливающих скважин.

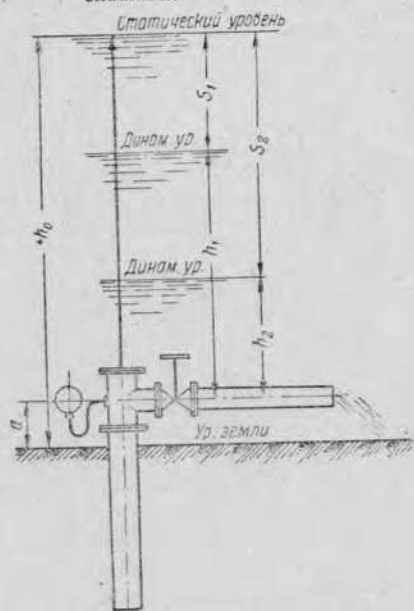


Рис. 4. Измерение дебита самонизливающих скважин при высоком пьезометре.

ми, вертикальными центробежными насосами или эрлифтной установкой.

Регулирование количества воды при откачке штанговым насосом производится изменением числа качаний, при откачке центробежным насосом — задвижкой, установленной на напорной трубе, а при откачке эрлифтом — изменением количества подаваемого сжатого воздуха и изменением глубины погружения форсунки.

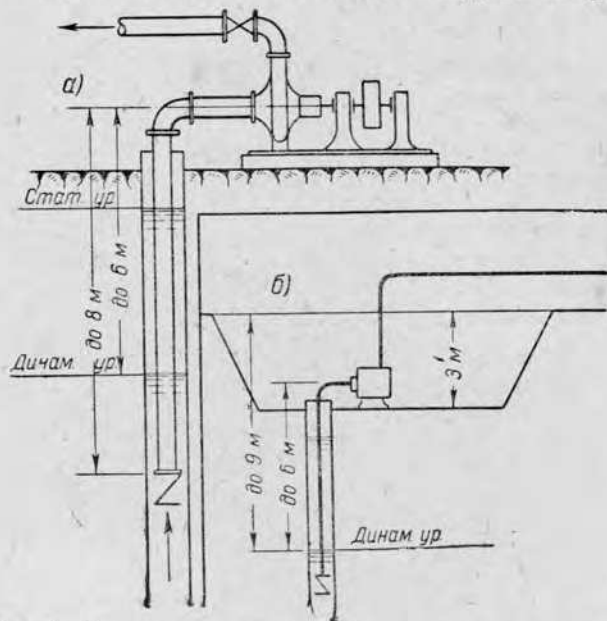


Рис. 5. Определение дебита скважин при динамическом уровне до 9 м ниже поверхности земли:
а — насос установлен на поверхности земли; б — насос установлен в выемке.

Испытание скважин вертикальными центробежными насосами производится только на стационарных установках. Установка такого насоса для пробных откачек сложна и вредна для самого насоса, так как при пробных откачках новых скважин неизбежно с водой выносятся песок и буровой шлам, приводящие к износу трущихся частей насоса.

Регулирование расхода воды у этих насосов производится задвижкой на выкидной трубе, как и у обычных центробежных насосов.

Испытание вновь пробуренных скважин более удобно производить эрлифтной установкой.

Отсутствие движущихся частей в установке позволяет откачивать воду, содержащую любое количество песка и бурового шлама. Простота оборудования позволяет быстро монтировать временную установку. Если опустить нижний конец водоподъем-

ной трубы почти до забоя, то все осадки, проникшие в скважину, будут выносятся с водой и забой будет чистым.

Форсунку эрлифта располагают на глубине, необходимой для нормальной работы установки. Диаметр трубы ниже форсунки принимают из расчета движения в ней воды со скоростью 2—3 м/сек. Такая скорость достаточна для выноса всех осадков. Одной и той же эрлифтной установкой можно достигнуть значительно разнящейся производительности откачки, изменяя количество подаваемого в скважину воздуха и глубину погружения форсунки.

Схема временной эрлифтной установки показана на рис. 6. Расчет эрлифтной установки приведен в гл. IV.

Для пробных откачек при помощи эрлифта обычно пользуются передвижными компрессорами. Если требуются большие количества подаваемого сжатого воздуха, то ставят несколько компрессоров для параллельной работы.

Применение ручной пробной откачки для ответственных случаев не рекомендуется, так как она не позволяет вести продолжительную непрерывную и равномерную откачку с большим расходом воды. Ее можно допустить только для малых расходов воды, когда режим устанавливается быстро.

В некоторых случаях дебит может быть определен

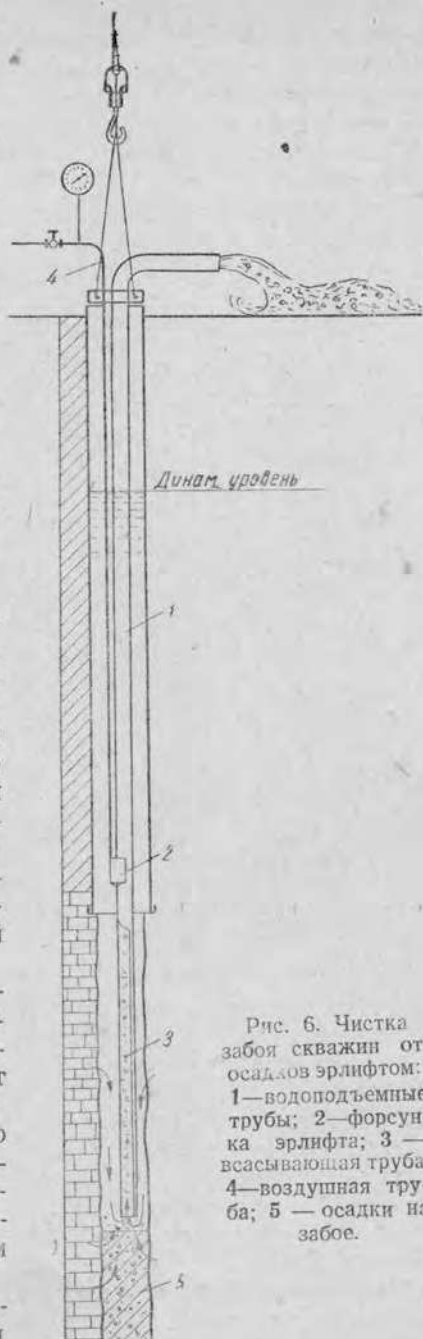


Рис. 6. Чистка забоя скважины от осадков эрлифтом: 1—водоподъемные трубы; 2—форсунка эрлифта; 3—всасывающая труба; 4—воздушная труба; 5—осадки на забое.

нагнетанием воды в скважину (рис. 7), при этом измеряют количество нагнетаемой воды и превышение уровня над статическим.

Испытание скважины нагнетанием применяется при большом расчетном дебите и отсутствии соответствующих водоподъемников, при малых диаметрах скважин, не позволяющих откачивать требуемое количество воды, при наличии чистой воды без взвешенных частиц.

Нагнетание воды производится равномерно и непрерывно до установившегося режима.

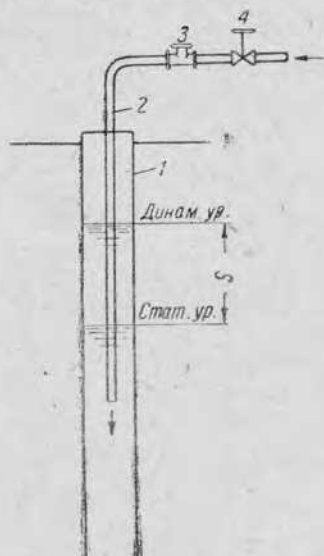


Рис. 7. Испытание дебита скважины нагнетанием:
1—скважина; 2—заливочная труба; 3—водомер; 4—задвижка.

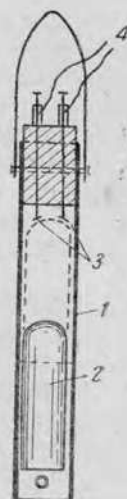


Рис. 8. Электрические измерители уровня воды в скважине:
1—стальная труба диаметром 25 мм; 2—медный поплавок; 3—контакты; 4—изолированные провода.

Конец трубы, подающей воду в скважину, опускается на несколько метров ниже статического уровня с тем, чтобы получить спокойный динамический уровень, который будет расположен выше статического.

При испытании скважины на производительность нагнетанием воды в скважине получается повышение уровня над статическим вместо понижения уровня. Испытание скважин нагнетанием и откачкой — процессы обратимые, поэтому все расчеты дебита скважин, испытанных нагнетанием, производятся так же, как и при откачке.

Измерение уровней воды в скважине производится с возможно большей точностью, с погрешностью не больше 5 процентов.

Неглубокое положение статического уровня воды в скважине

может быть измерено рейкой, рулеткой с лотом, шнуром, не дающим чувствительной вытяжки. Для измерения глубокого стояния уровня рекомендуются опускаемые в скважину электроприборы, действие которых основано на замыкании тока при достижении уровня воды (рис. 8), или пневматический указатель уровня (рис. 9). Точность измерений последним зависит от точности показаний манометра.

На эксплуатационных установках применяют пружинные манометры со шкалой, позволяющей отсчитывать 0,05—0,10 м водяного столба. Для точных измерений применяют дифференциальные манометры, заполненные ртутью или водой.

5. Определение радиуса депрессии

Наблюдаемый динамический уровень воды в скважине будет всегда ниже уровня воды в водоносной породе за пределами скважины на величину гидравлических потерь напора в скважине. Для расчетов необходимо знать понижение уровня в водоносной породе около скважины. С этой целью в непосредственной близости к испытываемой скважине бурят наблюдательную скважину малого диаметра до водоносного слоя, из которого получает воду испытываемая скважина.

Для определения воронки депрессии бурят 2—5 наблюдательных скважин по трем лучам. Расстояние наблюдательных скважин от испытываемой назначают примерно в 5—20—50 метров.

Наблюдения за падением уровня в наблюдательных скважинах производятся во все время откачек. Уровень в этих скважинах устанавливается позже, чем в испытываемой.

В песчаных водоносных породах наблюдательные скважины оборудуются фильтрами.

Измерения уровней должны производиться одновременно в испытываемой и во всех наблюдательных скважинах после установившегося режима откачки. Применение наблюдательных скважин возможно только при неглубоком залегании водоносного слоя. В случае глубокого его залегания определение радиуса депрессии производят по понижению уровня воды в соседних скважи-



Рис. 9. Пневматический указатель уровня: 1—трубка малого диаметра; 2—вентиль; 3—чувствительный манометр.

¹ Депрессией называется понижение зеркала воды в водоносной породе вокруг скважины во время откачки из нее воды.

нах, эксплуатирующих тот же водоносный слой, что и испытываемая.

При проектировании водосборов из нескольких скважин возникает вопрос о назначении расстояний между скважинами водосбора. Они должны быть расположены на таком взаимном расстоянии, чтобы при расчетном расходе находились вне сферы питания любой из скважин водосбора; взаимное их влияние должно быть не больше 10% общего понижения уровня в испытываемой скважине.

Взаимное влияние скважин, получающих воду из трещиноватых или закарстованных водоносных пород, не может быть определено с такой закономерностью, как для песчаных водоносных пород. Здесь величина взаимного влияния зависит от количества, размера, направления и формы трещин и гидравлической связи между скважинами.

6. Обработка результатов испытания скважины откачкой

Данные наблюдений откачек заносятся в журнал откачек по приведенному ниже образцу.

ЖУРНАЛ ИСПЫТАНИЯ СКВАЖИНЫ № . . . ОТКАЧКОЙ

Наименование учреждения и адрес
Выкопировка из плана расположения скважины
Абсол. отм. заложения и координаты скважины

Сведения о водяной скважине и организация пробной откачки

Скв. №
Испытываемый водоносный слой № (по разрезу), залегающий на глубине от м до м.
Откачка начата оконч. на

Описание откачки (Например: откачка производилась эрлифтом; компрессор завода „Борец“ производ. 10 м³/мин. с давлением до 8 атм; эл.-мотор 75 квт.

Водоподъемные трубы диаметром 150 мм опущены на глубину 95 м, воздушные трубы диаметром 38 мм опущены внутри, форсунка—дырчатая, опущена на глубину 42 м

Измерение уровня воды производило с пневматическим указателем.

Расход воды измерялся по времени наполнения мерного бака емкостью 1,5 м³).

Схема установки для откачки (Приводится полное описание схемы установки).

Журнал пробной откачки

		мес		число		год			
№ п/п	Время наблюдения, час.—мин.	Время наполнения бака, сек.	Дебит, м³/час	Удельный дебит, м³/час	Показания манометра пневмат. указателя уровня		Понижение уровня, м	Примечание	
					при статическом уровне, кг/см²	при динамич. уровне, кг/см²			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Откачку производили:

По окончании испытаний результаты наблюдений за расходом и соответствующие им понижения уровня наносятся на координатную сетку и по ним строят «кривую откачки» (рис. 10).

Точки наблюдений, значительно выходящие за пределы плавной кривой откачки и удельного дебита, должны быть отброшены, как ошибочные.

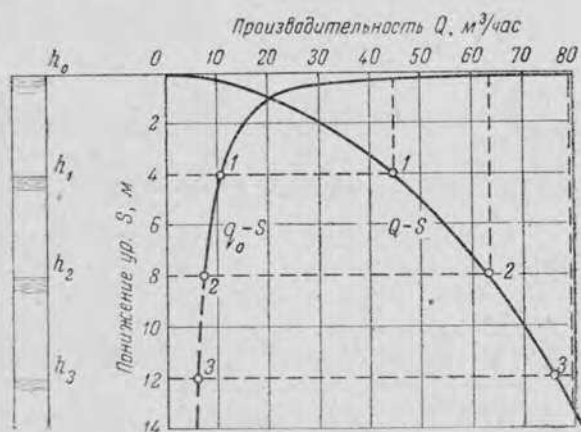


Рис. 10. Кривая пробной откачки:
 $Q-S$ — кривая дебита; q_0-S — кривая удельного дебита.

Не всегда удастся довести откачку до расчетного эксплуатационного дебита, чаще максимальный дебит пробной откачки меньше расчетного. В этом случае расчетные понижение и дебит определяются экстраполяцией. С достаточной для практики точностью получаются расчетные величины, если максимальный расход пробной откачки составляет не менее 70% расчетного. Если требуются точные данные, необходимо доводить расходы пробной откачки до величины, большей расчетного расхода.

Определение расчетного расхода вычислением по формулам осложняется отсутствием достаточных оснований для выбора расчетной формулы. Результаты вычислений расходов по формулам разных авторов дают сильно расходящиеся величины.

Кривая удельного дебита асимптотически приближается к осям координат. Поэтому нельзя по удельному дебиту, полученному при пробной откачке с малым расходом, вычислять понижение уровня для больших расчетных расходов путем деления расчетного расхода на этот удельный дебит. При таком расчете будут получаться всегда уменьшенные расчетные понижения уровня.

Радиус и кривая депрессионной воронки определяются графически по данным наблюдений за понижениями уровня в наблюдательных скважинах.

Глава III. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДЯНЫХ СКВАЖИН

1. Данные для составления проекта скважины

Для составления проекта водяной скважины необходимо иметь следующие основные данные:

а) объект водоснабжения: точный адрес; выкопировка из карты М 1 : 25 000, 1 : 50 000; абсолютные отметки предполагаемых точек заложения скважин; наименование ближайшей реки; отметки меженных и паводковых горизонтов воды в реке и другие сведения, относящиеся к режиму реки. План площадки в М 1 : 2000, 1 : 5000 с указанием точек заложения скважин;

б) гидрогеологический очерк данного района; материалы о произведенных разведках на воду; заключение об условиях получения подземной воды;

в) сведения о скважинах, расположенных в районе объекта: координаты этих скважин; абсолютные отметки заложения; глубины статического уровня; данные о производительности и качестве воды эксплуатационного водоносного слоя и его геологический возраст, геологические и технические разрезы скважин;

г) назначение водоснабжения; требования, предъявленные к качеству воды, и необходимое количество воды;

д) отзывы государственной санитарной инспекции о санитарном состоянии площадки объекта и выбранных мест для заложения скважин, возможность организовать зону санитарной охраны и санитарные условия эксплуатации скважин, предъявляемые санитарным надзором;

е) каким способом предполагается производить бурение скважин (ударным, роторным и др.);

ж) какими водоподъемниками намечается оборудовать скважины.

2. Крепление скважины обсадными трубами

Схема крепления скважины обсадными трубами зависит от геологического строения, глубины скважины, рода водоносной породы, от санитарных и технических требований, а также от способа бурения.

Основные требования, предъявляемые к схеме крепления скважины обсадными трубами, диктуются тем, чтобы восстановить нарушенные во время бурения естественные гидрогеологические условия водоносных слоев, т. е. восстановить надежное разобщение их. Особо надежно должен быть изолирован эксплуатационный водоносный слой от вышележащих, слабо защищенных от загрязнения.



Рис. 11. Водяные скважины глубиной до 50 и 100 м, выполненные ударным способом бурения: 1 — без фильтра; 2 — с фильтром; 3 — с фильтром, причем вторая колонна извлечена, а фильтровая колонна выведена до поверхности; 4 и 5 — скважины без фильтра; 6 — скважина с фильтром.

Такое разобщение водоносных слоев при ударном способе бурения достигается задавливанием колонн в толщу глин, разъединяющих водоносные слои.

При бурении роторным способом одна колонна обсадных труб пересекает несколько водоносных слоев; разобщение их осуществляется затрубной цементацией под давлением. Такой цементацией заполняется все пробуренное пространство между обсадной трубой и породой и восстанавливается вокруг скважины надежное разобщение слоев. Кроме того, образуемый таким образом «цементный стакан» вокруг обсадной трубы служит хорошей защитой от коррозирующих действий окружающей ее среды.

Для надежной защиты эксплуатационного водоносного слоя от проникновения загрязненных вод из вышележащих слоев и для защиты рабочей колонны от коррозии агрессивными водами необходимо производить крепление скважины в зоне загрязненных,

агрессивных и негодных для эксплуатации вод не менее как двумя колоннами, с цементацией кольцевого зазора.

На рис. 11 и 12 показаны схемы крепления скважин глубиной от 50 до 200 м, выполненных как ударным, так и роторным спо-

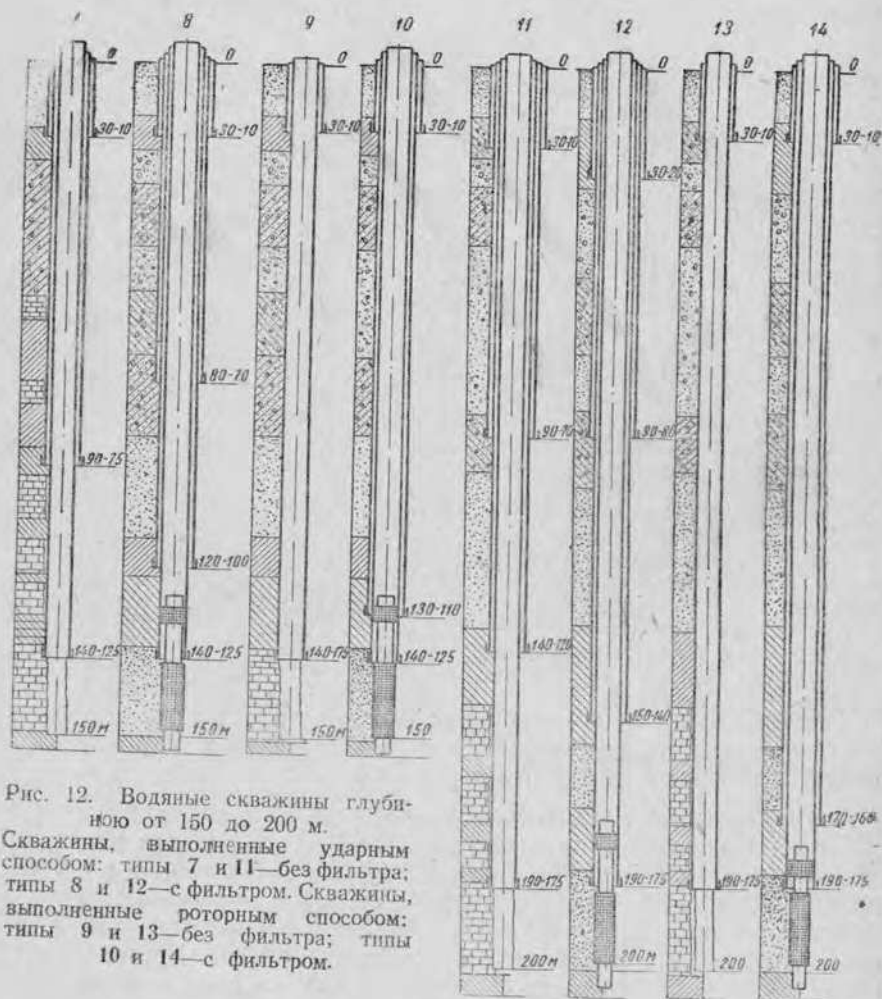


Рис. 12. Водяные скважины глубиной от 150 до 200 м.

Скважины, выполненные ударным способом: типы 7 и 11—без фильтра; типы 8 и 12—с фильтром. Скважины, выполненные роторным способом: типы 9 и 13—без фильтра; типы 10 и 14—с фильтром.

способом бурения, а в табл. 2 приведены данные для подбора диаметров труб по заданному рабочему диаметру труб.

Приведенные схемы крепления скважин являются типичными, но, конечно, далеко не исчерпывают разнообразия случаев, встречающихся в практике.

Таблица 2

Схемы крепления водяных скважин обсадными трубами (к рис. 11 и 12)

Глубина скважин м	Тип	Размер	Способ бурения	Диаметр обсадных колонн, мм								Примечание
				600	500	400	350	300	250	200	150	
До 50 (рис. 11)	1	1 2 3	ударный					●		●		● — колонны обсадных труб в скважине
	2	1 2 3	ударный			●	●	●	●	●	Ф	
	3	1 2 3	ударный			●		●	●	●	Ф	
До 100 (рис. 11)	4	1 2 3	ударный			●	●	●	●	●		Ф — фильтры
	5	1 2 3	ударный		●	●		●	●	●		
	6	1 2 3	ударный		●	●	●	●	●	●	Ф	
До 150 (рис. 12)	7	1 2 3 4	ударный	●	●	●	●	●	●	●		
	8	1 2 3	ударный	●	●	●		●	●	●	Ф	
	9	1 2 3 4	роторный		●	●	●	●	●	●		
	10	1 2 3 4	роторный	●	●	●	●	●	●	●	Ф	

Глубина скважин, м	Тип	Размер	Способ бурения	Диаметр обсадных колонн, мм							Примечание	
				600	500	400	350	300	250	200		150
До 200 (рис. 12)	11	1	ударный			●		●	●	●		
		2			●	●		●	●			
		3		●	●	●		●	●			
	12	1	ударный			●		●	●	●	Ф	
		2			●	●		●	●	Ф		
		3		●	●	●		●	●	Ф		
	13	1	роторный					●		●		
		2										
		3					●		●			
		4			●	●		●				
	14	1	роторный				●		●	●	Ф	
		2						●	●	●		
3				●	●		●	●	Ф			
4		●		●	●		Ф					

При проектировании скважин с фильтрами надо иметь в виду, что смена изношенного фильтра потребует бурения с посадкой рабочей колонны до забоя, которая после установки нового фильтра снова поднимается для его обнажения. Во избежание больших затруднений в «расхаживании» и посадке рабочей колонны, выход ее должен быть возможно меньшим, для этого предыдущая колонна задавливается возможно глубже (см. схемы: рис. 11 — 2, 3 и 6 и рис. 12 — 8, 10, 12 и 14).

Для надежной изоляции водоносных слоев нужно стремиться задавливать колонны в слои глин на глубину не менее 5 м, и только при малой мощности глин производить задавливание на меньшую глубину.

Задавливание колонн в песчаные слои и особенно в сильно обводненные мелкозернистые пески и плавунны приводит к большим осложнениям, так как в процессе бурения в кольцевой зазор может проникнуть песок, который прочно зацементирует колонны. В этих случаях перед посадкой новой колонны предварительно устраивается глиняный тампон. Для устройства тампона в скважину забрасывают шары жирной глины диаметром 50—70 мм и плотно затрамбовывают их, одновременно постепенно приподнимая трубу на 3—4 метра. Таким образом затрамбовывают в грунт на 5—6 м глину и затем трубу снова задавливают, но уже в образованный слой глины, на 2—3 м, после чего новой колонной

меньшего диаметра продолжают бурение. На рис. 13 показана схема производства работ по устройству глиняного тампона.

Глиняный тампон препятствует проникновению песка в кольцевой зазор между трубами и обеспечивает нормальные условия для посадки колонны.

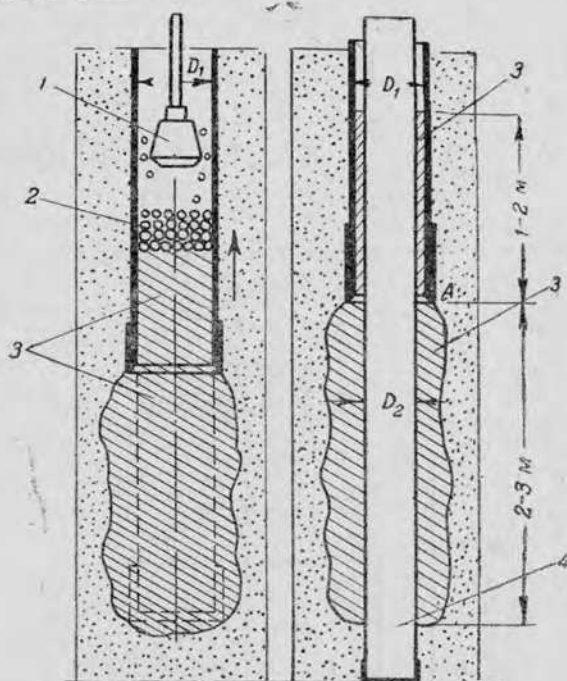


Рис. 13. Устройство глиняного тампона:
1 — трамбовка; 2 — шары из жирной мятой глины;
3 — затрамбованная глина; 4 — вторая колонна.

В устойчивые трещиноватые породы необходимо задавливать колонны на глубину 1—3 м с тем, чтобы породы, залегающие на кровле трещиноватой породы, во время откачки не размывались и не проникали в скважину.

3. Основные технические и санитарные требования к конструкции скважины

1. Скважины должны закрепляться не менее как двумя колоннами обсадных труб.

Крепление одной колонной может быть допущено для скважин глубиной до 25—30 м, расположенных вне населенного места и промплощадок и при безусловной невозможности проникновения загрязненных грунтовых и поверхностных вод в эксплуатационный водоносный слой.

2. Первая колонна (кондуктор) задавливается в глину, подстилающую грунтовые воды.

При отсутствии таковой до глубины 30 м перед спуском в скважину второй колонны устраивается глиняный тампон высотой 3—5 м, через который производят бурение второй колонной.

3. Кольцевой зазор между первой и второй колоннами труб тампонируется цементным раствором.

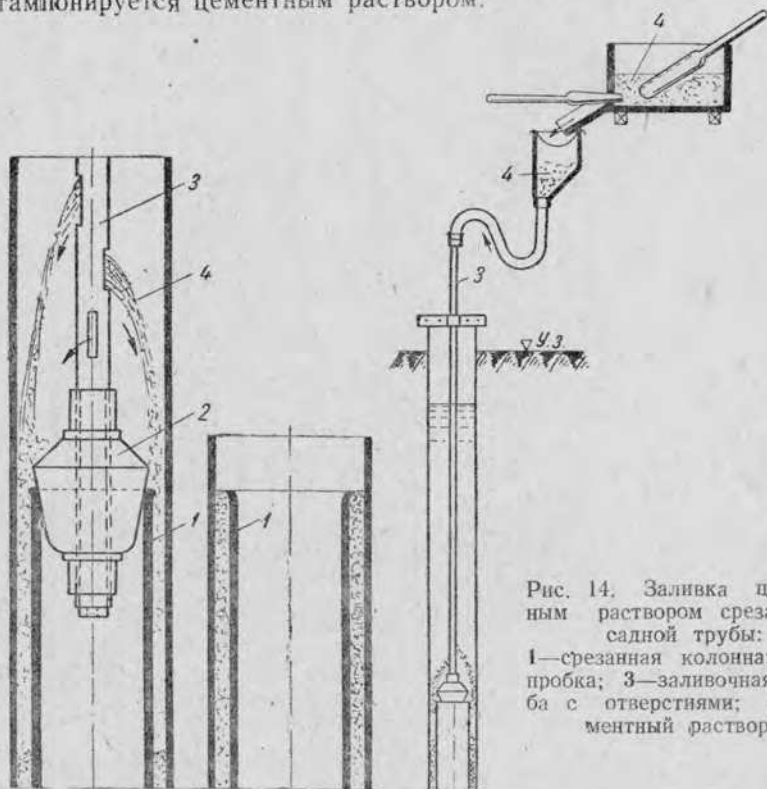


Рис. 14. Заливка цементным раствором среза обсадной трубы:
1—срезанная колонна; 2 — пробка; 3—заливочная труба с отверстиями; 4—цементный раствор.

4. Для возможности цементации кольцевого зазора между обсадными трубами разность их диаметров должна быть не менее 100 мм.

5. Водонесные слои, залегающие выше эксплуатационного, изолируются между собой и от эксплуатационного задавливанием обсадных труб в глину, разделяющую водонесные слои. При проходке слоев глин одной колонной изоляция водонесных слоев производится подбашмачной цементацией.

6. Извлечение промежуточных колонн допустимо только в том случае, если после этого не будет нарушена изоляция водонесных слоев, в противном случае это повлечет приток посторонней воды в эксплуатационный водонесный слой.

7. Вырезка колонн не рекомендуется, но она может быть до-

пущена (если это не повлечет за собой притока посторонней воды в скважину через срез) при соблюдении следующих условий:

а) срез колонны должен быть не менее как на 5 м выше башмака предыдущей колонны;

б) обрез должен быть надежно заделан цементным раствором или свинцовым кольцом (рис. 14 и 15).

8. Закрепление обсадными трубами глин, залегающих в толще эксплуатационного водоносного слоя, производится следующим образом:

а) в рыхлых породах — установкой фильтровой колонны с глухими участками труб против слоев глин;

б) в трещиноватых породах, не нуждающихся в креплении:

1) установкой трубы со сверленными отверстиями или вырезанными «окнами» против водоносных слоев и с глухими участками труб — против глин;

2) установкой висячих колонн, перекрывающих только глины;

3) глинистый слой может быть закреплен обсадной трубой в процессе бурения; после бурения ее можно вырезать выше кровли глины.

9. Устанавливаемые в скважинах фильтры должны быть снабжены сальниками для надежного уплотнения зазора между фильтром и обсадной трубой.

10. По окончании бурения буровая шахта плотно трамбуется мятой глиной. Устье скважины до монтажа должно быть надежно закрыто пробкой.

11. Оси скважин, оборудуемых штанговыми или вертикальными центробежными насосами, не должны отклоняться от вертикали более чем на 5 мм на 1 пог. м до глубины на 5—10 м ниже погружения в скважину насосов.

Величина отклонения скважины определяется при сдаче ее в эксплуатацию.

12. Минимальный диаметр рабочей колонны должен быть не менее чем на 30 мм более частей водоподъемного оборудования, опускаемого в скважину.

13. Потеря напора при подъеме воды по стволу скважины не должна превышать 2 м вод. ст.

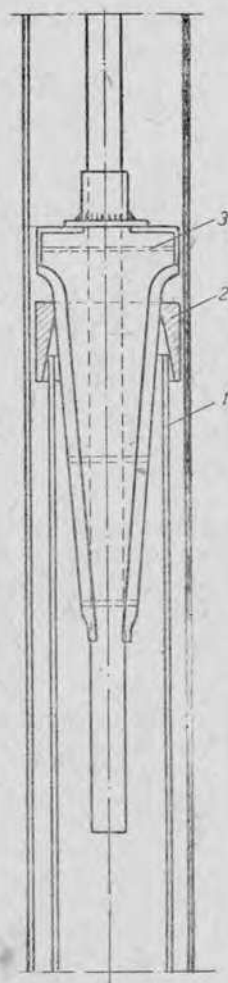


Рис. 15. Заделка среза обсадной трубы свинцовым кольцом:

1 — срезанная колонна;
2 — свинцовое кольцо;
3 — колотушка.

4. Конструкция ствола скважины и расчет ее основных размеров

Число колонн скважины, необходимых для крепления при ударном способе бурения, ориентировочно определяется по приведенным ниже формулам.

Для оборудованных фильтром скважин в рыхлых породах число колонн определяется из выражения:

$$n = \alpha L_{скв} > 2,$$

где: $\alpha = 0,025 \div 0,020$;

n — целое число;

$L_{скв}$ — глубина скважины в м.

Число колонн скважины без фильтра, получающей воду из устойчивых пород, определяется из выражения:

$$n = \alpha (L_{скв} - l_в) > 2,$$

где $l_в$ — длина не укрепленной части скважины в м.

Диаметр рабочей колонны может быть определен по приведенной ниже эмпирической формуле, дающей удовлетворительные результаты:

$$D = m \sqrt{Q} \text{ мм},$$

где принимается $m = 20$ для скважин, оборудованных эрлифтной установкой, и $m = 30$ для скважин, оборудованных вертикальными центробежными насосами.

Минимальный диаметр начальной колонны определяется по формуле:

$$D_n = D_p + 50(n-2) + 100 \text{ мм},$$

где: D_p — диаметр рабочей колонны;

D_n — диаметр первой колонны;

n — число колонн.

При этом принято, что первая колонна на 100 мм больше второй, а все последующие имеют разность диаметров по 50 мм.

Крепление скважин производится буровыми трубами, соединяемыми винтовыми муфтами.

В табл. 3, 4, 5 и 6 приведены сведения о трубах, применяющихся при бурении водяных скважин.

Трубы больших диаметров (от 400 до 1200 мм) изготавливаются без муфт. Эти трубы соединяются при помощи сварки. При сварке стыков труб необходимо следить за сохранением прямой оси труб, иначе получится искривление оси колонны, что вызовет большие осложнения при посадке ее в скважину.

Нижний конец каждой колонны снабжается стальным башмаком, или фрезером (рис. 16).

Буровые трубы

ГУМП 1569

Номинал. проход, мм.	Диаметр трубы		Толщина стенок трубы, мм	Число ниток, на- резанных на 1 дм	Муфта		Прибл. вес, кг	
	наружн., мм	внут- рен., мм			наружн. диаметр, мм	длина, мм	1 метра трубы без муф- ты	1 муф- ты
5	146	132	7	8	166	191	24	8,8
	146	128	9	8	166	191	30,4	8,8
6	168	153	7,5	8	188	194	29,7	9,3
	168	150	9	8	188	194	35,3	9,3
	168	148	10	8	188	194	39,0	9,3
8	219	203	8	8	243	203	41,8	15
	219	201	9,5	8	243	203	49,1	15
	219	197	11,0	8	243	203	56,4	15
10	273	257	8	6	298	216	52,3	21,5
	273	255	9	6	298	216	58,6	21,5
	273	252	10,5	6	298	216	68,0	21,5
	273	249	12	6	298	216	77,3	21,5
12	325	308	8,5	6	351	229	66,3	28
	325	305	10	6	351	229	77,7	28
	325	303	11	6	351	229	85,2	28
	325	300	12,5	6	351	229	96,3	28
14	377	355	11	6	402	229	99,3	31
	377	353	12	6	402	229	108,0	31
16	426	404	11	6	451	229	112,6	35
	426	402	12	6	451	229	182,5	35
18	476	454	11	6	508	229	126,1	46
	476	452	12	6	508	229	137,3	46
20	529	505	12	6	554	229	153	53

Таблица 4

Буровые трубы для неглубоких
скважин (ОСТ 266)

Наружный диаметр трубы, мм	Толщина стенок, мм	Приблизит. вес 1 м тру- бы с муф- той, кг
89	3,5	7,59
89	5,5	11,54
102	3,75	9,36
114	3,75	10,52
127	4,0	12,54
127	6,60	18,31

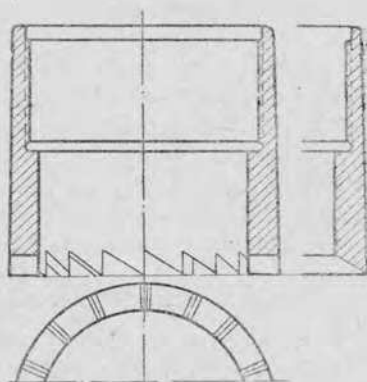
Рис. 16. Фрезер (башмак) для
винтовых обсадных труб.

Таблица 5

Башмачные трубы

Диаметр труб		Толщина стенок, мм	Приблизит. вес 1 м трубы, кг
номинальн., дм.	наружный, мм		
6	187	16,5	69,38
8	238	16,5	90,13
10	289	17,0	114,03
12	341	17,0	135,84
14	392	17,5	161,63
16	443	19,0	198,67
18	493	19,0	222,10
20	545	19,0	246,47

Таблица 6

Трубы стальные сварные

ГОСТ 301—41

Условный проход		Наружный диаметр, мм	Теоретический вес 1 пог. м трубы в кг при толщине стенок					
дм.	мм		9 мм	10 мм	11 мм	12 мм	13 мм	14 мм
16	400	426	92,56	102,59	112,58	122,52	132,41	142,25
18	450	476	103,65	114,92	126,14	137,32	148,44	159,51
20	500	529	115,41	128,00	140,52	153,00	165,43	177,81
24	600	631	138,06	153,15	168,19	183,19	198,13	213,03
28	700	720	157,81	175,10	192,34	209,56	226,66	243,75
32	800	820	180,00	199,76	219,46	239,12	258,71	278,28
36	900	920	202,20	224,42	246,59	268,71	290,75	312,81
40	1000	1020	224,40	249,08	273,72	298,30	322,84	347,33
48	1200	1220	—	298,40	327,97	357,49	386,96	416,38

При креплении скважин обсадными трубами диаметром до 300 мм с муфтовыми соединениями применяют трубы с разностью диаметров 50 мм, а для труб диаметром выше 300 мм — с разностью диаметров 100 мм, так как наружный диаметр муфт этих труб иногда несколько больше или только на 0,5—2 мм меньше внутреннего диаметра ближайшей большей трубы.

5. Конструкция водоприемной части водяных скважин

Конструкция водоприемной части обуславливается свойствами водоносной породы эксплуатационного слоя.

Устойчивые водоносные породы — известняк, мел, гранит, песчаник не требуют крепления, а рыхлые породы — пески, гравий, галька и смеси их, а также неустойчивые каменные породы тре-

буют крепления фильтрами, которые, помимо своего прямого назначения, призваны удерживать породу от обвалов.

А. Конструкция водоприемной части для устойчивых водоносных пород

При устойчивых водоносных породах, не требующих крепления, последняя колонна обсадных труб задавливается в водоносную породу на 1—3 м ниже ее кровли. Далее скважина бурится меньшим диаметром без крепления.

В толще устойчивых водоносных пород могут встретиться неустойчивые прослойки. Так, например, верхняя часть известняков нередко представляет собой зону выветривания; в толще водоносной породы встречаются неустойчивые слои глин, мергелей, иногда песков. В этих случаях возникает необходимость закрепления прослоек неустойчивых пород.

Наиболее распространенным способом крепления неустойчивых прослоек в каменных водоносных породах является установка щелевого фильтра на всю высоту вскрытой водоносной породы.

Отверстия на фильтре располагаются против водоносных слоев, глухие участки трубы — против значительных прослоек глин.

Верхняя часть фильтра состоит из глухого участка трубы, который заходит в обсадную трубу на 5—10 м выше башмака предыдущей колонны. Нижняя часть фильтра трубы также состоит из глухого участка трубы и служит отстойником.

Щелевой фильтр обладает следующими недостатками:

1) отверстия фильтра могут зарастать осадками, увеличивая гидравлическое сопротивление;

2) между стенками фильтра и водоносной породой накапливаются осадки, удаление которых представляет большие трудности;

3) чистка скважины от осадков на забое затруднена.

Для улучшения закрепления неустойчивых слоев в толще устойчивых водонос-

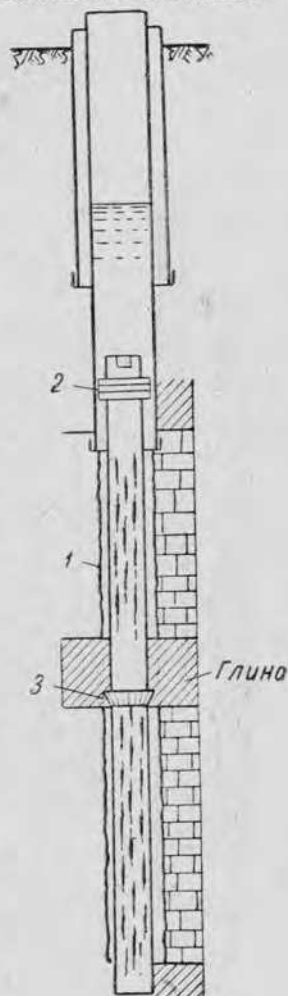


Рис. 17. Щелевой фильтр с прямоугольными отверстиями:

1 — фильтр; 2 — сальник в трубе; 3 — сальник под слоем глины.

ных пород можно рекомендовать конструкции закрепления, показанные на рис. 17. Вместо сверления круглых отверстий на трубе вырезают отверстия прямоугольной формы, так называемые «окна». Такие «окна» не засоряются, и зарастание их осадками не оказывает большого влияния на потерю напора.

На рис. 18 показан вариант закрепления мощного слоя глин среди известняков при помощи трубы, в нижней части которой имеются косынки, выдвигаемые особыми распорками после установки трубы на место. Косынки опираются на кровлю трещиноватой породы.

Такой способ крепления наиболее отвечает удобствам эксплуатации, так как он не создает дополнительных гидравлических сопротивлений и не препятствует чистке скважины.

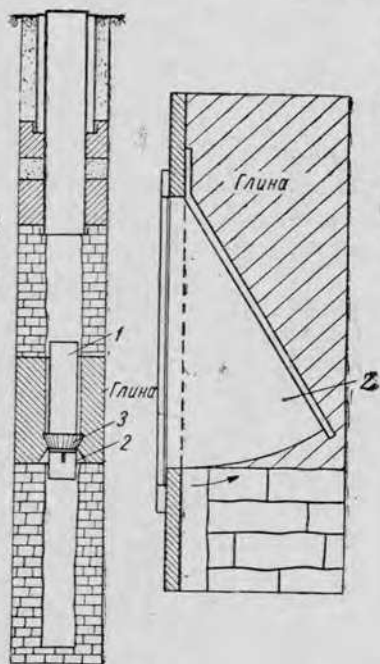


Рис. 18. Закрепление слоя глин в известняках висячей колонной: 1 — труба; 2 — опорные косынки, выдвигаемые в породу после установки трубы; 3 — сальник.

Применявшийся в прошлом способ установки висячей колонны на «стойке» не может быть рекомендован, так как он не позволяет производить чистку скважины, а водоподъемные трубы эрлифта или вертикальный центробежный насос не могут быть опущены в скважину ниже крепления.

Для предохранения от ополза-

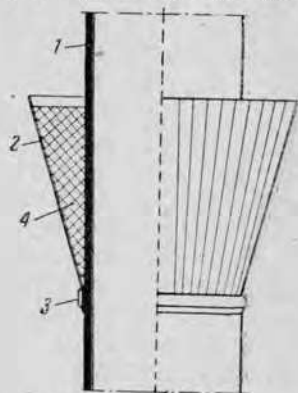


Рис. 19. Сальник: 1 — труба; 2 — конус из кровельного железа, нарезанного на полосы; 3 — хомут; 4 — асбестовая набивка.

ния по стенкам скважины перекрытых глин и песков устанавливается сальник, непосредственно под слоем глины или песка, укрепленный на трубе, перекрывающей оползающие породы.

Применяемые в буровой практике сальники состоят из просмоленной пряди или резины, укрепленной на трубе различными способами.

собами. Применение набивок из органических материалов нежелательно вследствие их недолговечности.

На рис. 19 показан сальник конструкции автора, применяемый им при ремонтах водяных скважин. Сальник выполняется из кровельного железа или асбеста.

Лист кровельного железа шириною 0,5 м надрезают на полосы 5-см ширины, обертывают вокруг трубы в два-три слоя и приваривают к ней. Затем полосы железа отгибают и в промежутки набивают асбест с таким расчетом, чтобы диаметр верхней части конуса был на 60—80 мм больше внутреннего диаметра обсадной трубы.

Б. Конструкция водоприемной части для неустойчивых водоносных пород

Неустойчивые водоносные породы, как уже указывалось, требуют закрепления фильтрами.

Тип фильтра избирается в соответствии со свойствами водоносной породы. В табл. 7 приведены применяемые типы фильтров в зависимости от состава водоносных пород.

Т а б л и ц а 7

Основные типы применяемых фильтров

№ п.п.	Устройство водоприемной части	Состав водоносных пород
1	Труба с прямоугольными или круглыми отверстиями	Гравий, галька, пески, содержащие более 10% гравия, гальки
2	Сетчатые фильтры	Крупно- и среднезернистые пески
3	Гравийные фильтры, опускаемые в скважину в готовом виде, типа корзинчатых	Чистые мелко- и среднезернистые пески
4	Гравийные фильтры, сооружаемые в скважинах	Чистые мелко- и среднезернистые пески
5	Фильтры с малой входной скоростью	Средне- и крупнозернистые пески

Пока еще нет вполне удовлетворительных конструкций фильтров. Каждой присущи недостатки; основные из них — большое гидравлическое сопротивление и легкая засоряемость.

Конструкция фильтра должна удовлетворять следующим основным требованиям:

- 1) материал фильтра должен быть химически и механически устойчивым;
- 2) во время эксплуатации в скважину не должна выноситься порода из водоносного пласта;
- 3) потери напора при проходе воды через фильтр должны быть возможно меньшими;
- 4) конструкция должна допускать чистку фильтра от осадков и по возможности от зарастания и
- 5) должна позволять заменять изношенный фильтр для замены его новым.

При проектировании фильтра должно быть учтено большое разнообразие свойств водоносной породы и качества заключенной в ней воды.

Под влиянием различных факторов подземные воды подвергаются химическим изменениям. Этим изменениям способствует и материал фильтра. Соли закиси железа, содержащиеся в воде, отлагаются на стенках фильтра и обсадных трубах в виде гидрата окиси железа. Процесс перехода солей закиси железа в соли окиси происходит интенсивнее под влиянием гальванического тока, возбуждаемого гальванической парой — латунная сетка на железной трубе.

Воды, обладающие высокой карбонатной жесткостью, выделяют осадки углекислого кальция вследствие нарушения бикарбонатного равновесия.

Нередко происходит интенсивное разрушение металлических частей скважин под влиянием блуждающих токов.

Буровые трубы, пересекая водоносные слои, содержащие воды различного солевого состава, образуют гальванический элемент, ток которого также может способствовать электрокоррозии и изменению качеств воды.

Особое значение приобретает материал труб и фильтра для добычи лечебных минеральных вод, обладающих в большинстве случаев высокими агрессивными свойствами.

Недостатки фильтров вызывают стремление освободиться от них даже для получения воды из рыхлых водоносных пород. В некоторых случаях это удается сделать довольно успешно.

6. Конструкция и расчет фильтров

Фильтры состоят из следующих основных элементов (рис. 20).

I — верхняя часть. В ней имеются: замок 1, служащий для постановки и выемки фильтра при ремонте, и сальник 2, служащий для уплотнения зазора между стенками фильтра и обсадной трубой;

II — средняя часть, представляющая собой рабочую часть фильтра;

III — нижняя часть. Глухая труба, закрытая снизу пробкой 3, служащая отстойником 4.

Фильтры различаются между собой главным образом конструкцией рабочей части.

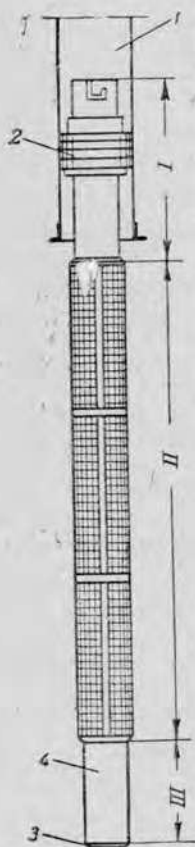


Рис. 20. Элементы фильтра.
I — верхняя часть;
1 — замок; 2 — сальник;
II — средняя часть — рабочая;
III — нижняя часть: 3 — пробка; 4 — отстойник.

Во время строительной откачки мелкие фракции рыхлой водоносной породы в количестве от 30 до 80% по весу проникают через стенки фильтра в скважину. Наиболее мелкие фракции выносятся водой на поверхность, а более крупные оседают в отстойнике. Около стенок фильтра отлагаются крупнозернистые фракции водоносной породы, образуя скелет фильтра (рис. 21).

Для нормальной работы фильтра нельзя допускать превышения некоторой предельной скорости фильтрации, соответствующей крупности зерен водоносной породы, отложившейся около стенок фильтра.

Расчетные скорости, рекомендуемые различными исследователями, значительно разнятся между собой. Это свидетельствует как о сложности вопроса, так и о том, что определение скорости еще не получило окончательного разрешения.

Для расчета фильтров могут быть приняты скорости, испытанные на практике и дающие удовлетворительные результаты. Расчетная скорость принимается нами равной по величине двум расчетным диаметрам водоносной породы:

$$v = 2d,$$

где d — наименьший диаметр зерен водоносной породы, отложившейся за стенками фильтра.

Эта скорость в некоторых случаях может быть увеличена.

В сетчатых фильтрах, в зависимости от гранулометрического состава водоносной породы, отмывается до 80% мелких фракций.

В процессе строительной откачки из скважин, оборудованных щелистыми фильтрами, отмываются мелкие фракции водоносной породы, а около отверстий фильтра образуются прочные сводики из зерен крупных фракций водоносной породы, являющиеся собственно фильтром.

А. Щелистый фильтр с прямоугольными отверстиями

Для образования прочных сводиков из зерен водоносной породы принимаются следующие размеры (рис. 22): ширина щели $a = 2d$ (здесь d — наименьший расчетный диаметр водоносной породы, отложившейся около фильтра), расстояние между осями щелей $b = 10a$, длина щели $l = 30-100$ мм. Щели располагаются

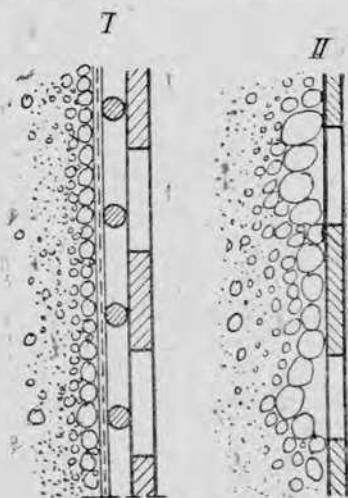


Рис. 21. Образование скелета фильтра:
I — сетчатый фильтр; II — щелистый фильтр.

в шахматном порядке. Расстояние между рядами щелей $c=10-20$ мм. Для щелистых фильтров отношение площади живых сечений к поверхности трубы фильтра, т. е. коэффициент скважности, составляет $\varphi=0,07-0,10$.

Диаметр трубы фильтра

$$D_{\phi} = \frac{Q}{\varphi \pi l v} \text{ м,}$$

при $v=2d$, $\varphi=0,1$ приблизительно

$$D_{\phi} = \frac{1,7Q}{ld} \text{ м,}$$

где: D_{ϕ} — диаметр трубы фильтра (в м);

l — длина рабочей части фильтра (в м);

d — диаметр мостообразующих частиц водоносной породы (в м);

Q — максимальный расчетный расход воды (в м³/сек);

v — скорость фильтрации (в м/сек).

Во избежание засорения щели должны иметь уширение

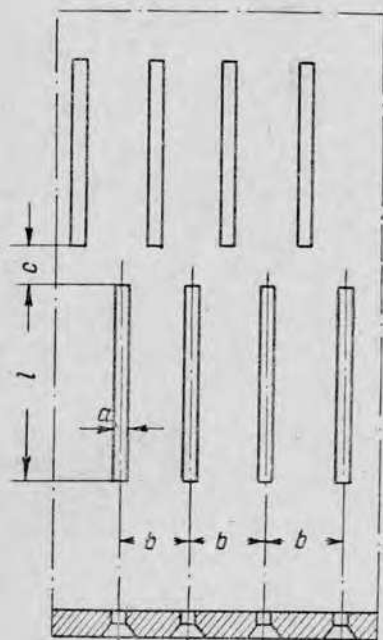


Рис. 22. Расположение и размеры щелистого фильтра с прямоугольными отверстиями:

a — ширина щели; b — расстояние между осями щелей; c — расстояние между рядами щелей.

внутри, края их должны быть гладкими и ровными. Щели, выполненные при помощи автогена, обычно имеют неровные края, ширина щелей не выдерживается, а на внутренней поверхности получают наплывы расплавленного металла. Эти обстоятельства заставляют отказаться от изготовления фильтров при помощи автогена.

Щели вырезают на фрезерном станке. Фильтры большого диаметра (более 500 мм) могут быть изготовлены из листового железа, на котором щели фрезеруются, после чего листы загибаются на вальцах и свариваются.

Ввиду трудности изготовления фильтра со щелевидными отверстиями и малого коэффициента скважности этот тип фильтра применяется сравнительно редко.

Для временных установок применяют деревянные фильтры.

Разбивка круглых отверстий на шелистом фильтре
(к рис. 23)

(к рис. 20)

Диаметр отв. d_1 , мм	На 1 пог. м длины			$D_\Phi = 100$ мм			$D_\Phi = 150$ мм			$D_\Phi = 200$ мм			$D_\Phi = 250$ мм		
	с	n		a	f	φ	n	a	f	φ	n	a	f	φ	
		n_1													
10	17	60	16	22	0,08	0,2	23	22	0,11	0,22	28	23	0,13	0,19	0,20
13	18	55	14	25	0,10	0,28	20	25	0,14	0,29	26	26	0,19	0,28	0,28
16	20	50	10	35	0,10	0,28	14	35	0,14	0,28	18	36	0,18	0,27	0,31
19	25	40	—	—	—	—	12	42	0,14	0,28	16	41	0,19	0,28	0,28
22	25	40	—	—	—	—	—	—	—	—	12	55	0,18	0,28	0,29
25	33	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,29
												23	0,17		0,20
												26	0,23		0,28
												35	0,26		0,31
												42	0,24		0,28
												53	0,24		0,29
												60	0,20		0,29

Здесь:

 a и c — расстояние между центрами отверстий, мм; f — площадь живых сечений отверстий в м² на 1 пог. м; φ — коэффициент скважности; n — число отверстий в ряду; n_1 — число рядов отверстий на 1 пог. м трубы фильтра;

$$d_1 < 0,1 D_\Phi.$$

Примечания: 1. Диаметр отверстий принимается не более $0,1 D_\Phi$.
 2. Ту же разбивку отверстий применяют для сетчатого фильтра.

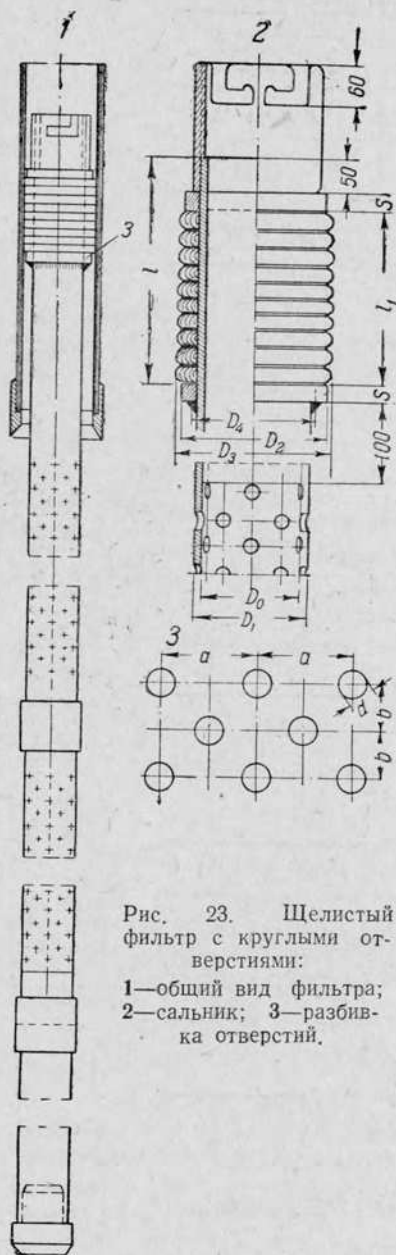


Рис. 23. Щелистый
фильтр с круглыми от-
верстиями:

1—общий вид фильтра;
2—сальник; 3—разбив-
ка отверстий.

Б. Щелистый фильтр с круглыми отверстиями

Диаметр отверстий фильтра d принимается от $d_1 = 3d$ до $d_1 = 4,5d$, где d — наименьший расчетный диаметр водоносной породы, отложившейся около фильтра.

Отверстия располагаются в шахматном порядке. Число отверстий на 1 пог. м фильтра приведено в табл. 8. Коэффициент скважности получается от $\varphi = 0,2$ до $\varphi = 0,28$.

Диаметр трубы для фильтра определяется из уравнения:

$$D_{\phi} = \frac{Q}{\varphi \pi l v} \text{ м}$$

или приближенно при $\varphi = 0,25$ и $v = 2d$,

$$D_{\phi} = \frac{0,6Q}{ld} \text{ м,}$$

здесь: $Q = \text{м}^3/\text{сек.}$, l — в м, v — в м/сек.

Таблица 9

Подбор диаметра отверстий для щелистого фильтра с круглыми отверстиями по диаметру зерен водоносной породы

Диаметр отверстий, мм	10	13	16	19	22	25
Диаметр мостообразующих зерен водоносной породы, мм	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8

Размеры фильтра с круглыми отверстиями в соответствии с рис. 23 приведены в табл. 10 (размеры в мм).

Таблица 1

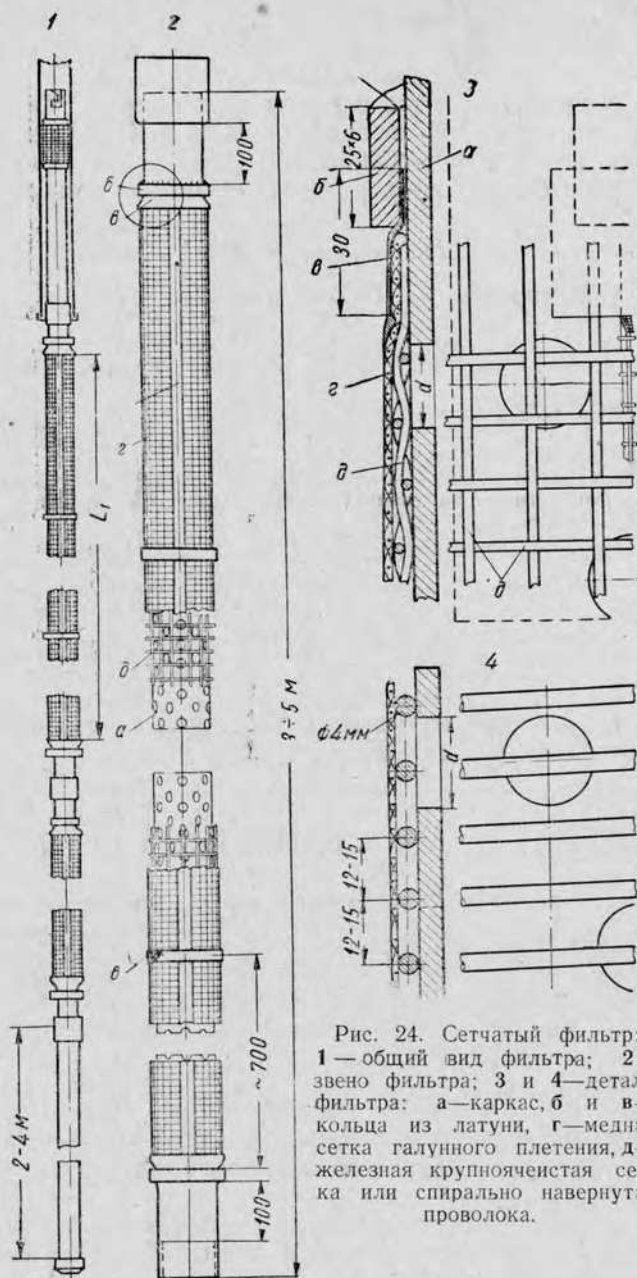
D скважи- ны	D_0 внутр.	D_1 наружн.	D_2	D_3	D_4	S	l	l_1	Максим. диам. отв. d_1 , мм
150	106,5	114	116	140	143	40	600	300	10
203	105	159	261	193	196	40	750	450	16
252	203	219	218	240	245	50	900	600	22
307	252	267	270	290	298	50	900	500	25

В. Сетчатый фильтр

Это фильтр, на который ставится сетка, пропускающая при просеивании 40÷80% по весу мелких фракций водоносного песка.

Сетки применяются галунного плетения латунные и латунные луженые.

Фильтровая сетка накладывается на сверленную трубу, предварительно обтянутую крупноячеистой железной сеткой или обмотанную спирально проволокой диаметром 3—4 мм, с шагом 15—30 мм (рис. 24).



Стыки сетки оплавляют поясками латуни толщиной 0,3—0,5 мм, шириною 20—25 мм.

Диаметр фильтра определяется по формуле:

$$D_{\phi} = \frac{Q}{\pi l v} \text{ м,}$$

или приближенно

$$D_{\phi} = \frac{0,17Q}{ld} \text{ м,}$$

где: l — рабочая длина фильтра;

v — предельная скорость фильтрации, равная $2d$;

d — диаметр частиц водоносной породы, оставшихся около фильтра после откачки;

Q — максимальный расчетный расход, м³/сек.

Звенья фильтров изготавливаются длиной по 2—4 м и соединяются между собой муфтами. В табл. 11 приведены основные данные о фильтровой сетке галунного плетения.

Таблица 11

Фильтровая сетка галунного плетения

Число ниток на 26 мм										Диаметр проволоки, мм
Основа	6	6	8	8	12	12	14	16	16	0,6
Уток	30	50	40	70	80	90	100	180	144	0,2—0,5

Общая длина фильтра на 1—3 м менее общей толщи водоносной породы. Полезная длина фильтра составляет 0,7—0,9 высоты водоносного слоя. В табл. 12 приведены сведения о пропускной способности сетчатого фильтра.

Таблица 12

Пропускная способность 1 пог. м полезной длины сетчатого фильтра, л/сек (приближенно)

Диаметр зерен водоносной породы, мм	Расход л/сек. при диаметре трубы фильтра, мм				Скорость входа воды в фильтр v , мм/сек.
	100	150	200	250	
0,25—0,50	0,4	0,5	0,7	0,9	1
0,50—1,00	0,8	1,0	1,4	1,8	2
1,0—2,0	1,6	2,0	2,9	3,5	4

Основные недостатки сетчатого фильтра

1. Срок службы сетки фильтра вследствие износа и механического засорения короче срока службы обсадных труб.

2. Засоряемость сетки породой и зарастание соединениями железа и карбоната кальция.

Латунная сетка на стальной трубе образует гальваническую пару, что влечет за собой электрокоррозию и окисление солей закиси железа в соли окиси.

3. Большая потеря напора при проходе воды через сетчатый фильтр. Эти потери напора быстро возрастают при засорении и зарастании фильтра.

4. Легкая механическая повреждаемость сетки фильтра при монтаже, промывках и ремонте.

Г. Гравийный фильтр

Гравийные фильтры применяются двух типов:

- а) гравийные фильтры, опускаемые в скважину в готовом виде;
- б) гравийные фильтры, образованные в скважине.

В обоих случаях гравийная засыпка, пропуская через себя воду, удерживает на своей поверхности частицы водоносной породы.

Типичным представителем гравийного фильтра первого рода является корзинчатый фильтр, изображенный на рис. 25. В таблице 13 приведены размеры такого фильтра.

Таблица 13

Размеры корзинчатого фильтра в мм (см. рис. 25)

	1	2	3
$D_{\text{скв}}$	250	300	350
D_1	220	270	320
D_2	120	160	200
S	1	1	1
$d_{\text{н}}$	89	114	140
усл. пр.	76	100	125
d_1	86	124	150
k	15	15	15
m	35	45	55
n	60	80	100
l	120	170	200
a	200	250	300
b	150	200	200
s	80	100	120
p	20	20	20
o	4	4	4

Гравийная засыпка подбирается в соответствии с гранулометрическим составом водоносной породы.

Расчетной поверхностью фильтра является сумма фильтрующих поверхностей гравийной засыпки, равная

$$F = 0,785 (D_1^2 - D_2^2) n,$$

где: D_1 и D_2 — конструктивные размеры фильтра;
 n — число секций фильтра.

Пропускная способность такого фильтра зависит от расчетной скорости фильтрации на поверхности гравийной засыпки, в свою очередь зависящей от диаметра зерен водоносной породы, примыкающей к гравийной засыпке.

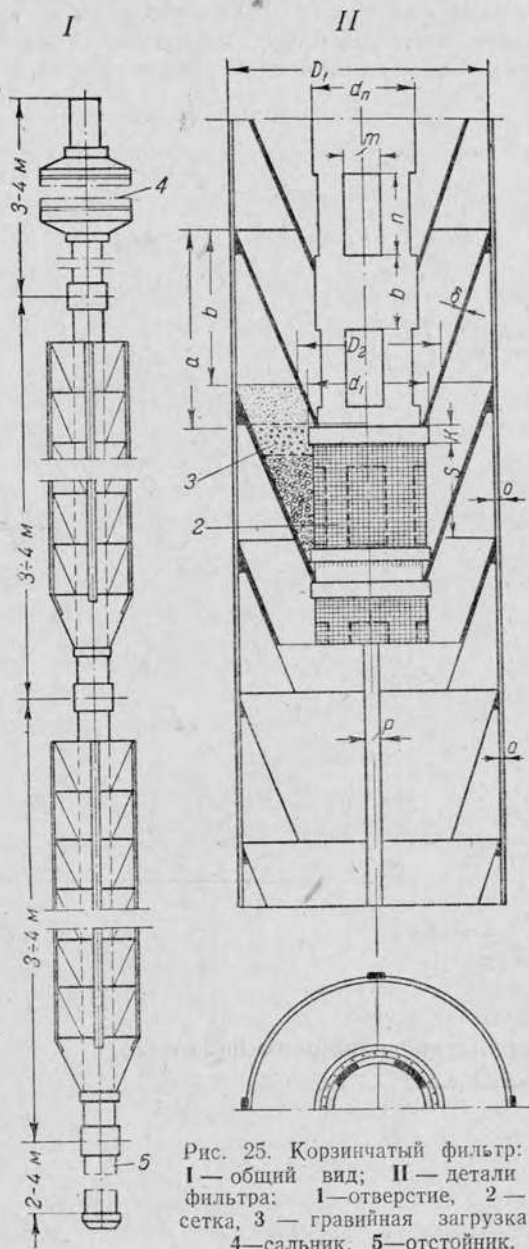


Рис. 25. Корзинчатый фильтр:
 I — общий вид; II — детали
 фильтра: 1 — отверстие, 2 —
 сетка, 3 — гравийная загрузка,
 4 — сальник, 5 — отстойник.

Конструктивное выполнение гравийного корзинчатого фильтра различно. Большой частью он выполняется из обсадной трубы с просверленными отверстиями и приваренными конусами из тонкого листового железа. Образовавшиеся корзинки заполняются фильтрующим материалом и в таком виде опускаются в скважину.

Пропускная способность корзинчатого фильтра равна:

$$Q = Fv \text{ м}^3/\text{сек.},$$

или

$$Q = 0,785 (D_1^2 - D_2^2) nv,$$

или

$$Q = 1,57 (D_1^2 - D_2^2) nd,$$

где: v — м/сек;

F — м²;

Q — м³/сек;

d — расчетный диаметр зерен водоносной породы.

Диаметр рабочей колонны $D_{скв} \approx 0,9 D_1$.

Диаметр фильтровой колонны $D_2 \approx 0,35 D_{скв}$.

Диаметры труб принимаются по сортаменту, ближайšie большие.

Корзинки фильтра засыпаются в два—три слоя отсортированным гравием при отношении диаметров соседних фракций от 3 : 1 до 4 : 1.

Отверстия на каркасе трубы принимаются в 2—3 раза больше диаметра зерен наибольшего размера засыпки. Вместо круглых отверстий могут вырезаться прямоугольные отверстия — «окна», которые покрываются сеткой.

Пример: загрузка корзинок фильтра производится отсортированным и промытым песком и гравием в 2—3 слоя.

Водоносная порода	1-й слой	2-й слой	3-й слой
0,25—0,5 мм	1—2 мм	3—5 мм	8—10 мм
0,5—1,0 "	2—3 "	6—8 "	10—12 "
1,0—2,0 "	3—5 "	10—12 "	—

Второй тип гравийного фильтра строится различным способом. При наличии в водоносной породе более 10% гравия гравийный фильтр образуется около каркаса во время строительной откачки. Мелкие фракции водоносной породы отмываются, а за стенками фильтра задерживаются крупные фракции, образующие около отверстий прочные сводики из крупных зерен.

Диаметр d_1 отверстий принимается в 3—4,5 раза больше диаметра зерен мостообразующей породы: от $d_1 = 3d$ до $d_1 = 4,5d$

При отсутствии в водоносной породе крупных фракций, спо-

собных образовать гравийный каркас, его образуют засыпкой гравия в скважину (рис. 26).

Для получения устойчивой гравийной засыпки разность диаметров рабочей колонны и фильтровой трубы должна быть не менее 150 мм.

Рабочей колонной проходят до забоя, затем в центре устанавливают фильтровую колонну. Отсортированный гравий засыпают мелкими порциями в скважину через трубу диаметром $50-38$ мм. По мере засыпки обсадную трубу поднимают с таким расчетом, чтобы гравий постоянно находился в обсадной трубе.

После того, как труба будет полностью поднята, засыпают гравий на высоту 5—10 м, так как часть гравия будет вынесена в скважину и уровень засыпки гравия понизится.

Во время строительной откачки следят за уровнем гравия и в случае понижения дополнительно досыпают гравий.

Расчетный диаметр такого фильтра равен внешнему диаметру обсадной трубы.

Пропускная способность его равна:

$$Q = 3,14 D_n h v \text{ м}^3/\text{сек.},$$

где: D_n — внешний диаметр обсадной трубы;

h — рабочая высота фильтра;

v — расчетная скорость входа воды на поверхности гравийной засыпки, м/сек.

Принимая $v = 2 d$, получим для приблизительных расчетов:

$$Q = 6 D_n h d.$$

Для уменьшения скорости фильтрации и увеличения пропускной способности фильтра увеличивают диаметр гравийной засыпки.

Для этого во время засыпки гравия производят откачку эрлифтом. Во время откачки с водой выносятся водоносная порода, а образовавшаяся каверна заполняется гравием. Для выноса песка на поверхность нижний конец водоподъемной трубы опускают почти до забоя. Производительность эрлифта принимают близкой к расчетному расходу.

Работу производят следующим образом.

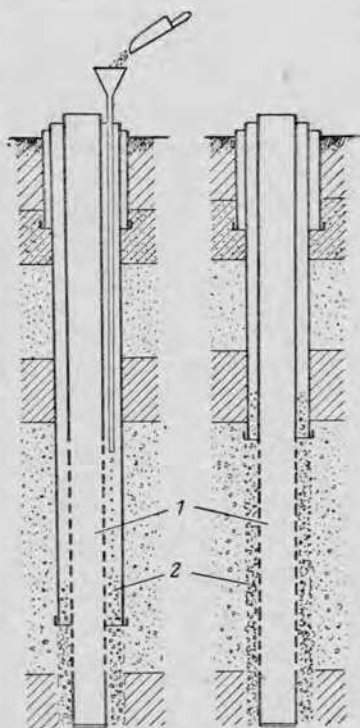


Рис. 26. Обычный гравийный фильтр:

1 — щелевой фильтр; 2 — гравийная засыпка.

Обсадную трубу поднимают на 0,5—1 м, откачивают воду и одновременно засыпают гравий. Следующий подъем производят, когда вынос песка прекратится или сильно сократится. После этого повторяют операцию.

Таким образом удастся получить внешний диаметр гравийной засыпки в 2—3 раза больше диаметра обсадной трубы.

Пропускная способность фильтра равна:

$$Q = 3,14 D_{гp} h v \approx 6 D_{гp} h d \text{ м}^3/\text{сек},$$

где $D_{гp}$ — внешний диаметр гравийной засыпки.

При том же диаметре зерен водоносной породы пропускная способность этого фильтра при равных прочих условиях может быть в 2—3 раза больше.

Гравийные фильтры по сравнению с другими обладают большей продолжительностью службы, большей химической устойчивостью и меньшим гидравлическим сопротивлением, но требуют правильного подбора фракций гравийной засыпки. При неправильном подборе фракций гравийной засыпки может произойти закупорка засыпки мелкими фракциями водоносной породы, вымываемой как во время строительной откачки, так и во время эксплуатации.

Для расчета гравийного фильтра рекомендуется расчетную скорость фильтрации принимать равной $v = 2d$, где d — расчетный диаметр зерен водоносной породы на контакте с гравийной засыпкой.

Основные требования к гравийным фильтрам заключаются в следующем:

1) гравийная засыпка не должна засоряться выносимой породой (суффозия);

2) гравийная засыпка не должна вымываться током воды.

Во время строительной откачки происходит вымывание мелких фракций водоносной породы. Движение мелких частиц в порах гравийной засыпки возможно при отношении диаметра $d_{гp}$ зерен гравийной засыпки к диаметру d зерен мелких фракций водоносной породы $d_{гp} > 20 d$.

Выноса породы не происходит, если соотношение диаметров зерен смежных слоев не превосходит величины $d_{гp} < 10 d$.

Толщина слоев различных фракций не играет роли и может быть минимальной, но практически для создания надежного слоя толщину его принимают не менее 50 мм.

При неправильном подборе фракций гравийной засыпки происходит заиливание и может получиться полная прочная закупорка фильтра.

Гравийные фильтры целесообразно применять в мелко- и среднезернистых водоносных породах.

7. Устье скважины

Надземная часть скважины называется устьем. Оно может располагаться в здании насосной станции, вне ее, в насосной шахте, в смотровом колодце.

При проектировании устья водяной скважины должны соблюдаться следующие санитарные и технические требования:

1) сопряжение устья с насосным оборудованием, опускаемым в скважину, должно быть герметичным, разборным и удобным для монтажа;

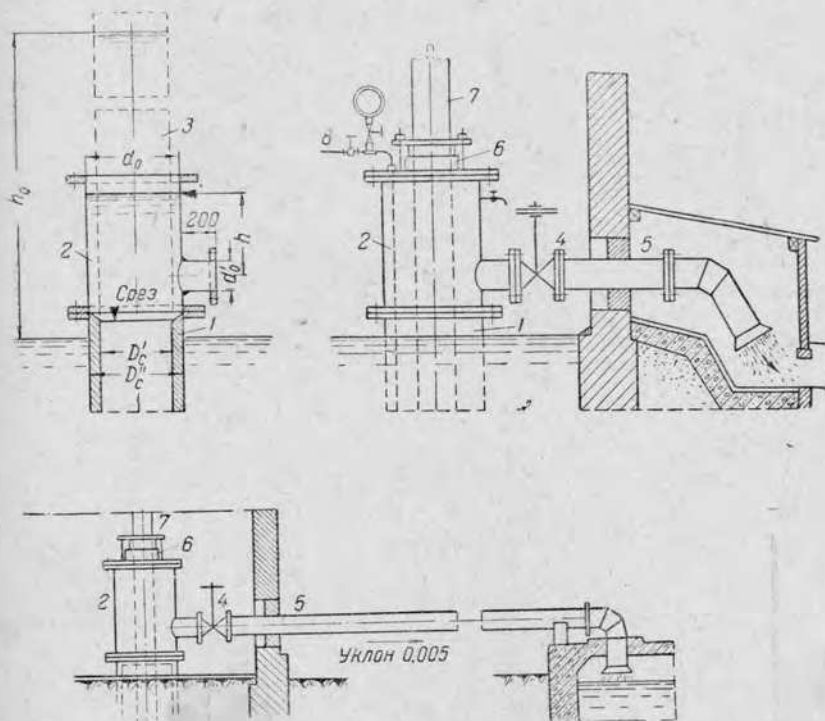


Рис. 27. Оголовок самоизливающейся скважины для установки вертикального центробежного насоса:

1—скважина; 2—сливной тройник; 3—вторая колонна, вырезаемая ниже фланца; 4—задвижка; 5—сливная труба; 6—сальник для водоподъемной трубы насоса; 7 — напорные трубы насоса; 8 — пневматический указатель уровня.

2) устье должно быть достаточно устойчивым для восприятия нагрузки от опирающегося на него водоподъемного оборудования;

3) устье скважины должно возвышаться над полом шахты и дном колодца на 0,3—0,5 м, а над уровнем земли — на 0,6—0,8 м;

4) устье не должно затопляться грунтовыми или полыми водами;

5) скважина должна быть защищена от попадания грунтовой воды по затрубному пространству.

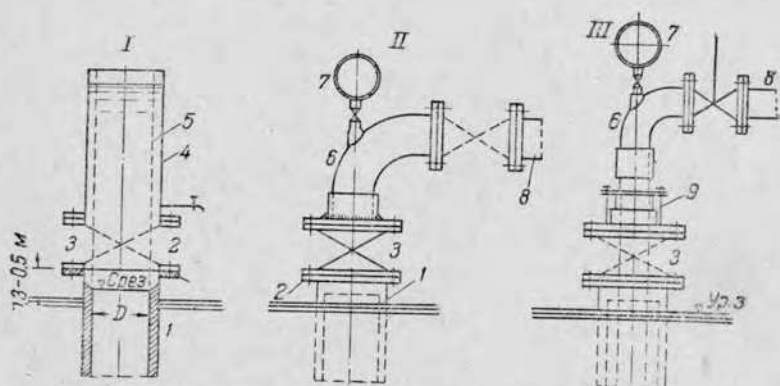


Рис. 28. Оголовок самоизливающихся скважин:

I — монтажная схема; II и III — оборудование оголовка: 1 — скважина, 2 — нижний опорный фланец, 3 — задвижка, 4 — монтажный патрубок, 5 — вторая колонна, вырезаемая ниже фланца, 6 — колесо, 7 — вакуумметр, 8 — всасывающая труба к насосу, 9 — сальник.

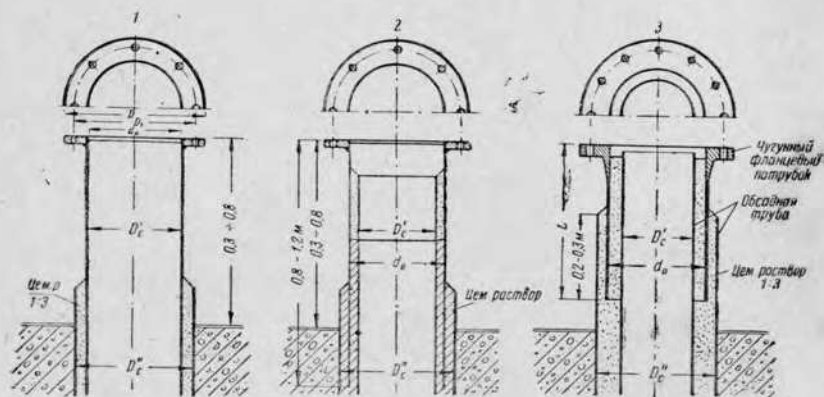


Рис. 29. Оборудование устья скважин:

1 — опорный фланец, приваренный к рабочей колонне; 2 и 3 — патрубок с фланцем, устанавливается при разности диаметров обсадных труб 100 мм.

Конструкция устья зависит от положения статического уровня воды в скважине и размеров оборудования водоподъемника, опускаемого в скважину.

При самоизливающихся скважинах должно быть предусмотрено устройство для производства монтажа насосного оборудования.

без подотпления насосной станции и без откачки. Это достигается установкой задвижки на обсадной колонне или отводом воды через штуцер, расположенный ниже опорного фланца, с таким расчетом, чтобы при полном открытии задвижки уровень воды в скважине устанавливался ниже устья. Последняя конструкция возможна при расположении устья скважины выше поверхности земли.

Схемы устройств самоизливающихся скважин показаны на рис. 27 и 28. Там же показаны способы их устройства и монтажа водоподъемника.

Устройство устья скважин при расположении статического уровня воды ниже поверхности земли показано на рис. 29.

Основным элементом устья скважины является нижний опорный фланец, приваренный к рабочей колонне.

При оборудовании скважины всасывающими, сифонными трубами, эрлифтом или штанговым насосом трубы, опускаемые в скважину, опираются на нижний опорный фланец, укрепленный на обсадной трубе, а при установке вертикального центробежного насоса водоподъемные трубы пропускаются через сальник, устанавливаемый на тот же фланец.

Глава IV. ОБОРУДОВАНИЕ ВОДЯНЫХ СКВАЖИН ВОДОПОДЪЕМНИКАМИ

Решающее влияние на выбор типа водоподъемника для водяных скважин оказывает положение расчетного динамического уровня.

В районах с большим количеством скважин, например в городах, крупных промышленных районах, скважины располагаются скученно, сказывается взаимное влияние и образуется значительная районная депрессия. По мере увеличения разбора воды из водоносного пласта происходит увеличение районной депрессии.

Отдельно стоящие скважины, по соседству с которыми нет других работающих скважин, сохраняют динамический уровень на постоянной глубине. Этот уровень сохраняется до тех пор, пока не изменяется расход воды из скважины.

Водонесные слои, связанные с местной гидрологической сетью, как уже указывалось выше, имеют сезонные колебания, зависящие от уровня воды в реках, с которыми связаны эти слои.

При выборе водоподъемника руководствуются расчетной глубиной динамического уровня, расчетным расходом, необходимой степенью обеспечения бесперебойности подачи воды из скважины, а также общей схемой водоснабжения.

Так как с течением времени почти неизбежно снижение статического и динамического уровня, то водоподъемник должен быть приспособлен для получения расчетного расхода при пониженном динамическом уровне.

Глубина расчетного динамического уровня есть сумма глубин статического уровня, дополнительного снижения статического уровня от образования районной депрессии, понижения уровня при откачке расчетного расхода и понижения уровня от влияния работы соседних скважин:

$$h = h_0 + s_p + s_{om} + s_{вл} \text{ м,}$$

где: h — глубина динамического уровня;

h_0 — глубина статического уровня;

s_p — дополнительное увеличение районной депрессии;

s_{om} — понижение от откачки;

$s_{вл}$ — понижение от влияния работы соседних скважин.

В табл. 14 приводятся характеристика скважин по положению уровня воды и возможные схемы подачи воды из скважин.

Характеристика водяных скважин по глубине статического и динамического уровней

Глубина статического уровня	Глубина динамического уровня	Возможные схемы подачи воды из скважин
1. Выше поверхности земли	1. Выше поверхности земли	1. При достаточной высоте динамического уровня возможна подача непосредственно в сеть и башню (встречается редко) или в подземные резервуары
	2. Ниже поверхности земли	2. Подача воды производится водоподъемниками. Водоподъемник избирается в соответствии с глубиной динамического уровня
2. Ниже поверхности земли	1. На глубине до 4 м	1. Насосом с горизонтальной осью, установленным на поверхности
	2. На глубине от 4 м до 9 м	2. Насосом с горизонтальной осью, установленным в заглубленной станции или насосной шахте, в пределах всасывания насоса
	3. На глубине от 9 до 60 м	3. Глубоководными водоподъемниками—штанговыми, вертикальными центробежными насосами и эрлифтом
	4. На глубине от 60 до 100 м	4. Глубоководными водоподъемниками—вертикальными центробежными насосами и эрлифтом. Предъявляются тяжелые требования к конструкции скважины
	5. На глубине более 100 м	5. Подъем воды возможен вертикальным центробежным насосом и эрлифтом, но это сопряжено с большими трудностями, а иногда и невозможностью эксплуатировать

При расчетном динамическом уровне на глубине до 9 м возможно применение насосов с горизонтальной осью, установленных в пределах всасывания на уровне земли или в заглубленных насосных станциях и насосных шахтах. Обычно такие установки через несколько лет работы выходят из строя вследствие падения динамического уровня ниже предела всасывания насоса. Появляется кавитация, производительность насоса значительно снижается, затрудняется пуск его в работу.

Углубление пола насосной станции или шахты для установки насосов на более низких отметках не всегда удается, а если и удается, то дает только временное улучшение и всегда связано с длительным перерывом эксплуатации скважины. Через некоторое время уровень в скважине вновь снижается и наступает не-

обходимость переоборудования скважины на глубоководный водоподъемник.

В городах и промышленных районах указанные явления типичны. Поэтому при проектировании надо весьма тщательно подходить к определению глубины расчетного динамического уровня и с осторожностью рекомендовать установку насосов с горизонтальной осью.

Еще большую осторожность нужно проявлять при проектировании сифонных водосборов из скважин. В свете сказанного глубоководные водоподъемники более надежны, так как погружение их в скважину на большую глубину при понижении динамического уровня не представляет больших затруднений и может быть быстро выполнено.

1. Оборудование самоизливающихся скважин

При статическом и расчетном динамическом уровне воды выше поверхности земли вода из скважины подается в подземный резервуар, а при достаточной высоте динамического уровня удается подавать воду непосредственно в сеть и водонапорную

башню. Последние случаи имеют место, но встречаются редко.

Оборудование самоизливающихся скважин имеет некоторые особенности.

При проектировании их должны быть соблюдены следующие технические требования:

1) устье скважины должно быть герметически закрыто и легко разбираемо;

2) должно иметься приспособление для монтажа и демонтажа оборудования на скважине без применения откачки или затопления насосной станции, колодца или шахты, в которых расположена скважина;

3) непроизводительный излив воды из скважины не должен допускаться.

Схемы оборудования скважин для получения самоизливающейся воды приведены на рис. 30.

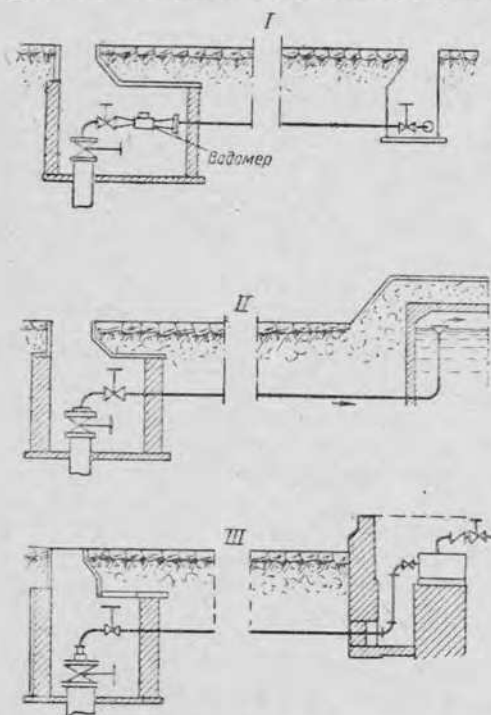


Рис. 30. Подача воды из самоизливающихся скважин:

I — непосредственно в сеть; II — в подземный резервуар; III — насосом в сеть.

При статическом уровне выше поверхности и расчетном динамическом уровне ниже поверхности земли подъем воды из скважин производится водоподъемником, тип которого избирается по положению динамического уровня.

2. Получение воды из скважин с динамическим уровнем ниже поверхности земли

При динамическом уровне до 9 м от поверхности земли могут быть применены насосы с горизонтальной осью, устанавливаемые в пределах всасывания, а при большей глубине применяются глубоководные водоподъемники, штанговые и вертикальные центробежные насосы и эрлифт.

В табл. 15 приведены характеристики и схемы оборудования водяных скважин при различных положениях динамического уровня.

Таблица 15

Характеристика оборудования водяных скважин при динамическом уровне ниже поверхности земли

Глубина динамического уровня	Тип водоподъемника	Производительность и высота подъема	Схема подачи воды из скважины	Условия для обеспечения бесперебойной подачи воды
1. До 9 м ниже поверхности земли	Насосы с горизонтальной осью — центробежные, поршневые, приводные и паровые	Любой производительности. Высота всасывания 3—7 м	Вода из скважины может быть подана в подземный резервуар или непосредственно в сеть и башню	При одной скважине и резервном насосе
2. Ниже 9 м от поверхности земли	1. Штанговые насосы	Обычная до 10 м ³ /ч., но могут быть изготовлены на большую производительность	Целесообразна подача в резервуар или напорный бак на небольшую высоту. При динамическом уровне больше 30 м работают ненадежно	При резервной скважине с полным оборудованием
	2. Вертикальные центробежные насосы с длинным валом и электромотором на поверхности или погруженные с электромотором насосы	От 15 до 1500 м ³ /ч., высота напора у насоса до 200 м; до 150 м ³ /ч., высота подъема до 60 м	Может быть подана в подземный резервуар или непосредственно в сеть	При резервной скважине с полным оборудованием
	3. Эрлифт	от 5 до 1000 м ³ /ч., высота подъема до 250 м	Только в подземный резервуар	При одной скважине и резервном компрессоре

3. Оборудование скважин насосами с горизонтальной осью

Насосы с горизонтальной осью применяются при динамическом уровне до 9 м ниже поверхности земли. В зависимости от предельной величины всасывания насоса ось насоса устанавливается на высоте не более 3—5 м выше динамического уровня. Насосы устанавливаются на уровне земли, в заглубленных до 3 м насосных станциях или в насосных шахтах глубиной до 6 м.

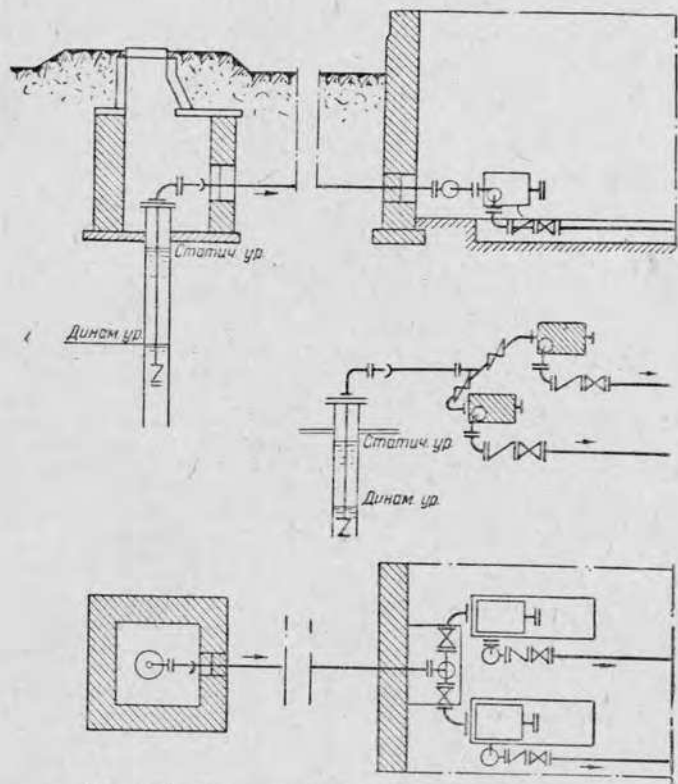


Рис. 31. Полузаглубленная насосная станция.

При выборе отметки оси насоса рекомендуется иметь запас на всасывание 1—2 м на случай понижения уровня и не допускать установку насоса на предельную величину всасывания. Опыт показал, что с течением времени динамический уровень неизбежно понижается от различных неучтенных причин. Так, например, нельзя определить степень понижения динамического уровня от заиливания забоя или засорения фильтра.

Скважина должна быть расположена в колодце вне здания насосной станции, на расстоянии не ближе 5 м и не дальше 10—15 м. В старых установках можно встретить скважины, распо-

женные внутри зданий насосных станций, обычно прижатые к стене. Ремонт и монтаж такой скважины затруднен, требует излишней кубатуры здания, специальных приспособлений для производства монтажа и ремонта. На рис. 31 показаны схемы оборудования скважин насосами с горизонтальной осью.

Для получения воды насосами с горизонтальной осью в скважину опускается всасывающая труба с приемным клапаном, расположенным на 2—3 м ниже динамического уровня. Устье скважины возвышается над дном колодца на 0,3—0,5 м.

Жесткое соединение всасывающей трубы со всасывающей линией осложняет монтаж, требует весьма тщательной пригонки всех деталей и не всегда обеспечивает герметичность соединений, поэтому рекомендуется применять сальники или иметь один раструб на всасывающей линии.

Для измерения уровней воды в скважине устанавливают пневматический указатель уровня.

При установке насоса в насосной шахте (рис. 32) устье скважины располагают в дне шахты. Для обеспечения бесперебойности подачи воды ставится резервный насос. В некоторых случаях приходится устанавливать три на-

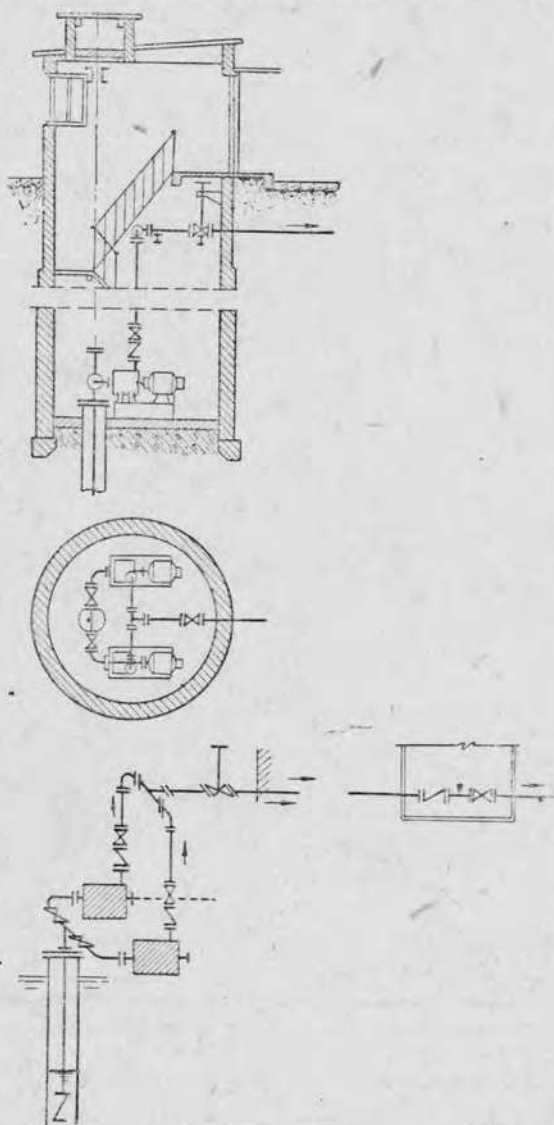
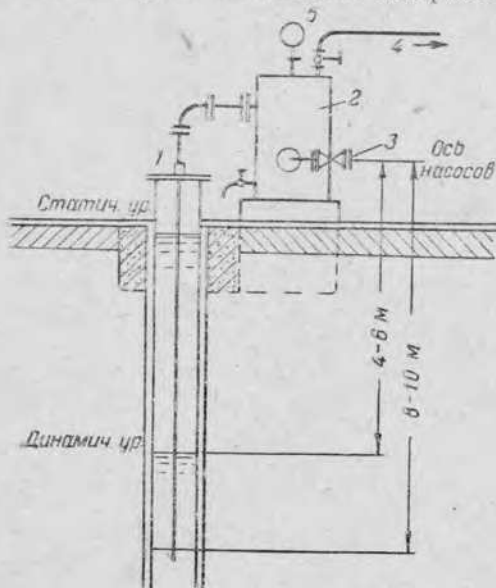


Рис. 32. Шахтная насосная станция.

соса, из которых два для параллельной работы и один резервный. Присоединение таких насосов ко всасывающей трубе производится при помощи всасывающего котла (рис. 33).

Обычно устанавливаются центробежные насосы, непосредственно соединенные с электромоторами, реже применяется ременная передача.



Паровые или приводные поршневые насосы можно встретить только на старых установках и на железнодорожных насосных станциях.

Все трубопроводы в заглубленных станциях и насосных шахтах укладываются из стальных труб на фланцах и сварке.

4. Оборудование скважин штанговым насосом

Штанговые насосы применяются только для малоответственного водоснабжения с небольшим расходом воды. В городском и промышленном водоснабжении штанговые насосы теперь уже не применяются.

Подъем воды штанговыми насосами ненадежен; при высоте подъема более 30 м наблюдаются частые обрывы насосных тяг. При смене кожаных манжет на поршине в скважину вносятся бактериальные загрязнения. На поверхности во-

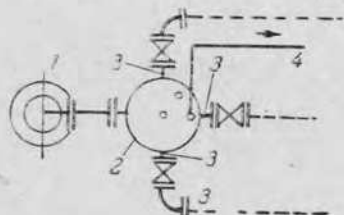


Рис. 33. Подача воды из скважины несколькими насосами:

1 — скважина; 2 — вакуумкотел; 3 — патрубки для присоединения насосов; 4 — труба к вакуумнасосу; 5 — вакуумманометр.

ды в скважине всегда плавает смазочное масло.

Для обеспечения бесперебойности в подаче воды, необходимо иметь резервную скважину с полным оборудованием.

Штанговые насосы устанавливаются в здании, в котором размещается устье скважины.

Ввиду того, что приходится довольно часто производить извле-

чение поршня для смены манжет, притирки клапанов и ремонта насосных тяг, в здании должно быть предусмотрено постоянное устройство для монтажных работ, состоящее из грузоподъемной лебедки и вышки с блоком. Над скважиной в потолке нужно иметь просторный люк.

Штанговым насосом можно подавать воду в подземный резервуар или же в невысоко поставленный напорный бак, расположенный вблизи скважины. Не рекомендуется производить подачу воды непосредственно в сеть, так как при этом могут происходить частые обрывы штанг и гидравлические удары в водопроводной сети.

Обычная производительность штанговых насосов не превосходит 10 м³/час, поэтому они применяются только для малых расходов воды. Основная характеристика штанговых насосов, выпускаемых нашими заводами, приведена в табл. 16.

Таблица 16

Характеристика штанговых насосов

Марки насоса	Диаметр цилиндра, мм	Ход поршня, мм	Число ходов в мин., от—до	Производит. м ³ /час, от—до	Мощность, л. с.	Примечание
Бурвод III	92	170—300	25—40	1,5—4,3	1,6—3,6	Мощность при подъеме на 35 м
Водотоп-строй	145	170—300	25—40	3,8—11,7	3,7—8,9	При подъеме на высоту 40—50 м
	75	500	18—22	1,9—2,4	2,5	
То же	98	800	18—22	4,5—5,0	3,5	30—40 м
"	98	500	18—22	3,2—4,5	8	70—80 м
"	142	1000	16—18	11,9—16,2	18	80—110 м
"	142	800	18—22	9,6—13,5	12	40—60 м
"	190	1000	16—18	21,5—23,2	18	60—70 м
"	190	800	18—20	17,2—24,5	12	20—30 м
"	230	1000	16—18	35,8—40,2	16	30—40 м

Кроме того, применяются штанговые насосы кустарного изготовления.

5. Оборудование скважин вертикальным центробежным насосом

Вертикальные центробежные насосы для скважин изготавливаются двух типов:

а) вертикальные центробежные насосы с длинным валом и электромотором на поверхности;

б) агрегат, состоящий из центробежного насоса, соединенного непосредственно с электромотором, опускаемый в скважину на напорных трубах.

Вертикальные центробежные насосы с длинным валом различаются конструкцией деталей, габаритами и качеством выполнения.

Для городского и промышленного водоснабжения применяются насосы производительностью от 10 до 100 л/сек, с напором от 50 до 100 м. Имеется установка производительностью 383 л/сек с напором 80 м.

Вертикальные центробежные насосы впервые были предложены инженером В. А. Пушечниковым и установлены на Московском водопроводе в конце прошлого столетия.

Первоначальный вид насоса Пушечникова претерпел много изменений и усовершенствований.

Наши заводы изготовляют насосы типа 8-НА производительностью около 10 л/сек, 12-НА производительностью около 40 л/сек и 14-НА производительностью 70 л/сек. В зависимости от числа ступеней насоса напор может быть доведен до 55 м. На рис. 34 показан общий вид оборудования скважины насосом 12-НА.

В табл. 17 приведена характеристика насосов 12-НА.

На рис. 35 показаны характеристики насосов 12-НА—3 и 12-НА—5.

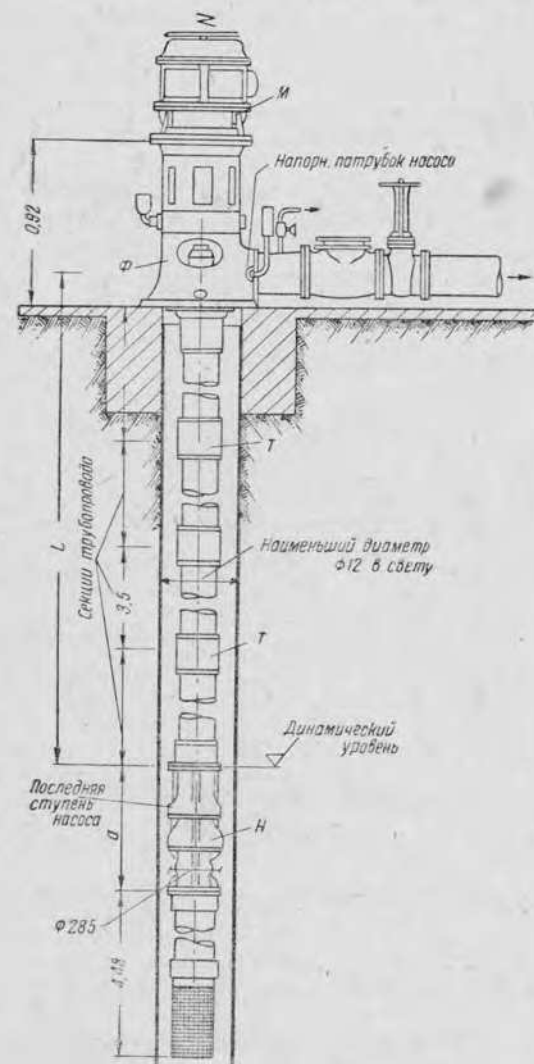


Рис. 34. Оборудование скважины. Вертикальный центробежный насос 12-НА. Общий вид.

Вертикальный центробежный насос состоит из следующих основных элементов: корпуса насоса **Н** с всасывающей трубой, напорных труб **Т**, подвешенных к опорному фонарю **Ф**, на который

Технические данные насоса 12-НА

L в м от оси напорн. патр. до динамич. уровня	5,5	9	12,5	16	19,5	23	26,3	30	33,5	37	40,5
Число секций труб	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Приблизительный напор на напорном патрубке насоса при $Q=42$ л/сек., $n=1450$ об/мин.

12-НА-3	33	26	22	19	15	12	8	4							
12-НА-4	44	37	33	30	26	23	19	15	11	8	4				
12-НА-5	55	48	44	41	37	34	30	26	22	19	15	11			

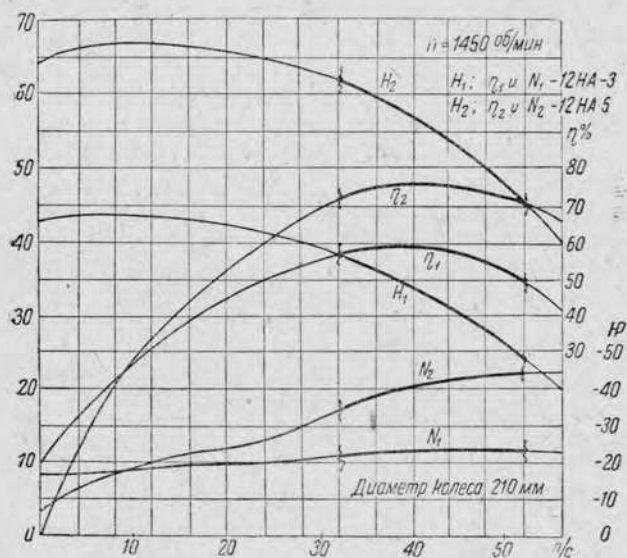


Рис. 35. Характеристика насоса 12-НА.

устанавливается вертикальный электромотор M ; внутри напорной трубы T расположен вал, соединяющий насос с электромотором (см. рис. 34).

Между звеньями труб размещаются направляющие подшипники и защитная труба для вала, наполненная смазочным маслом. Вал насоса верхним концом подвешивается к опорному подшипнику, размещенному в масляной ванне.

Вал делает 1450 оборотов в минуту.

При монтаже насоса необходимо соблюдать следующие основные технические требования.

1. Ось вала и напорных труб насоса не должна иметь даже самых незначительных перегибов.

Оси скважин обычно имеют некоторое отклонение от вертикали.

Для установки в таких наклонных скважинах вертикальных центробежных насосов отвесно и без перегибов оси вала и труб диаметр рабочей колонны должен быть намного больше диаметра корпуса насоса (рис. 36). Во избежание увеличения диаметра скважины автором применяется установка насосов наклонно, таким образом, чтобы ось вала была параллельна оси скважины. При такой установке напорные трубы насоса ложатся на обсадные трубы, и весь агрегат имеет один общий уклон, равный уклону оси скважины.

2. Корпус насоса погружается на 2—3 м ниже динамического уровня.

3. При статическом уровне на глубине более 10 м от поверхности земли на всасывающей трубе устанавливается приемный клапан.

Во время остановок насоса через него происходит вытекание воды из напорной трубы, вызывающее вращение насоса в обратную сторону. При большой глубине статического уровня и медленном подъеме динамического уровня развивается значительная скорость вращения, что может повлиять на ослабление валов и даже повлечь разъединение их. При редких остановках насоса можно приемный клапан не устанавливать.

Вертикальные центробежные насосы могут работать непрерывно несколько месяцев, тем не менее нельзя гарантировать бесперебойности подачи воды.

Не реже раза в год насос должен быть извлечен из скважины для освидетельствования и предупредительного ремонта; возможны также вынужденные остановки насоса для устранения неисправностей.

Для обеспечения бесперебойности водоснабжения из скважин, оборудованных вертикальными насосами, необходимо иметь резервную скважину с полным оборудованием.

Устье скважины должно быть герметически закрыто: для этого на обсадной трубе устанавливается сальник (рис. 37) для пропуска водоподъемных труб и трубки пневматического указателя уровня.

Сальник укрепляется к опорному фланцу обсадной трубы.

Для учета работы насосного агрегата устанавливаются измерительные приборы: водомер, манометр, пневматический указатель уровня, амперметр, вольтметр и др.

Над скважиной сооружается павильон. Размеры павильона дол-

жны обеспечить размещение аппаратуры и производство монтажных и ремонтных работ.

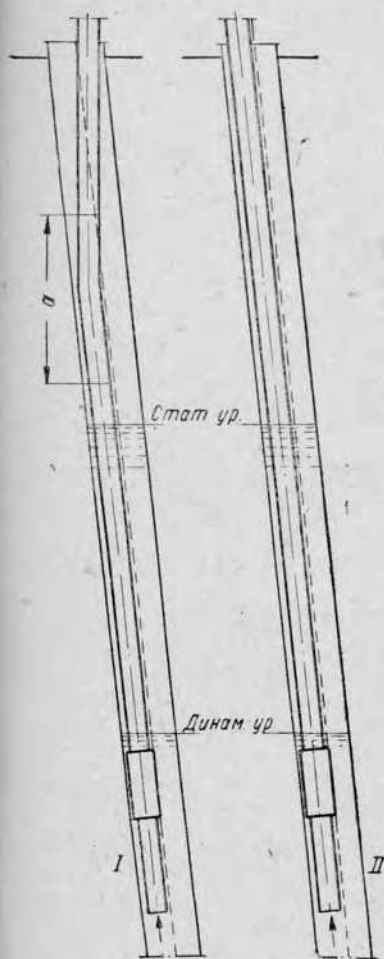


Рис. 36. Установка вертикального центробежного насоса в наклонной скважине.

I — неправильная установка: на участке *а* искривление оси вала насоса; II — правильная установка насоса: ось скважины параллельна оси насоса.

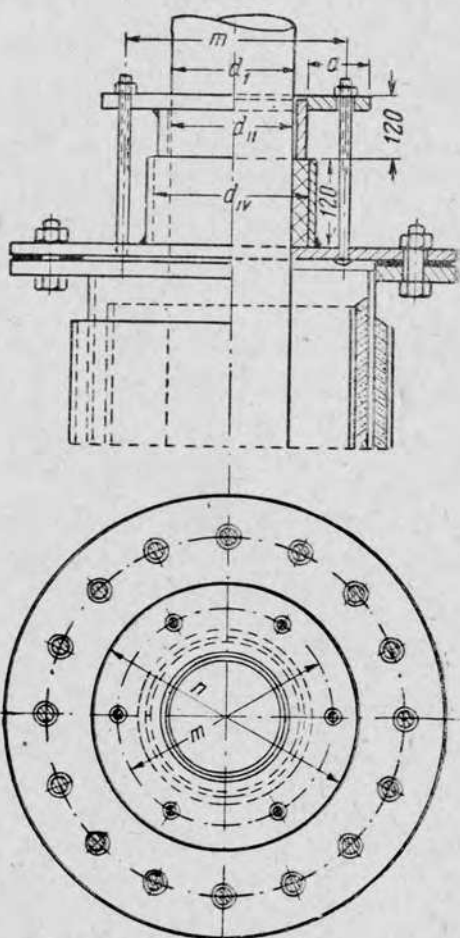


Рис. 37. Железный сварной сальник для вертикального центробежного насоса.

Площадь пола насосной станции достаточна 3×3 м, высота станции 3 м. Над скважиной устраивают просторный люк и постоянную металлическую монтажную вышку.

Схема установки вертикального центробежного насоса и павильон показаны на рис. 38.

6. Оборудование скважин эрлифтной установкой

Расчет эрлифтной установки и схема ее работы показаны на рис. 39 и 40.

Сжатый воздух получается от воздушных компрессоров;

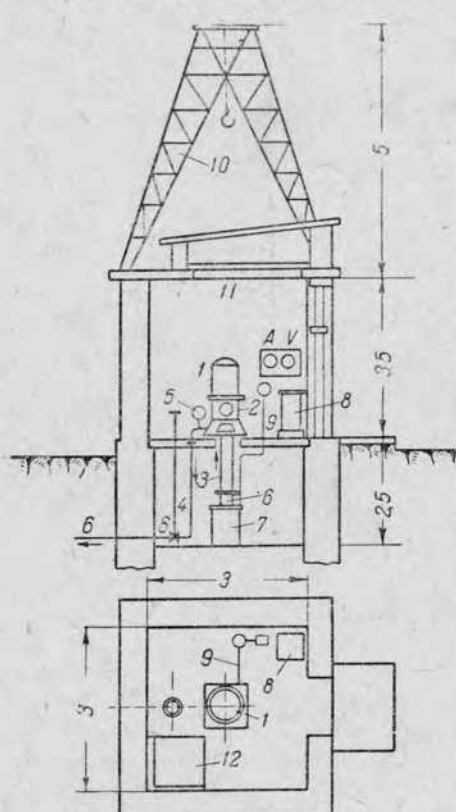


Рис. 38. Павильон для установки вертикального центробежного насоса:

1—электромотор; 2—опорный фонарь; 3—водоподъемные трубы; 4—напорный водопровод; 5—манометр; 6—сальник; 7—скважина; 8—пусковой прибор для электромотора; 9—пневматический указатель уровня; 10—монтажная вышка; 11—люк в потолке; 12—люк в полу.

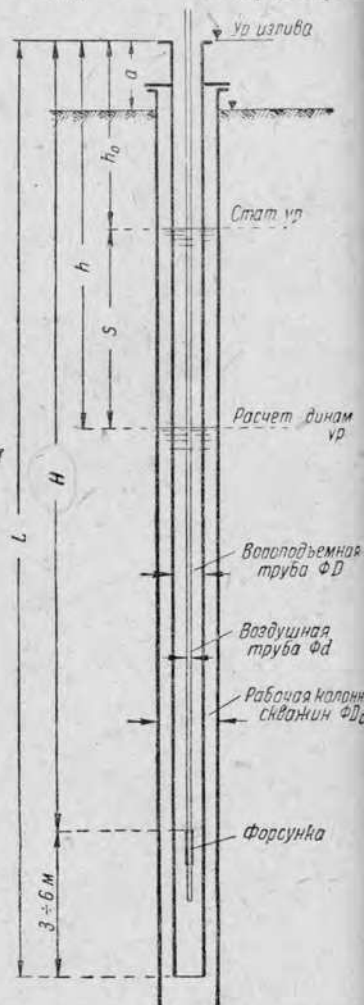


Рис. 39. Расчетная схема эрлифта.

скважина оборудуется водоподъемной и воздушной трубами с форсункой на конце последней.

Для нормальной работы эрлифта требуется, чтобы коэффициент

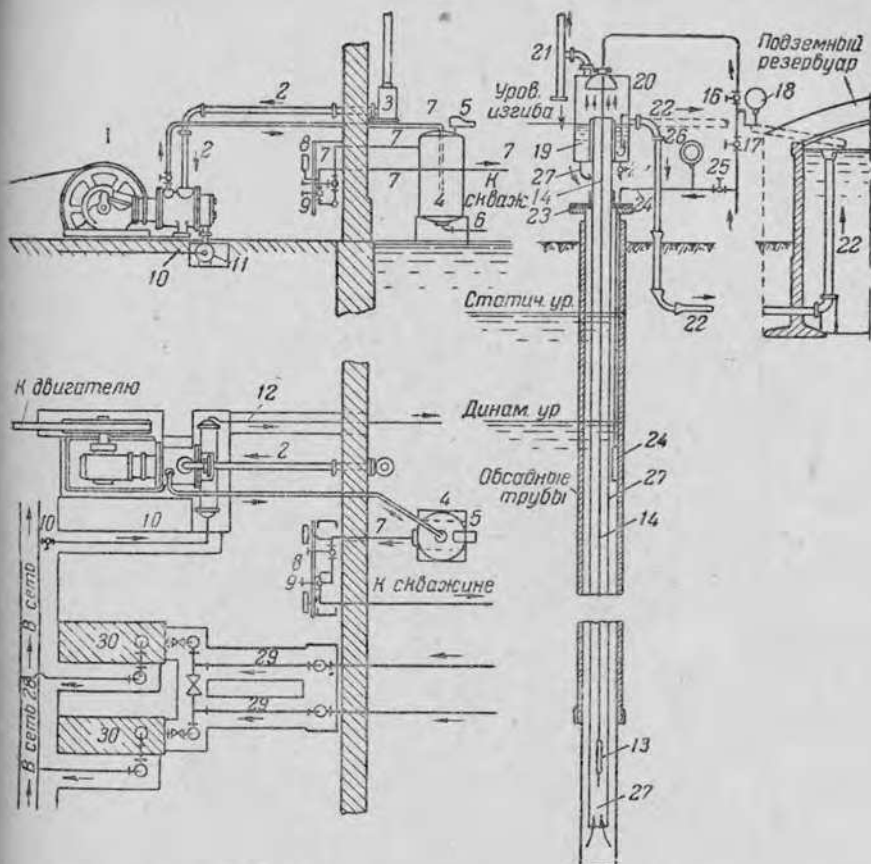


Рис. 40. Схема эрлифтной установки:

1 — компрессор; 2 — воздушные всасывающие трубы; 3 — фильтр для воздуха; 4 — ресивер; 5 — предохранительный клапан; 6 — кран для спуска масла и воды; 7 — воздухопроводы; 8 — щит управления воздухом; 9 — пусковой вентиль; 10 — вода для охлаждения компрессора; 11 — холодильник компрессора; 12 — спуск отработанной воды; 13 и 14 — воздушные трубы; 15 — кран для взятия пробы воды; 16 — запорный кран для воздуха; 17 — регулирующий кран; 18 — манометр для сжатого воздуха; 19 — приемный бачок; 20 — отражатель; 21 — выпуск отработанного воздуха; 22 — водоотводные трубы; 23 — опорный фланец; 24 — пневматический указатель уровня воды в скважине; 25 — кран пневматического указателя уровня; 26 — манометр пневматического указателя уровня; 27 — водоподъемные трубы; 28 — напорные трубы; 29 — всасывающие трубы из резервуара к насосам; 30 — насосы второго подъема.

погружения K , т. е. отношение глубины погружения форсунки H к глубине динамического уровня h , считая от уровня излива, не выходил из пределов 1,8—3,5. Основной расчетной формулой служит величина удельного расхода воздуха:

$$v_0 = \frac{h}{23 \eta_3 \lg \frac{h(K-1)+10}{10}},$$

где: h — глубина динамического уровня от уровня излива, м;

H — глубина погружения форсунки от уровня излива, м;

$K = \frac{H}{h}$ — коэффициент погружения форсунки;

η_3 — к. п. д. эрлифта, без учета к. п. д. компрессора, определяется по графику рис. 41.

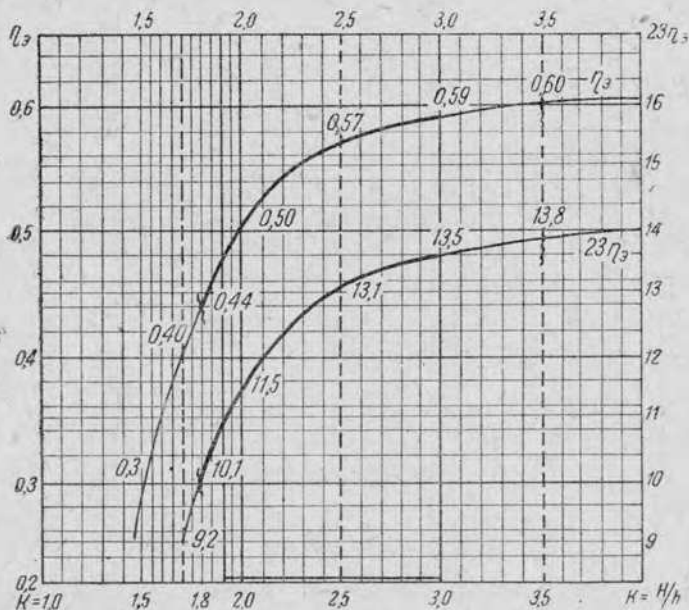


Рис. 41. График для определения η_3 и $23 \eta_3$ к коэффициенту погружения K

Для удобства расчета на рис. 41 приводятся графики для определения η_3 и $23 \eta_3$.

Расход воздуха для получения заданного расхода воды определяется по формуле:

$$W = 0,017 Q v_0 \text{ м}^3/\text{час},$$

где: W — в $\text{м}^3/\text{мин}$. Q — в $\text{м}^3/\text{час}$ воды.

На рис. 42 приведены графики для определения удельного расхода воздуха и диаметра водоподъемных труб.

Для пуска эрлифта в работу требуется давление сжатого воздуха

$$P_0 = 0,1(hK - h_0 + 2) \text{ кг/см}^2,$$

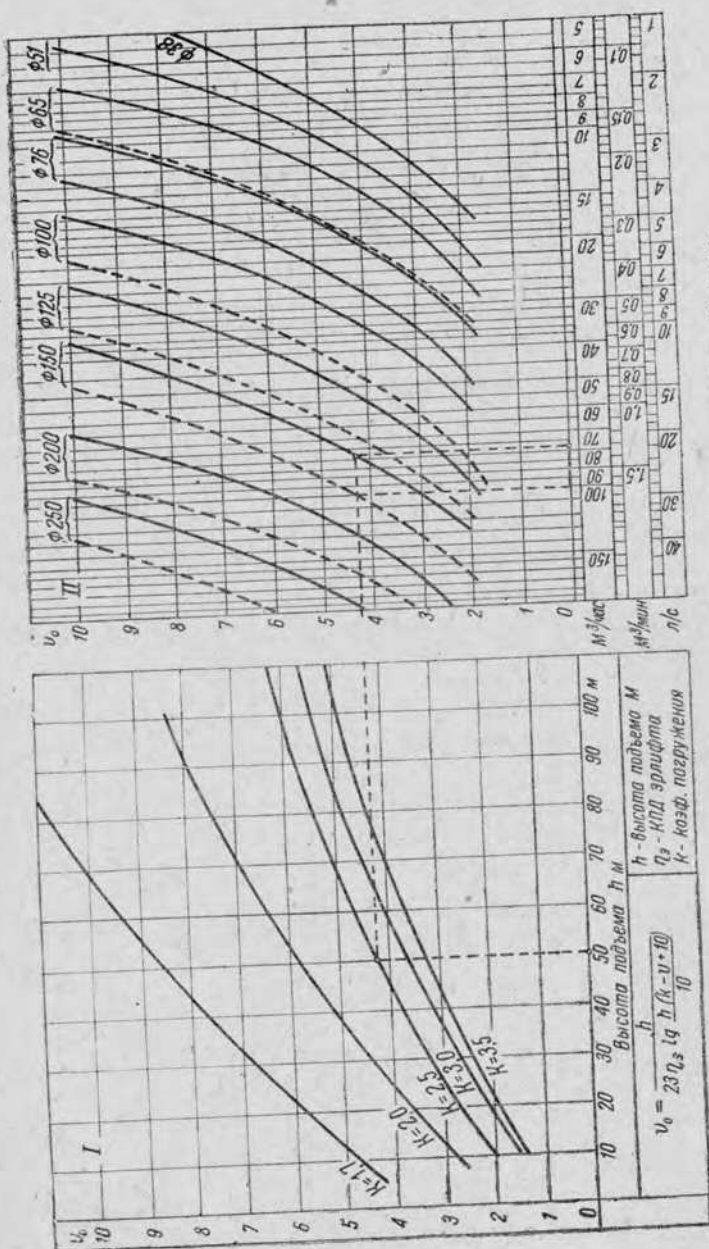


Рис. 42. I — график для определения удельного расхода воздуха;
II — график для определения диаметра водоподъемной трубы.

где: K — коэффициент погружения форсунки;
 h_0 — глубина статического уровня;
 h — глубина динамического уровня.

Во время работы эрлифта давление воздуха равно

$$P = 0,1 [h(K-1) + L_p] \text{ кг/см}^2,$$

где L_p — сумма потерь давления воздуха от компрессора до форсунки. При небольшом расстоянии компрессора от скважины L_p не превосходит $0,5 \text{ кг/см}^2$.

Скорость движения воздуха в трубе при давлении $P \text{ кг/см}^2$ определяется из уравнения

$$v = \frac{W}{60(P+1) \cdot 0,785a^2} = \frac{W}{46,3(P+1)d^2} \text{ м/сек.}$$

Потеря давления воздуха определяется по формуле:

$$P = \frac{12,5 \beta G^2 l}{\gamma d^5} \text{ кг/см}^2,$$

где: β — коэффициент сопротивления, определяется по табл. 18;
 G — вес воздуха, проходящего через трубу в течение часа, кг;
 l — длина трубопровода, м;
 γ — удельный вес воздуха при данной температуре и давлении $P \text{ кг/см}^2$, определяемый по табл. 19;
 d — диаметр трубы, мм.

Для облегчения определения потерь давления в трубопроводах на рис. 43 приведен график для определения потерь давления при $P=6 \text{ кг/см}^2$.

Таблица 18

Значения коэффициента сопротивления

$G \text{ кг/час}$	β	$G \text{ кг/час}$	β	$G \text{ кг/час}$	β
10	2,03	100	1,45	1000	1,03
15	1,92	150	1,36	1500	0,97
25	1,78	250	1,26	2500	0,90
40	1,68	400	1,18	4000	0,84
65	1,54	650	1,10	6500	0,78

Таблица 19

Удельный вес сухого воздуха в кг/м^3

Давление, кг/см^2	Температура в $^{\circ}\text{C}$							
	-30	-20	-10	0	+10	+20	+30	+50
1	1,406	1,350	1,299	1,251	1,207	1,166	1,128	1,058
2	2,812	2,701	2,589	2,583	2,414	2,332	2,255	2,115
4	5,624	5,402	5,196	5,006	4,829	4,664	4,510	4,232
6	8,436	8,102	7,794	7,509	7,244	6,996	6,765	6,346
8	17,25	10,80	10,39	10,01	9,658	9,328	9,020	8,464
10	14,06	13,50	12,99	12,51	12,07	11,66	11,28	10,58

Диаметр водоподъемной трубы избирается таким образом, чтобы скорость излива эмульсии была в пределах от $v = 6$ м/сек до $v = 8$ м/сек, а минимальная скорость эмульсии выше форсунки была не ниже 3 м/сек.

По мере подъема скорость эмульсии возрастает и достигает наибольшей величины при изливе. Скорость при изливе определяется по формуле:

$$v_{\text{наиб}} = \frac{Q(1+v_0)}{0,785d^2} \text{ м/сек.}$$

Скорость движения эмульсии непосредственно над форсункой может быть определена по формуле:

$$v_{\phi} = \frac{Q \left[1 + \frac{10v_0}{h(K-1)+10} \right]}{\alpha 0,785 d^2} \text{ м/сек.}$$

При расположении воздушной трубы внутри водоподъемной живое сечение последней уменьшается. Значение поправочного коэффициента α дано в табл. 21.

Подбор диаметра водоподъемной

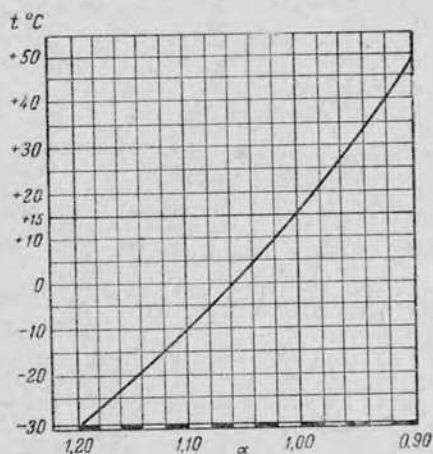


Рис. 44. Поправочный коэффициент α к производительности компрессора, в зависимости от температуры атмосферного воздуха.

Таблица 21
Поправочные коэффициенты α к производительности эрлифта, определенной по графику, приведенному на рис. 41, при расположении воздушной трубы внутри водоподъемной

Диаметр водоподъемной трубы, мм	100	125	150	200	250	300	350	400
Диаметр воздушной трубы, мм	32	32	38	38	50	50	65	76
Поправочный коэффициент	0,82	0,89	0,90	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95
Процент уменьшения	18	11	10	6	6	6	5	5

трубы для заданной производительности Q и удельного расхода воздуха v_0 производится по графику, приведенному на рис. 42.

Для обеспечения бесперебойности подачи воды устанавливается резервный компрессор.

При большом расходе воздуха устанавливают несколько компрессоров для параллельной работы.

Потребная производительность компрессора определяется по формуле:

$$W = 0,017 Q v_0 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

Ввиду некоторых потерь воздуха в трубопроводе принимается несколько большая производительность компрессора:

$$W = 0,02 Q v_0 \text{ м}^3/\text{мин.},$$

где Q — в $\text{м}^3/\text{час}$.

Производительность компрессора изменяется от перемены температуры и влажности воздуха и атмосферного давления. В таблице 22 и на рис. 44 приводятся поправочные коэффициенты на

Таблица 22

Изменение производительности и мощности компрессора в зависимости от температуры воздуха

Температура воздуха	Поправочный коэффициент	Температура воздуха	Поправочный коэффициент	Температура воздуха	Поправочный коэффициент	Температура воздуха	Поправочный коэффициент
-30	1,184	-5	1,078	+20	0,983	+45	0,908
-25	1,162	0	1,058	+25	0,966	+50	0,897
-20	1,140	+5	1,038	+30	0,948	+55	0,887
-15	1,120	+10	1,020	+35	0,934	+60	0,866
-10	1,098	+15	1,000	+40	0,920	+65	0,851

температуру воздуха. Поправочные коэффициенты от высоты расположения компрессорной установки над уровнем моря, приведены в табл. 23 и на рис. 45. Летом компрессор дает меньшее количество воздуха, чем зимой.

Таблица 23

Изменение производительности и мощности компрессора в зависимости от высоты над уровнем моря

Высота над уровнем моря, м	Поправочный коэффициент			Высота над уровнем моря, м	Поправочный коэффициент		
	произво- дительно- сти	мощности при			произво- дительно- сти	мощности при	
		5 ат	7 ат			5 ат	7 ат
0	1,00	1	1	2100	0,76	0,88	0,87
300	0,96	0,98	0,97	2500	0,73	0,87	0,85
600	0,92	0,96	0,95	2750	0,71	0,84	0,83
900	0,89	0,94	0,94	3000	0,68	0,82	0,81
1200	0,85	0,93	0,92	3250	0,65	0,79	0,78
1500	0,82	0,91	0,90	3700	0,63	0,78	0,77
1900	0,79	0,90	0,89				

Потери напора во всасывающих трубах определяются по формуле:

$$P = 1,55 \frac{l}{D} \frac{u^2}{10^{-3}} \text{ мм водяного столба.}$$

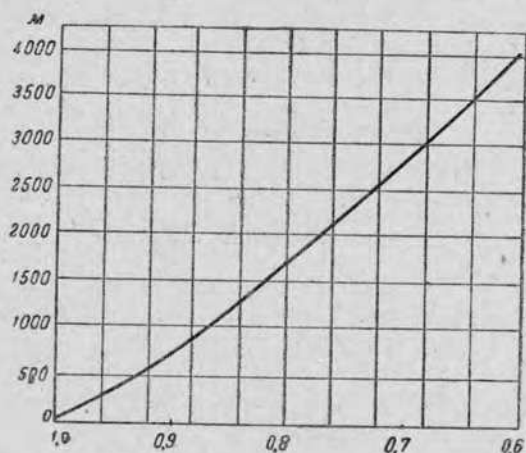


Рис. 45. Поправочный коэффициент b к производительности компрессора в зависимости от высоты установки его над уровнем моря.

Потери напора в фасонных частях воздухопроводов $P = 0,063 v^2 C$ мм водяного столба, где скорость v — в м/сек; значения коэффициента C приведены на рис. 46.

Потребная мощность на валу компрессора определяется по формуле:

$$N = N_0 WP \text{ кВт,}$$

где: N_0 — удельная мощность на валу компрессора, кВт;

W — производительность компрессора, м³/мин;

P — давление у компрессора, кг/см².

Значения N_0 для одноступенчатых и двухступенчатых компрессоров приведены на рис. 47.

Ресивер в эрлифтной установке необходим не только для регулирования работы компрессора, но и для освобождения сжатого воздуха от паров воды и масла, увлекаемых из машины. При недостаточности объема ресивера масло появляется в сборном резервуаре и скважине.

Опыт показал, что достаточный объем ресивера определяется по формуле:

$$W_p = 2,2 \sqrt{W} \text{ м}^3 \text{— для объемов до } 12 \text{ м}^3$$

и

$$W_p = 3,9 \sqrt[3]{W} \text{ м}^3 \text{— для объемов более } 12 \text{ м}^3.$$

При большой емкости устанавливаются несколько ресиверов, соединенных параллельно.

Характеристика сопротивления		Эскиз	C						
1	Вход в трубу с острыми краями		1,5						
2	Вход в стену с прямоугольными краями		1,0						
3	Вход с закругленными краями		0,5-0,2 в зависимости от r						
4	Прямоугольное колено без закругления		1,5 - для круглого и квадратн. сечения 2,0 - для прямо-угольного						
5	Колено 135° без закругления		0,5						
6	Колено 90° с закруглением		r/d						
			C						
			1						
			0,3						
			1,1-2						
7	Тройник с противоточной встречей струй		0,2						
			0,15						
			2,1-4						
			0,12						
8	Тройник без изменения скорости воздуха		0,12						
			0,08						
			0,00						
9	Постепенное центральное сужение		0,76 $h=0,063 v_2^2 C$						
10	Изгиб		r/d						
			C						
			≤ 3						
			0,4						
			3,1-8						
11	Постепенное центральное расширение		0,25						
			0,1						
			8,1-12						
			0,00						
Значения C									
α°		Отношение v1 : v2							
		1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0	
10°		0,0	0,03	0,06	0,11	0,17	0,40	0,70	
20°		0,01	0,05	0,12	0,22	0,34	0,77	1,4	
30°		0,02	0,08	0,18	0,32	0,50	1,12	2,0	
40°		0,02	0,10	0,25	0,41	0,64	1,44	2,55	

Рис. 46. Потери напора в фасонных частях всасывающих воздухопроводов по формуле $h = 0,063 v \cdot C \cdot \text{мм}$ водяного столба.

На рис. 48 приведен график для определения объема ресивера по производительности компрессора.

На рис. 49 показан ресивер, а в табл. 24 приведены основные размеры ресиверов.

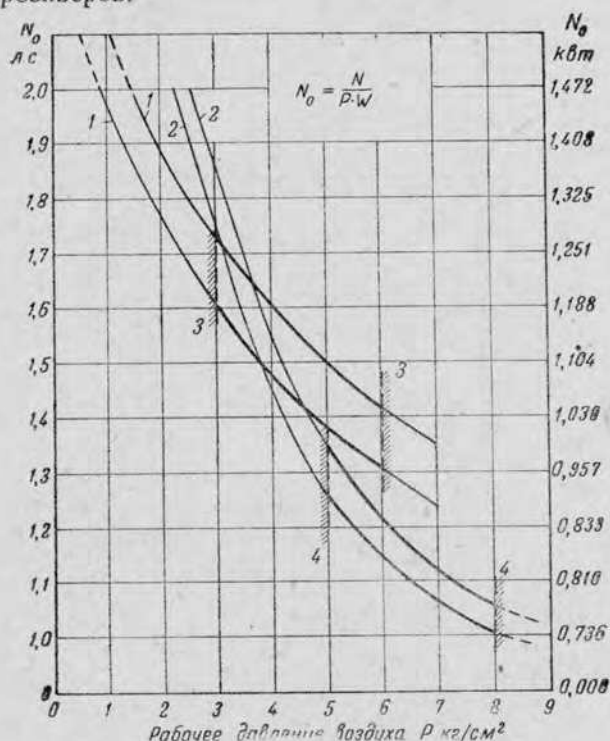


Рис. 47. Изменение удельной * мощности на валу компрессора N_0 в зависимости от величины рабочего давления:

1 — для одноступенчатых компрессоров; 2 — для двухступенчатых компрессоров; 3 и 4 — пределы рационального использования.

Сжатый воздух от компрессора подается через щит управления в ресивер и из него, также через щит управления, к скважине. На щите управления установлены манометры и задвижки. Схема щита управления приведена на рис. 50. Желательна установка приборов для измерения расхода воздуха.

Пуск, остановка и контроль работы эрлифта производятся в компрессорной станции.

Воздуховоды целесообразно укладывать на опорах выше поверхности земли, и только при невозможности воздушной прокладки трубы укладываются в каналах. Не рекомендуется укладывать воздуховоды в грунте, так как наблюдение за такими воздуховодами и ремонт их весьма затруднены. При прокладке

Основные размеры ресиверов

W _p м ³ /мин.	D м	H м	Давление воздуха										Воздушные трубы				Диаметр предохра- нит. клап.	Диаметр спускного крана	Опоры		
			6 кг/см ²		8 кг/см ²		10 кг/см ²		d	d ₁	d ₂	железо- швелле- рное №	Длина	железо- уголко- вое							
			δ	вес	δ	вес	δ	вес													
															мм	кг			мм	кг	мм
2,3	1,4	1,5	10	880	12	1030	—	—	51	76	—	25	13	10	1	10					
3,1	1,4	2,0	10	1035	12	1245	—	—	51	76	—	25	19	10	1	10					
4,0	1,6	2,0	10	1235	14	1720	16	1935	65	100	—	38	19	12	1	10					
5,0	1,6	2,5	10	1435	14	2010	16	2300	75	100	—	38	19	12	1	10					
6,4	1,8	2,5	12	2005	16	2675	—	—	100	300	250	38	25	Опоры на каменных столах							
7,9	1,8	3,0	12	2270	16	3040	—	—	125	350	300	38	25								
9,4	2,0	3,0	14	3020	16	3465	—	—	150	400	450	38	25								

воздуховодов в каналах и по воздуху принимается диаметр воздушной трубы на 50 мм больше расчетного, так как зимой в тру-

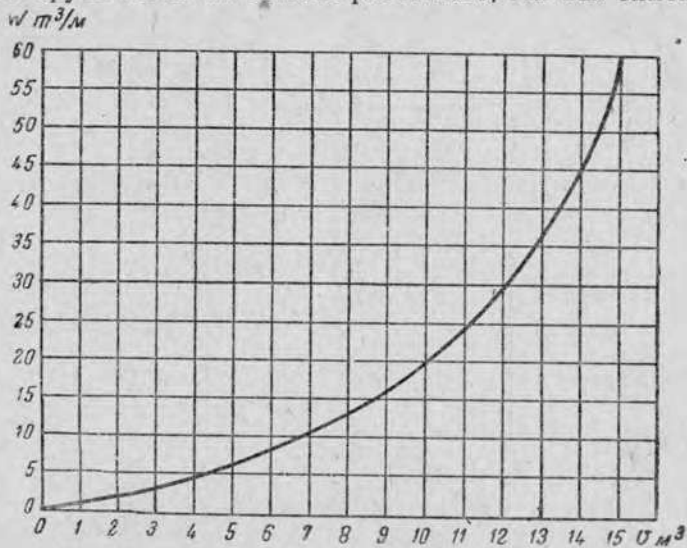


Рис. 48. График для определения объема ресивера.

бе образуется слой инея до 15 мм, который уменьшает живое сечение трубы и увеличивает потерю напора.

Воздуховоды не нуждаются в термоизоляции и укладываются с уклоном по движению воздуха для стока конденсата. При длине более 200 м устанавливаются сборники конденсата и компенсаторы.

7. Детали эрлифтной установки

Форсунки эрлифта. Они служат для впуска сжатого воздуха в водоподъемную трубу. Форсунки применяются двух типов — так называемые «внутри» и «рядом».

Форсунки «внутри» опускаются на воздушных трубах внутрь водоподъемной трубы. Такие форсунки применяются для водоподъемных труб диаметром 100 мм и выше (рис. 51). Размеры форсунки «внутри» приведены в табл. 25. При расположении воздушной трубы рядом с водоподъемной применяется форсунка «рядом» (рис. 52). Эти форсунки могут быть применены для

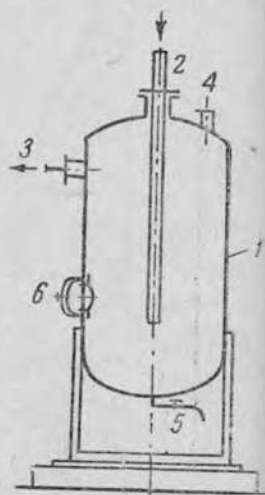


Рис. 49. Ресивер:
1 — ресивер; 2 — воздушная труба от компрессора; 3 — труба на ресивер к шлиту управления; 4 — штуцер для предохранительного клапана; 5 — отверстие для спуска конденсата; 6 — люк.

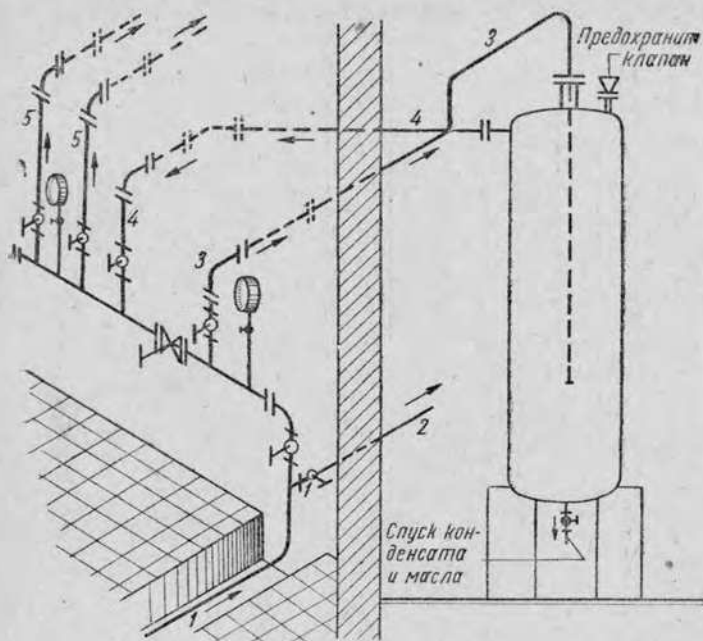


Рис. 50. Щит управления сжатым воздухом:

- 1—от компрессора; 2—от компрессора в атмосферу;
3—в ресивер; 4—из ресивера; 5—к скважинам.

Таблица 25

Размеры форсунки при расположении труб «внутри» (см. рис. 51)

Диам. воз- душной трубы d , мм	Длина фор- сунки l , мм	Число от- верстий в ряду, n	Диаметр от- верстий, мм	Диаметр воздушной трубы d , мм	Длина фор- сунки l , мм	Число от- верстий в ряду, n	Диаметр отверстий мм
19	1490	6	4	65	2075	12	6
25	1490	8	4	75	2075	15	6
32	1490	8	5	100	2075	22	6
38	1490	8	6	125	2075	26	6
50	1490	8	6				

любого диаметра водоподъемной трубы, но применяются преимущественно для водоподъемных труб диаметром менее 100 мм, так как требуют большего диаметра рабочей колонны, чем для форсунки «внутри». Разбивка отверстий для форсунки «рядом» приведена в табл. 26, а размеры ее — в табл. 27.

Форсунка для труб
φ 65 по 125 вкл

Форсунка для труб
φ 19 по 25 вкл

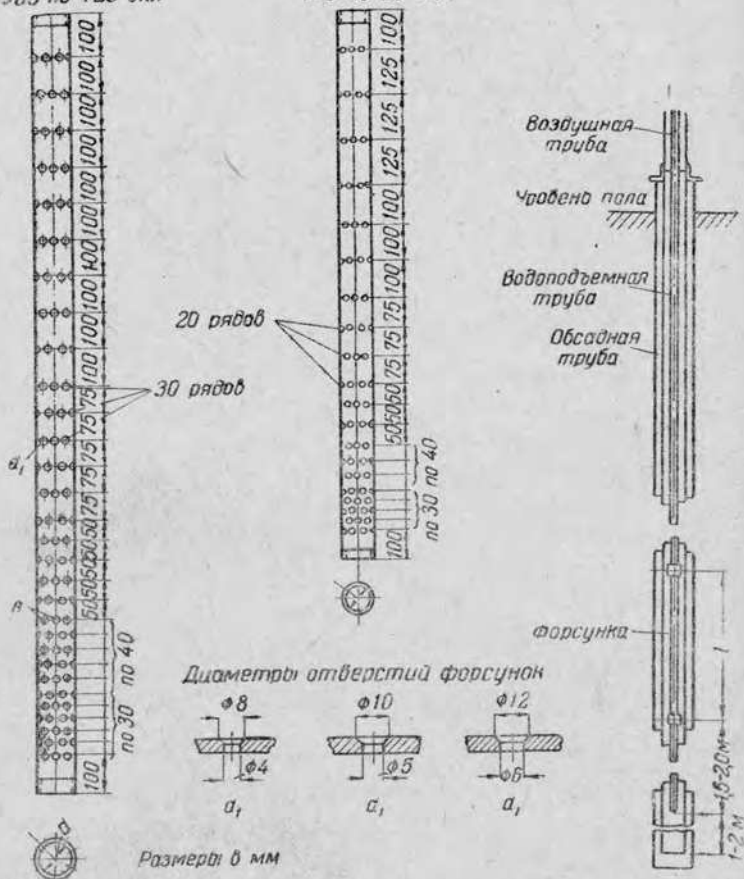


Рис. 51. Форсунка, применяемая при расположении воздушной трубы внутри водоподъемной.

Таблица 3

Разбивка отверстий для форсунки «рядом» (см. рис. 52)

Диаметр водо- подъемной тру- бы D, мм	Диаметр воз- душной трубы d, мм	Диам. от- верстий, мм	Число от- верстий, n	Расстояние между от- верстиями, мм		Число от- верстий в ряду	Число рядов
				a	в		
50—65	19—32	4	140	12	20	7	20
75—90	19—38	4	200	12	35	10	20
100—125	32—50	5	240	15	40	12	20
150—200	38—50—65—75	6	360	20	30	12	30
250—300	50—65—76—100	6	600	20	30	20	30
350—400	75—100—125	6	1000	20	30	25	40

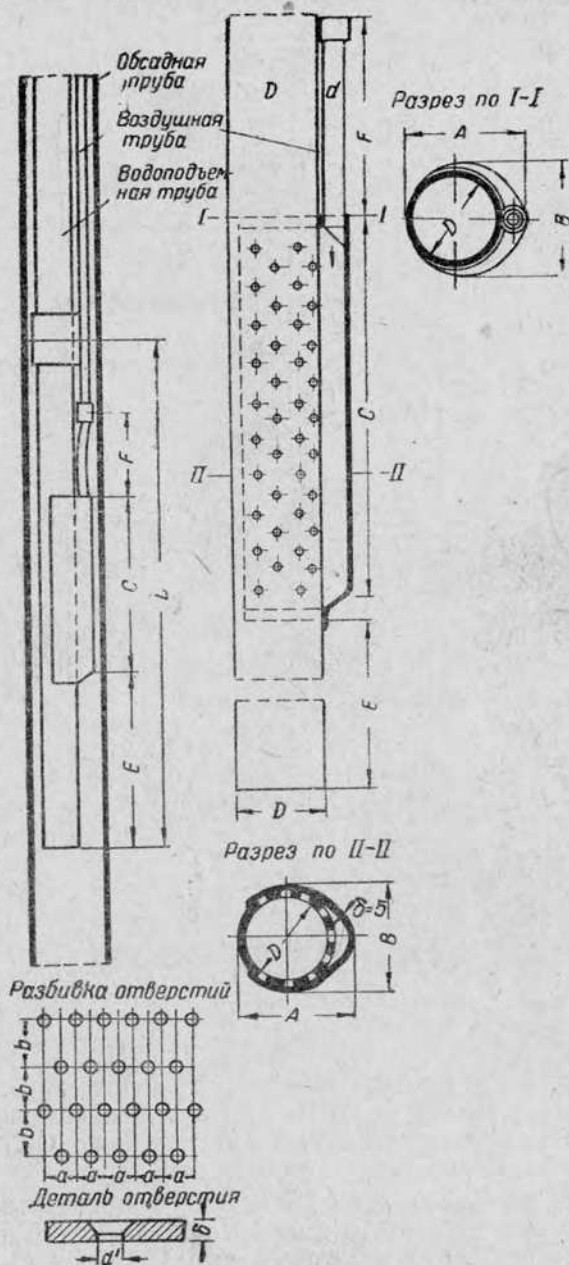


Рис. 52. Форсунка, применяемая при расположении воздушных труб рядом с водоподъемной.

Размеры форсунки при расположении труб «рядом»

Диаметр водоподъем- ной трубы, мм	Диаметр воздушной трубы, мм	в миллиметрах						Мини- малый диам. ске, D_c , мм
		A	B	C	E	F	L	
50	19	100						
	25	110	75	500	0,80	0,8	2,5	150
	32	120						
65	19	125						
	25	130	90	500	0,80	0,8	2,5	150
	32	140						
75	25	135						150
	32	145	100	800	1,0	1,0	3,5	200
	38	155						
87	25	155						
	32	165	120	800	1,0	1,0	3,5	200
	38	170						
100	32	175						
	38	180	135	1000	1,5	1,0	4,0	200
	32	200						
125	38	210	150	1000	1,5	1,0	4,0	250
	50	220						
	38	235						
150	50	250	190	1100	1,5	1,0	4,0	250
	65	265						300
	50	305						
200	65	315	235	1100	1,5	1,5	4,0	350
	75	330						
	50	350						
250	65	370	285	1200	1,5	1,5	4,5	400
	75	390						
	65	420						
300	75	440	350	1200	1,5	1,5	4,5	450
	100	465						500
	75	480						
350	100	525	400	1400	2,0	1,5	5,5	500
								600

Воздушные трубы. Диаметр воздушных труб, опускаемых в скважину, подбирается по расчету. Для воздушных труб применяются цельнотянутые стальные трубы по ОСТ 301—41, соединенные длинными бочкообразными муфтами.

Водоподъемные трубы. Для водоподъемных труб применяют буровые трубы диаметром от 125 мм и выше и газовые трубы диаметром от 150 мм и меньше. Могут применяться стальные трубы по ОСТ 301—41 на сварке.

Для большей прочности сварной стык усиливается приваренными накладками из полосового железа.

При длинных водоподъемных трубах и рабочем давлении воздуха выше 6 кг/см^2 могут потребоваться ступенчатые водоподъемные трубы, состоящие из труб разных диаметров, увеличивающихся кверху. Диаметры труб рассчитываются для получения в них скоростей в пределах $3\text{--}8 \text{ м/сек}$.

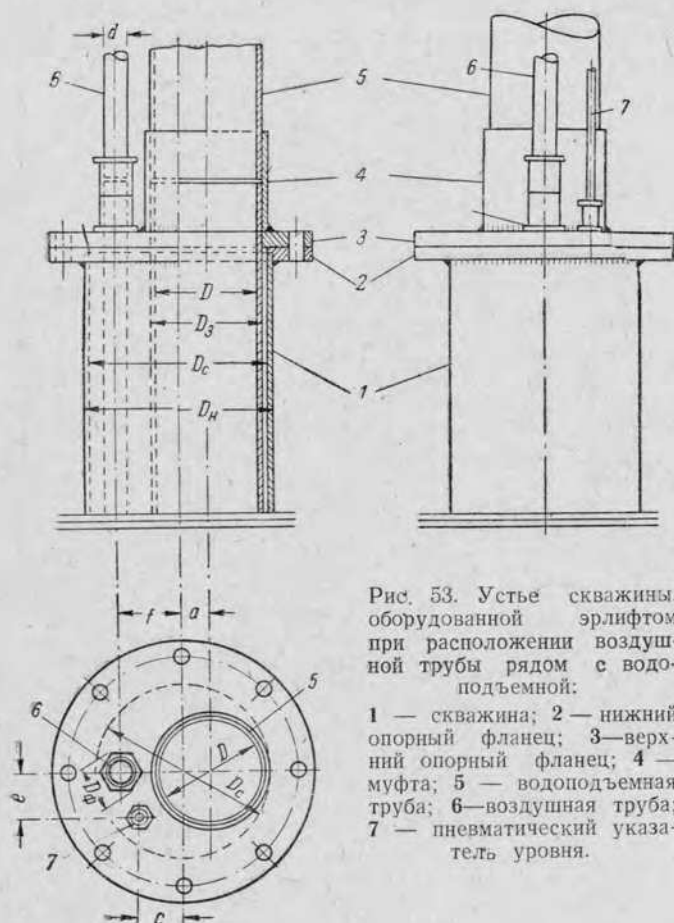


Рис. 53. Устье скважины, оборудованной эрлифтом при расположении воздушной трубы рядом с водоподъемной:

1 — скважина; 2 — нижний опорный фланец; 3 — верхний опорный фланец; 4 — муфта; 5 — водоподъемная труба; 6 — воздушная труба; 7 — пневматический указатель уровня.

К рабочей колонне приваривается нижний опорный фланец, на него устанавливается верхний опорный фланец, через который пропускаются водоподъемная и воздушная трубы, при расположении труб «рядом», и трубка пневматического указателя уровня (рис. 53 и 54).

В табл. 28 приведены диаметры водоподъемных труб и необходимый диаметр рабочей колонны скважины при расположении труб «внутри» и «рядом».

Приемники эмульсии. При расстоянии скважины от приемного подземного резервуара до 15 м эмульсия может подаваться непосредственно в резервуар, где происходит освобождение воды от воздуха.

Сливная труба монтируется с подъемом к резервуару.

При больших расстояниях между скважиной и резервуаром или, если нельзя уложить трубу с подъемом к резервуару, над скважиной устанавливаются сепараторы, служащие для отделения воздуха от воды.

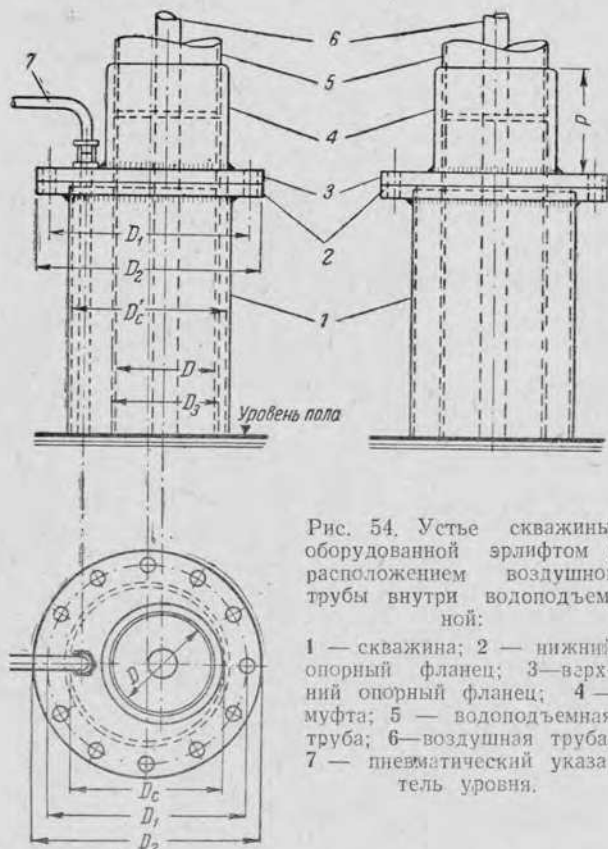


Рис. 54. Устье скважины, оборудованной эрлифтом с расположением воздушной трубы внутри водоподъемной:

1 — скважина; 2 — нижний опорный фланец; 3 — верхний опорный фланец; 4 — муфта; 5 — водоподъемная труба; 6 — воздушная труба; 7 — пневматический указатель уровня.

Сепараторы представляют собой приемный бачок с отражателем (рис. 55). Конструкция его понятна по рис. 56, а размеры приведены в табл. 29.

Другой тип приемника, в виде центробежного сепаратора, конструкции автора показан на рис. 57.

Эмульсия из скважины поступает в сепаратор по касательной со скоростью 6—8 м/сек, вода центробежной силой прижимается к стенкам сепаратора и винтовой перегородкой направляется к

Диаметры водоподъемных, воздушных и обсадных труб для различных типов скважин

Диаметр водоподъемной трубы, мм	Расположение водоподъемных труб					
	тип „рядом“			тип „внутри“		
	диаметр воздушной трубы, мм	диаметр обсадных труб для скважин, мм		диаметр воздушной трубы, мм	диаметр обсадных труб для скважин, мм	
		I	II и III		I	II и III
50	19 25 32	150	200	—	—	—
65	19 25 32	150	200	—	—	—
76	25 32	—	250	—	—	—
90	25 32 38	200	250	25 —	150	200
100	32 38 50	200	250	32 — 38	150 — 200	200 — 250
125	32 38 50	250	300	32 — 38	200	250
150	38 50 65	250 300	400	38 50 38	200	250 300
200	38 50 65 50	300	400	38 50 50	300	350
250	65 76 65	400	500	65 65	350	450
300	76 100 75	400 450 500	500	76 75	400	450
350	100	600	700	100	450	500
400	75 100 125	600	800	75 100	500	600

Таблица 29
Размеры приемного бачка (в мм) (см. рис. 56)

Диаметр водоподъемной трубы D , мм	Б а ч о к								Отрагатель			К р ы ш к а				
	D_1	D_2	D_3	l	l_1	L	h	d_1	d_2	D_0	h_1	d_3	D_1	D_2	l	d
50	600	720	774	450	350	800	300	885	685	250	110	76	774	720	760	110
65	600	720	774	500	350	800	300	105	80	250	110	76	774	720	760	110
75	600	720	774	500	350	800	300	113	93	250	110	76	774	720	760	110
100	600	720	774	500	350	800	300	143	123	300	125	76	774	720	760	110
125	700	820	874	500	400	1000	350	169	149	400	150	100	874	820	860	140
150	700	820	874	500	400	1000	350	208	175	500	200	100	874	820	860	140
200	800	920	974	600	500	1200	400	253	225	600	250	100	974	920	960	140
250	1200	1350	1414	700	500	1800	400	309	281	750	300	150	1414	1350	1400	185
300	1200	1350	1414	700	650	1800	500	360	332	900	350	150	1414	1350	1400	185

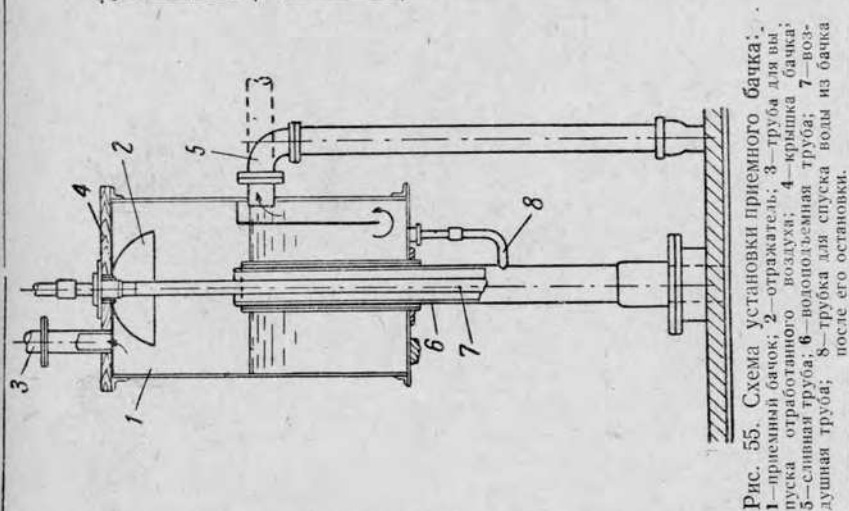


Рис. 55. Схема установки приемного бачка:
1—приемный бачок; 2—отражатель; 3—труба для вы-
пуска отработавшего воздуха; 4—крышка бачка;
5—сливная труба; 6—водопользующая труба; 7—воз-
душная труба; 8—трубка для спуска воды из бачка
после его остановки.

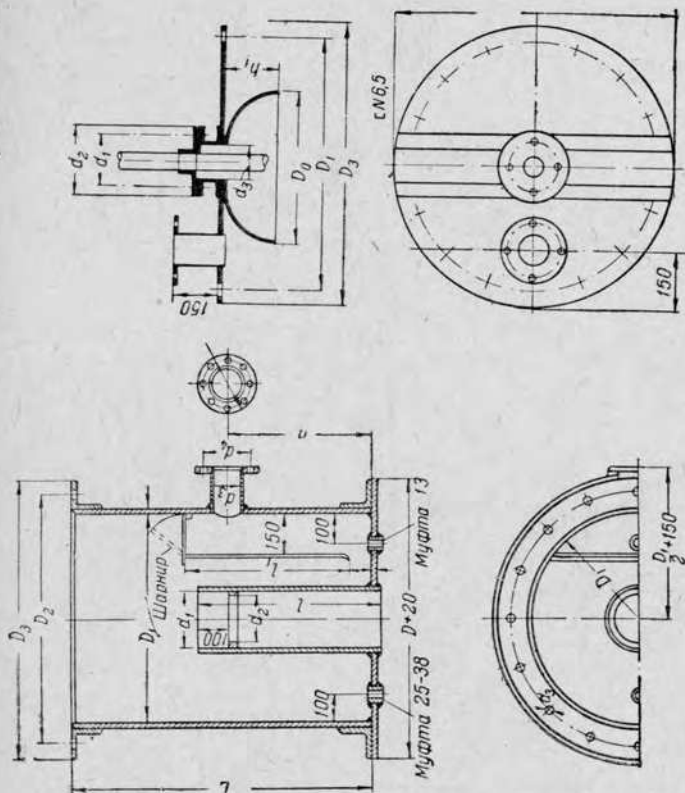


Рис. 56. Приемный бачок.

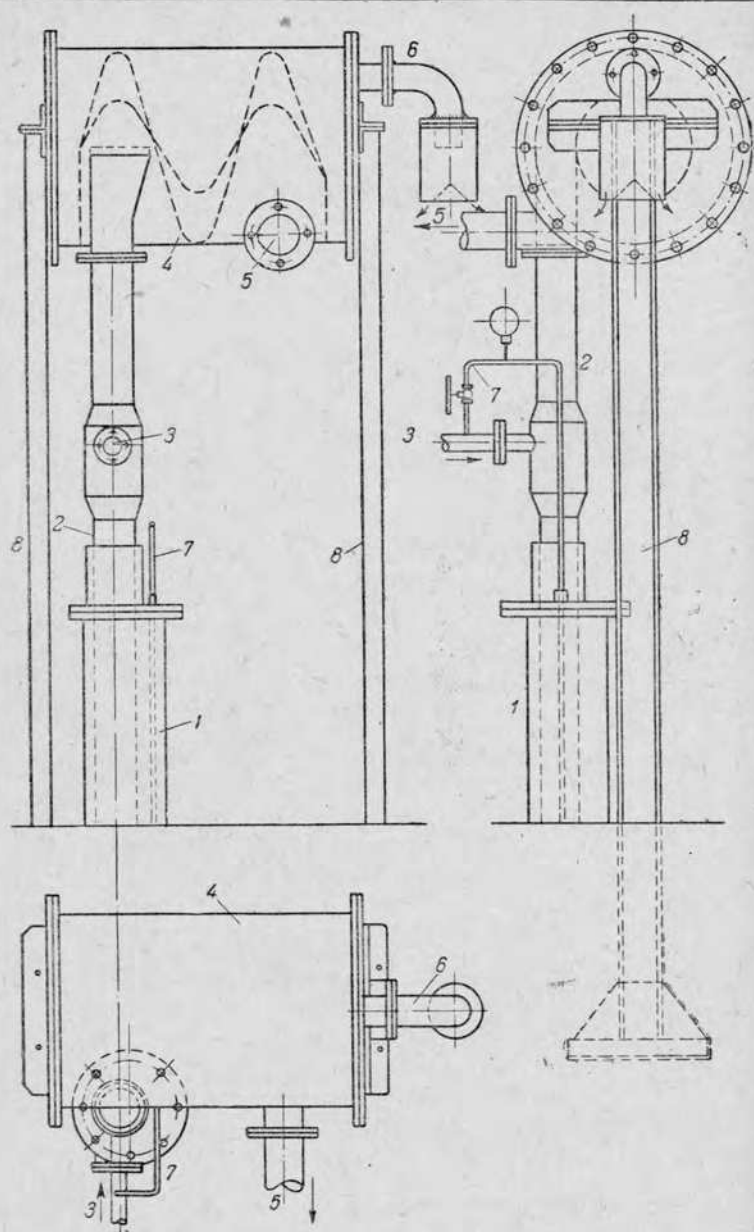


Рис. 57. Горизонтальный центробежный сепаратор:
 1—скважина; 2—водоподъемная труба; 3—воздушная труба; 4—горизонтальный центробежный сепаратор; 5—выпуск воды; 6—выпуск отработанного воздуха; 7—пневматический указатель уровня; 8—опоры сепаратора.

выходному отверстию. Воздух, как более легкий, отделяется от воды и удаляется через вентиляционную трубу в атмосферу.

При выходе из сепаратора вода получает некоторый скоростной напор, который может быть использован для подъема воды на небольшую высоту.

Приемные баки и сливные трубы, уложенные над землей, после остановки работы эрлифта автоматически опоражниваются, поэтому опасность замерзания их исключена.

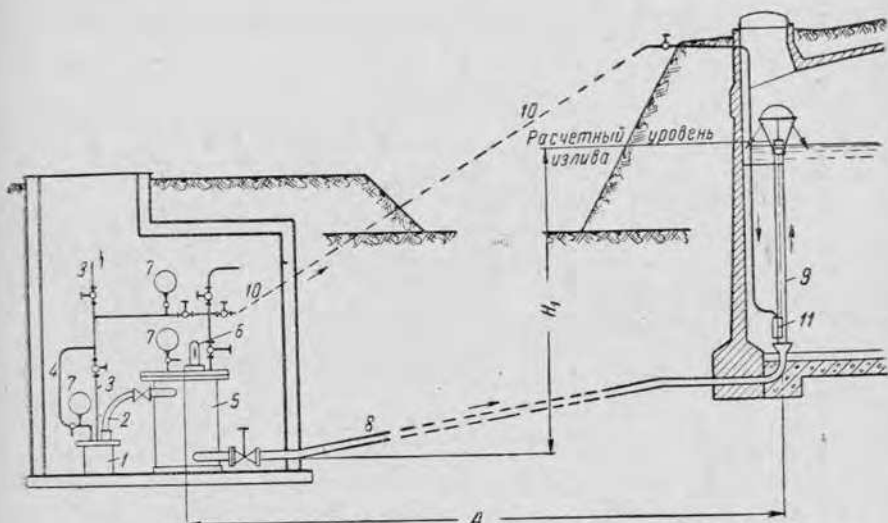


Рис. 58. Схема установки напорного центробежного сепаратора:

- 1 — скважина; 2 — отвод на водоподъемной трубе; 3 — воздушная труба; 4 — пневматический указатель уровня; 5 — напорный центробежный сепаратор; 6 — пружинный воздушный клапан; 7 — манометр; 8 — сливная труба; 9 — дополнительный эрлифт в резервуаре; 10 — отвод отработанного воздуха к дополнительному эрлифту; 11 — форсунка.

Если же сливные трубы укладываются в грунте, то в стояке сливной трубы около скважины будет стоять вода выше поверхности. В неотапливаемых павильонах стояк следует утеплить. При длительных остановках из него спускается вода через особый кран, расположенный в колодце около скважины или резервуара.

Напорный центробежный сепаратор. В редких случаях ставится задача подать воду эрлифтом на высоту выше устья скважины и при этом не допускается никаких устройств выше уровня земли. Эта задача разрешается установкой напорного центробежного сепаратора. Общий вид подобной установки схематически показан на рис. 58.

Напорный центробежный сепаратор представляет собой вертикальный цилиндр с направляющей винтовой плоскостью внутри.

Бачок закрыт крышкой, снабженной вентиляционной трубой с пружинным клапаном, позволяющим выпускать отработанный воздух только при определенном давлении в сепараторе.

Выходное отверстие находится внизу сепаратора и соединяется со сливной трубой в приемный резервуар, уложенной с подъемом.

Давление воздуха в сепараторе и скоростной напор поднимают освобожденную от воздуха воду в приемный резервуар.

Отработанный сжатый воздух выпускается в атмосферу через особый пружинный клапан, но может быть использован для вторичного подъема воды эрлифтом, установленным в резервуаре.

Глава V. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДЯНЫХ СКВАЖИН

1. Уход за скважинами

По окончании бурения скважины бурящая организация должна передать заказчику паспорт на скважину, заключающий следующие данные.

Гидрогеологический очерк района, проекты скважины и зоны санитарной охраны, буровой журнал, исполнительный, геологический и технический разрезы скважины, образцы пород, пройденных скважиной, акты о неполадках, происшедших во время бурения, о причинах изменения проекта скважины, о подготовке скважины к эксплуатации и испытании ее пробной откачкой и другие имеющиеся данные.

После приемки скважины ее оборудуют водоподъемной установкой и производят испытание.

Испытание водоподъемной установки производится непрерывно в течение не менее 24 часов. Каждый час измеряют расход воды, глубину динамического уровня; при откачке насосами — давление по манометру на напорных водяных линиях, при эрлифтных установках — давление сжатого воздуха, показания электроприборов и пр. Все показания заносятся в журнал испытания.

Замеченные ненормальности отмечаются в журнале испытания (стуки, нагрев моторов, подшипников, пульсирующая подача воды и воздуха, утечка в трубопроводах и арматуре и пр.). После исправления отмеченных дефектов производится вторичное испытание и в случае полной исправности работы составляется приемо-сдаточный акт, после чего установка поступает в эксплуатацию.

Все данные об испытании скважины и ее оборудования заносятся в паспорт скважины, который является первичным документом.

В дальнейшем в паспорт вносятся данные и наблюдения за эксплуатацией скважины и водоподъемника.

Паспорт должен отражать все изменения, происходящие в скважине и оборудовании, что позволит в дальнейшем принимать предупредительные меры для поддержания нормальной работы скважины и оборудования и этим избежать возможных аварий.

Для правильной эксплуатации водяных скважин необходимы регулярные наблюдения за режимом водоносного слоя, качеством воды его и работой оборудования.

Для производства этих наблюдений скважина оборудуется приборами для измерения уровня воды в скважине, водомерами, нивелирами, электрическими приборами для наблюдения за работой электромоторов и пр.

В случае отсутствия систематических наблюдений может оказаться незамеченной увеличившаяся районная депрессия, в результате наступает весьма напряженный момент с водоснабжением: обнаруживают, что уровень упал до пределов всасывания. Были отмечены случаи, когда насосные станции выходили из строя или, в лучшем случае, производительность их сильно снижалась, насосы работали на пределе всасывания, происходило повреждение насосов от кавитации, пуск насосов в работу сильно осложнялся, а эрлифтные установки работали с пульсирующей подачей и с уменьшенной производительностью.

Увеличение районной депрессии происходит постепенно, по мере увеличения отбора воды из водоносного слоя, поэтому является возможным своевременно принять меры для обеспечения нормальной работы водоподъемных установок или их переоборудования.

Систематические наблюдения крайне необходимы также для правильного планирования и распределения ресурсов подземных вод между потребителями при расширении водоснабжения городов, населенных мест и промышленных предприятий и водоснабжения новых промышленных предприятий.

Шахты, насосные станции, колодцы и приямки, в которых помещаются скважины, должны быть сухи и содержаться в чистоте. При расположении скважин вне зданий, под открытым небом, территория вокруг скважины мостится или асфальтируется с уклоном от скважины.

В старых установках встречаются скважины, расположенные внутри резервуара. Устье такой скважины должно быть поднято выше уровня воды в резервуаре, дно резервуара вокруг скважины должно быть надежно заделано, а обсадная труба окрашена асфальтовым лаком.

Устье скважины должно быть надежно защищено от попадания в скважину загрязнений, смазочного масла и пр.

Спуск в скважину отработанной от охлаждения машин воды, перелив воды из резервуаров и других емкостей не допускаются.

Для защиты скважины и водоносного слоя от загрязнения организуется зона санитарной охраны. Условия содержания скважины указываются в проекте зоны санитарной охраны и контролируются местной государственной санитарной инспекцией.

Особое внимание за содержанием окружающей территории следует уделять скважинам, получающим воду из незащищенных или слабо защищенных водоносных слоев, а также старые

скважинам, в которых возможно разрушение обсадных труб коррозией.

Контроль за качеством воды осуществляется систематическими анализами воды из скважины. Отбор проб воды производится из специально устроенного крана, расположенного возможно ближе к устью. Обязательные анализы воды производятся не менее раза в месяц, а при появлении признаков отклонения от нормального качества воды по указанию государственной санитарной инспекции производятся добавочные контрольные анализы.

Водоподъемное оборудование, опускаемое в скважину, должно быть тщательно очищено от грязи, смазочного масла, промыто водой и обмыто раствором хлорной извести. Применение керосина для промывки деталей насоса не рекомендуется, так как запах его надолго сохраняется.

После каждого монтажа насосного оборудования, опущенного в скважину, производятся контрольные анализы воды.

В случае попадания в скважину через устье посторонних вод следует произвести (под наблюдением государственной санитарной инспекции) дезинфекцию стенок обсадной трубы раствором хлорной извести и затем интенсивную откачку для промывки скважины.

В процессе эксплуатации водоприемная часть скважины заиливается и засоряется.

В скважинах без фильтров, получающих воду из трещиноватых устойчивых пород, на забое накапливаются осадки, иногда в большом количестве. От большого накопления осадков происходит уменьшение удельного дебита, снижение динамического уровня и уменьшение производительности. При наличии слоев глин среди устойчивых водоносных пород, не перекрытых трубами, наблюдается разбухание глин и закупорка части скважины ниже их. Наконец, случаются обвалы пород, прорывы перекрытых пород через сквозные отверстия разрушенных коррозией обсадных труб или из-под башмака, через срез трубы и т. д.

Для предупреждения указанных явлений необходимо в процессе эксплуатации проверять состояние скважины, в особенности скважин, прослуживших более 10 лет или расположенных вблизи линий электрических железных дорог и трамваев, на заводах, где грунтовые воды особо загрязнены и имеется опасность быстрой коррозии обсадных труб агрессивными грунтовыми водами.

Такую проверку рекомендуется производить во время профилактического освидетельствования водоподъемного оборудования.

Основными признаками неблагополучия со скважиной являются ненормальное понижение динамического уровня и изменение качества воды.

Проверка степени заилиenia производится опусканием в скважину лота или, лучше, небольшой желонки, так как последняя вынесет на поверхность образец заилиenia, по которому можно

судить о происхождении осадка. Зная глубину скважины и глубину погружения лота или желонки, определяют степень заилиenia скважины.

Если заилиение составляет более 20% высоты вскрытой водоносной породы, необходимо скважину очистить. Быстрое накопление осадков свидетельствует о дефектах обсадных труб. Для выяснения дефектов необходимо произвести исследование скважины.

Способы исследования и чистки скважин от осадков изложены в главе VII.

Скважины, оборудованные фильтрами, в особенности сетчатыми, иногда засоряются и зарастают довольно скоро после их установки. Это зависит от качества воды и устройства фильтра.

Воды высокой карбонатной жесткости и воды, содержащие соли закиси железа, отлагают на сетке и в отверстиях фильтра твердые осадки углекислого кальция и гидрата окиси железа и этим сильно увеличивают гидравлическое сопротивление входу воды в скважину. Кроме того, через фильтр в скважину выносятся мелкие фракции водоносной породы, которые частично оседают в отстойнике и могут заполнить рабочую часть фильтра. Вследствие износа сетки фильтра или повреждения ее во время монтажа или чистки происходит прорыв водоносной породы в скважину, и тогда весь фильтр быстро заполняется породой.

При неправильном подборе фракции гравийной загрузки поры ее закупориваются водоносной породой.

Все указанные явления приводят к уменьшению производительности скважины, а иногда и к полной ее закупорке.

Чистку фильтров надо производить с большой осторожностью, чтобы не прорвать сетки и не загнать осадки в промежуток между фильтром и водоносной породой. Способы чистки фильтров от осадков и от зарастания осадками изложены ниже, в главе VI.

Если будет обнаружен прорыв или износ сетки фильтра, то в большинстве случаев приходится заменять его новым, так как после освобождения фильтра от осадков он снова быстро заполняется породой.

В мелкозернистых плотных песках после прорыва сетки фильтра и очистки его от осадков наблюдается увеличение удельного дебита. Такие скважины удовлетворительно работают при постоянном дебите. Если увеличить производительность, то в скважину будет вынесена новая порция песка, что опять повлечет за собой необходимость чистки фильтра. В таких случаях рекомендуется скважины оборудовать эрлифтными установками, с водоподъемными трубами, опущенными в фильтр.

Своевременное обнаружение неисправностей водоприемной части скважины позволит принять предупредительные меры и этим избежать больших осложнений.

Разрушение обсадных труб коррозией в первую очередь проис-

ходит в зоне грунтовых вод и на участке между статическим и динамическим уровнями.

Через сквозные отверстия в обсадных трубах в скважину могут притекать загрязненные грунтовые воды и проникать порода. Приток посторонней воды обнаруживается по изменению качества воды. Если отверстия в обсадных трубах образуются выше статического уровня, в скважине можно наблюдать фонтаны и шум от притока воды. Такие скважины должны подвергнуться капитальному ремонту или тампонажу, так как они являются источниками загрязнения водоносного слоя.

В некоторых случаях, при неправильных конструкциях скважины, неправильном ведении буровых работ или авариях при бурении, устанавливается затрубное сообщение между водоносными слоями, возможен прорыв породы и воды в скважину из вышележащих водоносных слоев, часто загрязненных. В иных случаях имеет место сообщение между водоносными слоями через срез трубы или по затрубному зазору.

Такие скважины не должны приниматься в эксплуатацию. Если скважина не может быть исправлена, она должна подвергнуться санитарно-технической заделке под наблюдением государственной санитарной инспекции. Способы заделки (тампонажа) скважин приведены в главе VIII, указания по исправлению таких скважин изложены в главе VII.

Два раза в год—перед весенним паводком и накануне зимы—производится генеральная проверка работы скважины и оборудования. Один раз в год проверяется состояние оборудования во всех частях без демонтажа, измеряются производительность, статический и динамический уровни, а также отбирается проба воды для полного анализа.

В случае обнаружения дефектов назначается соответствующий ремонт.

Один раз в год производится проверка состояния скважины и оборудования с демонтажем его для осмотра всех деталей и профилактического или капитального ремонта.

Насосы с горизонтальной осью разбираются, детали проверяются на износ и производится замена или ремонт изношенных частей.

Вертикальные центробежные насосы извлекаются из скважины для освидетельствования, и изношенные детали заменяются новыми или, если возможно, ремонтируются.

В эрлифтных установках извлекаются воздушные трубы и форсунки при расположении их внутри водоподъемных труб для очистки от наростов, проверяется прочность муфт. При обнаружении нароста на внутренних стенках водоподъемных труб производится чистка их. В случае значительного понижения статического и динамического уровней возникает необходимость погружения форсунки и водоподъемных труб на большую глубину.

Проверка водоприемной части может быть произведена через водоподъемные трубы без их извлечения.

При расположении воздушных труб рядом с водоподъемными для исследования скважины приходится извлекать всю систему эрлифтных труб.

При демонтаже оборудования из скважины производится проверка статического уровня и его колебания под влиянием работы соседних скважин.

В случае обнаружения значительного заиливания фильтра или забоя производят чистку скважины. При обнаружении значительной коррозии обсадных труб, притока воды через сквозные отверстия в них производят исследование состояния всей скважины для капитального ремонта. В таких случаях анализы воды, произведенные перед демонтажем, обычно указывают на признаки ухудшения качества воды.

Вопрос о возможности эксплуатации такой скважины без ремонта разрешается в зависимости от ее состояния и допустимости использования воды ухудшенного качества.

Если статический уровень значительно снизился или появились большие колебания его под влиянием работы соседних скважин, может потребоваться переустройство водоподъемного оборудования для обеспечения нормальной работы водоподъемника.

При наличии самоизливающейся скважины устье ее должно быть герметично закрыто. Безусловно не допускается непроизводительный излив воды из скважины.

Устройство оголовков самоизливающихся скважин, приведенное в главе IV, позволяет производить монтаж водоподъемного оборудования без понизительной откачки и подтопления насосной станции, шахты и пр.

Задвижки, перекрывающие устье скважины, следует закрывать медленно, во избежание гидравлических ударов.

2. Эксплуатация вертикального центробежного насоса

Пуск насоса в действие производится так же, как обычных центробежных насосов с электромотором, соединенных муфтой.

Перед пуском проверяют, закрыта ли задвижка на напорной линии, открывают вентиль для спуска воздуха из водоподъемной трубы насоса, включают электромотор и по достижении полного числа оборотов закрывают вентиль на воздушной трубе и постепенно открывают задвижку на напорной линии, все время наблюдая за амперметром и манометром. В случае отклонения от нормального ампеража, давления и пр. проверяют все части установки. Для остановки работы насоса закрывают задвижку на напорной линии, после чего производят выключение электромотора.

Если во время работы насоса дежурный машинист обнаружит отклонение от нормальной работы насоса, посторонние стуки,

шумы и т. п., он немедленно выключает электромотор и выясняет дефекты.

Если установить причину неполадки и устранить ее не удастся, насос извлекается из скважины для освидетельствования и необходимого ремонта. В табл. 30 приведены основные неисправности работы вертикальных центробежных насосов, их причины, признаки обнаружения и способы устранения.

Таблица 30

Таблица основных неисправностей работы вертикальных центробежных насосов, их причины, признаки обнаружения и способы устранения

Неисправность	Причина неисправности	Как обнаруживается	Способ устранения
1. Подача воды уменьшилась	Понижение динамического уровня	Измерением глубины динамического и статического уровней	Прибавить секцию и заглубить насос или подавать воду на более низкую отметку
	Динамический и статический уровни понижаются временами от влияния соседних скважин		
	Заиливание забоя, засорение или за-растание фильтра или др. дефекты водоприемной части скважины	Проверить величину заиливания забоя или фильтра	Очистить забой или произвести торпедирование
	Неисправность приемного клапана	Статический уровень без изменения, динамический—выше, ампераж—ниже	Извлечь насос для исправления клапана
2. Повышение ампеража	Задвижки у насоса или на линии открыты неполностью или неисправны, засорение водопроводных труб	Статический уровень без изменений, динамический уровень выше, напор на линии предельно высокий, ампераж—пониженный	Исправить задвижки, прочистить трубы
	Вал насоса спустился	Проверить гайку для подъема вала	Подтянуть гайку и закрепить ее

Неисправность	Причина неисправности	Как обнаруживается	Способ устранения
	Сальник сильно затянут	Сальник сильно разогрет	Ослабить болты сальника или сменить набивку
	Подпятниковый подшипник неисправен	Масло в ванне нагрето	Сменить масло, промыть подпятник и, если он неисправен, заменить новым
	Неисправность в подводной части насоса	Стуки, повышение ампеража, изменение производительности и др.	Извлечь насос для освидетельствования
3. Давление по манометру значительно ниже нормального	Поломка, сильный износ или засорение секции насоса, работают не все секции	Нормальная производительность при пониженном давлении, а напор при закрытой задвижке пониженный	Извлечь насос для освидетельствования и ремонта
4. Появилась вибрация насоса, слышны в насосе удары или скрипы	Поломка деталей насоса	Ампераж повышенный, сильная вибрация и шум в насосе	Немедленно остановить насос и извлечь для ремонта

3. Эксплуатация эрлифтной установки

Для пуска эрлифта в работу приводится в действие компрессор. По достижении в ресивере пускового давления открывают вентиль для подачи воздуха в скважину. Через несколько минут устанавливается рабочий режим.

При установившемся режиме работы эрлифта показания манометра на ресивере постоянные, без колебаний, динамический уровень в скважине установившийся, излив эмульсии равномерный, без толчков.

Остановка работы эрлифта производится прекращением подачи воздуха в скважину.

Неисправности работы эрлифта, их причины, признаки обнаружения и способы устранения приведены в табл. 31.

Таблица 31

Неисправности в работе эрлифта, их причины, признаки обнаружения и способы устранения

Неисправность	Причина неисправности	Как обнаруживается	Способ устранения
1. Излив эмульсии — происходит между обсадной и водоподъемной трубами	При расположении «внутри» форсунки опущена ниже водоподъемной трубы	Пусковое давление выше расчетного	Поднять воздушную трубу
	При расположении форсунки «рядом» — обрыв воздушной трубы близко к форсунке	Воздушная труба легко поднимается без водоподъемных труб	Извлечь воздушные и водоподъемные трубы для исправления
2. Эмульсия не подается	Давление воздуха ниже пускового	По давлению воздуха на ресивере	Поднять давление
	Недостаточное заглаживание форсунки	Из водоподъемной трубы вытекает воздух с брызгами воды	Опустить форсунку
	Обрыв или пропуск в воздушных трубах в скважине	Давление воздуха ниже рабочего, из водоподъемной трубы идет воздух с брызгами воды	Извлечь трубы для исправления
	Утечка воздуха в воздуховоде до скважины	Давление воздуха ниже рабочего	Исправить воздуховод
	Замерзание или засорение воздухопроводов	Давление на ресивере выше пускового	Очистить воздуховод

Неисправность	Причина неисправности	Как обнаруживается	Способ устранения
3. Эмульсия подается в меньшем количестве и с перерывами	Недостаток воздуха:		
	а) Перекрыты вентили	Давление на ресивере повышенное	Открыть вентиль
	б) Засорение воздухопроводов	То же	Очистить воздухопроводы
	в) Утечка воздуха	Давление пониженное	Исправить трубу
	г) Недостаточная производительность компрессора	Проверить расчетом	Увеличить подачу воздуха
	д) Диаметр водоподъемных труб велик	Проверить расчетом	Переменить водоподъемные трубы
	е) Понизился динамический уровень	Проверить глубину динамического уровня	Опустить воздушные и водоподъемные трубы

Глава VI. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ ВОДЯНЫХ СКВАЖИН

1. Причины, вызывающие дефектность скважин

Срок службы водяной скважины есть срок службы обсадных труб. В нормальных условиях он равен 20—30 годам, в зависимости от местных условий и качества труб.

Замечено, что верхняя часть обсадных труб подвергается более интенсивной коррозии, что участки обсадных труб между статическим и динамическим уровнями также подвергаются большей коррозии, чем участки труб, постоянно погруженные в воду.

Снаружи обсадные трубы энергично разрушаются в зоне грунтовых вод, обладающих большими коррозирующими свойствами, чем воды эксплуатационных водоносных слоев. Агрессивность грунтовых вод возрастает при загрязнении их бытовыми и промышленными стоками, при содержании в них гуминовых веществ.

Значительное влияние на разрушение обсадных труб оказывают блуждающие токи.

Практика показала, что степень разрушения блуждающими токами изменяется в широких пределах, в зависимости от плотности тока, влажности почвы и солевого состава воды. Присутствие в воде солей сильных кислот или свободных кислот сильно повышает скорость электрокоррозии.

Вопрос о влиянии блуждающих токов на коррозию обсадных труб не изучен. Имеются случаи разрушения обсадных труб на глубину до 170 м в течение 6—7 лет, причем нижняя часть обсадных труб была разрушена в большей степени, чем верхняя.

Извлеченные куски обсадной трубы имеют характерные для электрокоррозии круглые сквозные отверстия и разъедание «кратерами».

В обсадной трубе, пересекающей водоносные слои, содержащие воду различного солевого состава, возникает гальванический ток, сила которого зависит от многих факторов, еще недостаточно изученных. При возникновении тока определенной плотности на поверхности обсадной трубы будет происходить электролитическая коррозия.

Подобные же явления происходят в сетчатых фильтрах, так как медная сетка на поверхности железной трубы образует галь-

ваническую пару, электрический ток которой вызывает электрокоррозию.

Разрушение коррозией обсадных труб влечет за собой соединение перекрытых водопоглощающих и водоносных слоев с эксплуатационным и загрязнение и ухудшение качества воды эксплуатационного водоносного слоя.

При неправильном выполнении буровых работ или неудачной конструкции могут получаться «больные» скважины, в которых эксплуатационный водоносный слой недостаточно изолирован от притока посторонних вод из перекрытых водоносных слоев.

Указанные обстоятельства принуждают дефектные водяные скважины или подвергать санитарно-технической заделке (тампонажу) или же восстанавливать, устраняя все недочеты, возникшие в результате износа или неправильного ведения буровых работ.

2. Основные дефекты скважин

Основными дефектами водяных скважин являются уменьшение производительности их и ухудшение качества воды.

Уменьшение производительности водяных скважин происходит от разнообразных причин. Основной причиной является неисправность водоподъемника. Эта неисправность не относится к дефектам самой скважины, но часто сопутствует им. Чаще бывают случаи уменьшения производительности в результате понижения динамического уровня по сравнению с первоначальным. Такое понижение динамического уровня может происходить от влияния работы соседних скважин, от дополнительного снижения районной депрессии, вызванного увеличением отбора воды из водоносного пласта; наконец, уменьшение дебита и удельного дебита происходит от заиливания забоя скважины или засорения фильтра, от обвалов в водоприемной части скважины, от поглощения воды эксплуатационного водоносного слоя смежными водоносными слоями, обладающими более низким пьезометром. Такое поглощение может происходить через образовавшиеся дефекты в обсадных трубах, через незаделанные вырезы труб или по затрубному пространству.

При понижении динамического уровня вертикальные центробежные насосы уменьшают свою производительность вследствие увеличения общего рабочего напора насоса.

На рис. 59 приведена характеристика вертикального центробежного насоса. При первоначальном динамическом уровне общий напор у насоса был H_1 и соответствующие ему производительность Q_1 , к. п. д. η_1 и нагрузка мотора N_1 .

Когда динамический уровень понизится, общий напор у насоса возрастет до H_2 , а отвечающая ему производительность уменьшится до Q_2 , также уменьшатся к. п. д. — до η_2 и нагрузка мотора — до N_2 .

Производительность эрлифтной установки при понижении динамического уровня также уменьшится, как это видно из приведенных ниже расчетов:

$$Q_1 = \frac{W}{v_{0.1}''}; \quad Q_2 = \frac{W}{v_{0.2}''} \quad (W - \text{постоянное}).$$

Если $v_{0.1}' < v_{0.2}''$, то $Q_1 > Q_2$.

Для выяснения причин уменьшения производительности водоподъемных установок необходимо измерить глубину статического уровня, пробной откачкой определить ди-

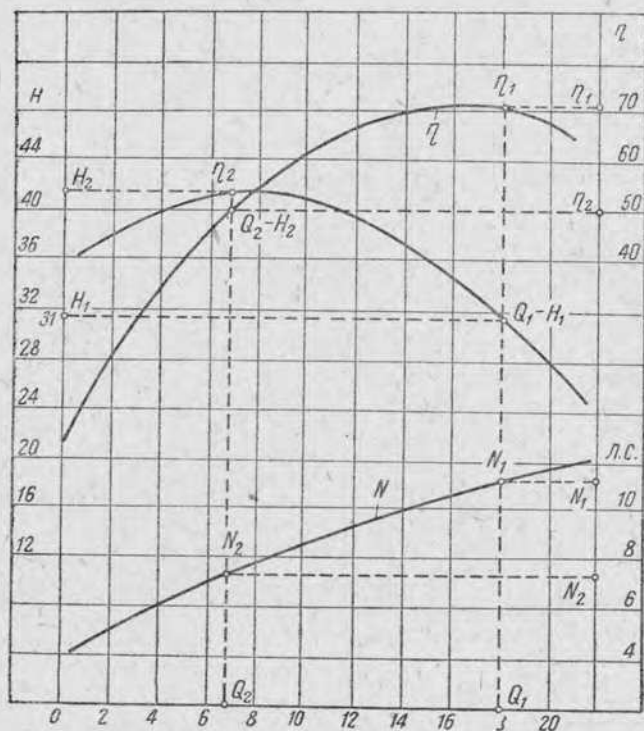


Рис. 59. Изменение производительности вертикального центробежного насоса при понижении статического и динамического уровней.

намический уровень, производительность установки, удельный дебит и взять пробу воды для анализа. Полученные результаты нужно сравнить с первоначальными и эксплуатационными.

Если обнаружится, что статический уровень и удельный дебит не изменились, а динамический уровень повысился, это значит, что неисправно водоподъемное оборудование.

Если статический и динамический уровни понизились, а удель-

ный дебит остался без изменения, значит уменьшение производительности произошло от изменившихся условий эксплуатации водоносного слоя. Если статический уровень не изменился, а динамический уровень понизился и удельный дебит уменьшился, то неисправность надо искать в водоприемной части скважины.

В помещенной ниже табл. 32 приведены наиболее типичные случаи уменьшения производительности скважин и их причины.

Таблица 32

Типичные признаки и причины уменьшения производительности водяных скважин

Основные показатели			Возможные причины уменьшения производительности
глубина статического уровня	глубина динамического уровня	удельный дебит	
1. Без изменения	Выше, чем раньше	Без изменения	Неисправность водоподъемника
2. Ниже, чем раньше	Ниже, чем раньше	Без изменения	Увеличение районной депрессии
3. Временами ниже, чем раньше	Временами ниже, чем раньше	Без изменения	Влияние работы соседних скважин
4. Без изменения	Ниже, чем раньше	Уменьшился	Неисправность водоприемной части
5. Ниже, чем раньше	Без изменения	Без изменения	Утечка воды из эксплуатационного водоносного слоя происходит через изъяны, расположенные выше динамического уровня
6. Ниже, чем раньше	Ниже, чем раньше	Уменьшился	То же, но через изъяны, расположенные ниже динамического уровня

Нередко встречаются осложненные случаи уменьшения дебита скважин. Тогда для выяснения вызвавших их причин приходится производить подробное исследование состояния скважины, а в некоторых случаях и обследование работы скважин, расположенных по соседству.

В результате откачки воды из водоносного пласта многими скважинами в районе их расположения образуется районная де-

прессия. При постоянном расходе воды из пласта районная депрессия S_p будет постоянна, т. е. статический уровень в данном районе снизится на некоторую постоянную величину. Если расход изменится, соответственно изменится величина районной депрессии S_p .

Величина районной депрессии S_p , отнесенная к суточному расходу в $1000 \text{ м}^3/\text{сут.}$, называется удельной районной депрессией S_p^0 .

Пока еще накоплено мало данных о величинах удельной районной депрессии; только для некоторых районов имеются приближенные величины.

Для предварительных расчетов можно принимать удельную районную депрессию:

для трещиноватых известняков

$$S_p^0 = 0,1 \text{ м} \div 0,4 \text{ м},$$

для песков

$$S_p^0 = 0,5 \text{ м} \div 2,0 \text{ м}.$$

Пример. В районе работают 10 скважин с суммарным дебитом $8000 \text{ м}^3/\text{сут.}$ Удельная районная депрессия $S_p^0 = 0,8 \text{ м}$. Районная депрессия будет равна:

$$S_p = S_p^0 \frac{Q}{1000} = 0,8 \cdot 8 = 6,4 \text{ м}.$$

Если расход из водоносного пласта в районе увеличился, положим, на $3000 \text{ м}^3/\text{сут.}$, получится дополнительное снижение районной депрессии на

$$S_p = S_p^0 \frac{Q}{1000} = 0,8 \cdot 5 = 4 \text{ м},$$

а всего составит:

$$S_p = 6,4 + 4,0 = 10,4 \text{ м}.$$

Близко расположенные скважины во время откачки вызывают снижение уровня воды в окружающих скважинах. Взаимное влияние скважин тем больше, чем больше расход воды и чем ближе расположены скважины.

В результате взаимодействия всех скважин в районе динамический уровень получится на глубине:

$$h = h_0 + S_p + S_{вл} + S_{от} \text{ м},$$

где: h_0 — глубина статического уровня;

S_p — районная депрессия;

$S_{вл}$ — понижение от взаимного влияния скважин в м;

$S_{от}$ — понижение от откачки в м.

При заилении водоприемной части происходит уменьшение удельного дебита, и при получении требуемого расхода $Q \text{ м}^3/\text{час}$ понижение уровня воды в скважине увеличится. Такое дополнительное снижение динамического уровня не сказывается на увеличении взаимного влияния скважин, так как оно произошло от

увеличения гидравлического сопротивления в самой скважине не влечет за собой дополнительного понижения уровня в водоносном пласте.

На забое скважин, получающих воду из трещиноватых водоносных пород, постепенно и неизбежно скопляются осадки породы; они перекрывают водоносные трещины и препятствуют поступлению воды в скважину, вызывая уменьшение удельного дебита.

Быстрое накопление осадков на забое происходит от оплывания незакрепленных прослоек рыхлых пород и глин и от обрушения неустойчивых слоев водоносной породы.

При недостаточно глубоком задавливании фрезера последней колесны в кровлю водоносной породы происходит размывание перекрывающей рыхлой породы.

Значительные слои глин, расположенные в толще трещиноватых пород и не закрепленные трубами, разбухают и перекрывают все сечение скважины, в результате скважина перестает подавать воду или уменьшает дебит.

Если в скважине установлена перфорированная труба, то между нею и стенками породы скопляются осадки; большое их накопление затрудняет приток воды в скважину и уменьшает удельный дебит.

Скважины, получающие воду из песчаных водоносных пород, оборудуются фильтрами различных систем. Наибольшее распространение имеют сетчатые фильтры. С течением времени сетка фильтра забивается породой, а при наличии в воде солей закиси железа на внешних стенках сетки отлагается гидрат окиси железа. Окисление солей закиси железа в окисные соединения происходит за счет растворенного в воде кислорода. Процессу окисления способствует гальванический ток, возбужденный гальванической парой — латунная сетка на железной трубке.

Одновременно стенки фильтра и сетка зарастают солями углекислого кальция. При больших скоростях прохода воды через сетку фильтра происходит нарушение бикарбонатного равновесия. Осадки углекислого кальция отлагаются на стенках фильтра и ускоряют процесс зарастания вследствие своих каталитических свойств.

Заращение фильтра осадками сильно увеличивает гидравлическое сопротивление входу воды из породы в скважину и уменьшает удельный дебит.

Подобные же явления, но в меньшей степени, происходят в шелистых фильтрах. В первую очередь происходит зарастание отверстий и в меньшей степени — стенки трубы.

Заращение гравийных фильтров происходит при неудачном подборе фракций гравийной засыпки. Правильно устроенные гравийные фильтры устойчивы и более долговечны, чем другие типы фильтров.

При долголетней эксплуатации скважины, получающей воду

из песков, повидимому, происходит постепенное глубокое заиление водоносной породы вокруг скважины.

Снижение статического и динамического уровней может происходить от поглощения воды эксплуатационного водоносного слоя смежными водоносными или водопоглощающими слоями через дефекты в обсадных трубах, незаделанные вырезы труб и по затрубному зазору при неудовлетворительном задавливании обсадных труб.

Приведенные выше причины снижения уровней, являются типичными, но далеко не исчерпывающими. Нередко имеет место более сложная обстановка, требующая для выяснения специальных исследований и дополнительных наблюдений за режимом водоносных слоев и работы соседних скважин.

Если во время эксплуатации не ведутся систематические наблюдения за режимом водоносного слоя, изменением производительности и удельного дебита, то отсутствие этих данных не позволяет установить динамику снижения статического и динамического уровней, уменьшения удельного дебита и изменения качества воды, а эти сведения весьма необходимы для выяснения причин уменьшения производительности водяных скважин.

В заключение надо отметить, что в процессе длительной эксплуатации статический и динамический уровни и удельный дебит скважины редко остаются постоянными. Постепенное увеличение глубин статического и динамического уровней и уменьшение удельного дебита — явления обычные. Если окружающая обстановка не изменилась, внезапно или быстро нарастающие изменения состояния скважины свидетельствуют о появлении в скважине дефектов или аварий.

Только регулярное наблюдение за режимом водоносного слоя и показателями работы водоподъемных устройств позволяют установить динамику изменений и своевременно принимать меры для восстановления нормальной эксплуатации скважины.

Ухудшение качества воды в скважине происходит от притока в нее посторонней воды из перекрытых водоносных слоев, содержащих воды иного солевого состава, часто загрязненные грунтовые воды.

Приток посторонних вод в эксплуатационный водоносный слой влечет за собой изменение качества воды его. Обычно наблюдается увеличение хлоридов, сульфатов, повышение жесткости, плотного остатка и окисляемости; в иных случаях появляется избыточное количество железа или обнаруживается бактериальное загрязнение.

Пути проникновения посторонних вод в водоносный слой разнообразны. Наиболее типичными являются дефекты в обсадных трубах; возможно проникновение посторонних вод через незаделанные кольцевые зазоры вырезанных труб и по затрубному пространству.

Нередко нарушение разобщенности водоносных слоев получается в результате неправильной конструкции скважины, неправильного ведения буровых работ, аварий и различных неполадок в процессе бурения.

Геологическое строение, гидрогеологические условия, характер изменения солевого состава воды позволяют делать предварительные заключения о возможных путях поступления в скважину посторонних вод.

Последующие подробные исследования состояния скважины, а также скважин, расположенных по соседству, дадут более полное представление об истинных причинах изменения качества воды эксплуатационного водоносного слоя.

Только после полного выяснения причин и путей изменения солевого состава воды и при наличии полной документации по скважине возможно составить проект устранения дефектов.

Ниже приводятся наиболее типичные методы исследования скважин для определения дефектов и методы капитального ремонта для восстановления нормальной работы скважин.

3. Освидетельствование скважин

Скважина, как сооружение подземное, не поддается непосредственному осмотру во всех ее частях; поэтому исследование состояния скважины приходится производить приборами, опускаемыми с поверхности. Однако не все элементы скважины могут быть проверены. Так, например, пока еще не найден способ определения глубины задавливания первой и промежуточных колонн обсадных труб; состояние фильтра скважины оценивается по косвенным признакам.

Исследованием состояния водяных скважин до сих пор занимались мало. Гораздо лучше поставлены исследования нефтяных скважин, но, к сожалению, многие приемы исследования этих скважин неприменимы для водяных скважин, другие же требуют дорогой и сложной аппаратуры.

Исследование водяной скважины начинается с освидетельствования частей скважины, доступных непосредственному осмотру. Затем производят пробную откачку существующей эксплуатационной установкой, а при отсутствии ее устанавливают временную установку.

После демонтажа водоподъемной установки приступают к исследованию подземной части скважины.

В первую очередь определяют глубину скважины до осадков на забое или в фильтре, извлекают образец осадков для анализа; затем проверяют конструкцию скважины, диаметры обсадных труб, число колонн, диаметр и длину фильтра, глубину его установки, глубину и диаметры вырезанных труб, глубину задавливания последней колонны и пр.

После выяснения конструкции и сравнения ее с имеющейся

документацией приступают к исследованию состояния обсадных труб и водоприемной части скважины.

При освидетельствовании скважины следует обратить внимание на защищенность устья от проникновения через него загрязненных вод.

Устье скважины должно быть герметически закрыто и расположено на 0,3—0,5 м выше пола. Шахта, в которой располагается скважина, должна быть сухой и незаливаемой. Смазка не должна проникать в скважину. Все части водоподъемных механизмов, расположенных над скважиной, необходимо содержать в чистоте.

После демонтажа водоподъемника производится измерение глубины статического уровня. Если поблизости имеются работающие скважины, получающие воду из того же водоносного слоя, то производят наблюдение за влиянием их работы на исследуемую скважину. Для этого измерение глубины статического уровня производят в течение нескольких суток через каждые 2—3 часа и сопоставляют полученные данные с графиком работы соседних скважин, количеством откачиваемой ими воды и величиной понижения уровня во время откачки.

Для освидетельствования состояния обсадных труб до статического уровня в скважину опускают электрическую лампу на проводах с резиновой или хлорвиниловой изоляцией. Для этого применяют лампы силою 25 ватт при напряжении 12 вольт. Такое освещение вполне достаточно, чтобы обнаружить на стенках труб дефекты, величину осадков и коррозию труб.

Нередко можно наблюдать, как через сквозные отверстия в трубах бьет струя воды из перекрытого водоносного слоя. Иногда по стенкам трубы стекает вода, тогда поверхность воды в скважине неспокойна и стенки труб мокрые.

Если труба в исправности, то стенки ее сухи, а поверхность воды совершенно спокойна.

Измерение статического уровня следует производить с большой точностью; поэтому нельзя применять пеньковые шнуры, дающие большую вытяжку. Надежнее применять электрические приборы.

Пробная откачка. В программу исследования скважины входит испытание скважины пробной откачкой. Такая откачка производится обычно существующей установкой; если же ее нет, то монтируют временную установку.

Надо напомнить, что точные измерения статического и динамического уровня обязательны, без этих данных пробная откачка малоценна. Приближенные способы определения динамического уровня, — например, «на храпок» при откачке насосами или по рабочему давлению воздуха при эрлифтной установке, — дают малоценные величины, непригодные

для расчетов дебита (производство пробных откачек описана выше, см. главу II).

Пробы воды для полного химического и бактериологического анализов следует брать как в начале, так и в конце откачки.

Пробной откачкой устанавливают производительность скважины, удельный дебит, влияние работы соседних скважин и пр.

Сравнение полученных данных пробной откачки и результатов анализа воды с первоначальными и с данными эксплуатации позволит установить характер изменений, происшедших за время эксплуатации скважины.

На основании этих изменений во многих случаях удастся установить характер дефектов скважины.

4. Определение конструкции скважин

Имеющаяся документация старых скважин очень бедна сведениями, и подчас они не отвечают действительности. Глубина скважины и крепления обсадных труб отличаются от чертежа. На чертеже бывает представлен разрез скважины в том виде, как она была сдана заказчику после бурения. Если впоследствии часть обсадных труб извлекалась или вырезывалась, то эти изменения конструкций скважин редко бывают отражены в документах.

Недостоверность документации по скважинам требует проверки конструкции во всех ее частях. В настоящее время имеется возможность определять многие элементы конструкции скважины, но, как уже упоминалось, не удастся найти способ определения глубины задавливания первой и промежуточных колонн. Эти данные весьма важно иметь для разрешения многих вопросов, связанных с восстановительными работами.

При исследовании конструкций скважины определяют:

- 1) глубину скважины,
- 2) размеры и оборудование водоприемной части,
- 3) число колонн и их диаметры,
- 4) глубину крепления рабочей колонны,
- 5) диаметры вырезанных колонн, глубину вырезки и способ заделки среза.

Глубина скважины определяется желонкой, опускаемой на штангах или тросе. Желонка доходит до осадков. Глубина до забоя может быть определена только после очистки скважины.

Желонкой извлекаются образцы осадков, которые в некоторых случаях дают указание на их происхождение.

Нередки случаи, когда на забое скважины обнаруживаются упущенные трубы, части насосов и т. п., которые приходится извлекать, если они препятствуют притоку воды в скважину.

Исследование скважины печатями. Печать представляет собою деревянный плоский или конический корпус (рис. 60), на поверхность которого нанесена пластическая масса (битум, канифоль со смолой, парафин, твердое мыло и т. п.).

Для укрепления пластической массы на корпус набивают гвозди, которые опутывают мягкой проволокой, или же натягивают крупноячеистую сетку и затем заливают расплавленной массой. Печати опускают в скважину на штангах или тросе с ударной штангой.

На поверхности печати получают оттиски, по которым судят о форме, размерах и глубине расположения предметов, которые встретила печать.

Диаметр печати делается на 10—15 мм менее внутреннего диаметра обсадной колонны, в которую она опускается.

Для определения глубины и диаметра вырезанных труб и фильтров, а также положения упущенных в скважину предметов применяют главным образом плоские печати; для определения смятий труб, а в некоторых случаях срезов обсадных труб применяют конические печати.

Не всегда удается по оттиску на печати с полной ясностью определить упущенный в скважину предмет. Поэтому приходится приравниваться и применять печати особых форм. Такую работу следует поручать опытным буровым мастерам и инструкторам по бурению.

Для ремонтных работ весьма важным является определение глубины крепления рабочей колонны. В скважинах, оборудованных фильтрами, глубина задавливания рабочей колонны приблизительно определяется по положению верхней части фильтра.

В получающих воду из трещиноватых пород скважинах, в которых водопримная часть не закреплена фильтром, глубина крепления рабочей колонны определяется точно трубомером системы автора, изображенным на рис. 61. Схема прибора ясна из рисунка. Когда ролики движутся по трубе, электрический ток замкнут и лампа горит; как только ролики выйдут из трубы и войдут в породу, лампа потухнет или померкнет.

Трубомер опускается в скважину на штангах или тросе с ударной штангой.

Для безопасности применяют ток напряжением 12 вольт и хорошо изолированные провода.

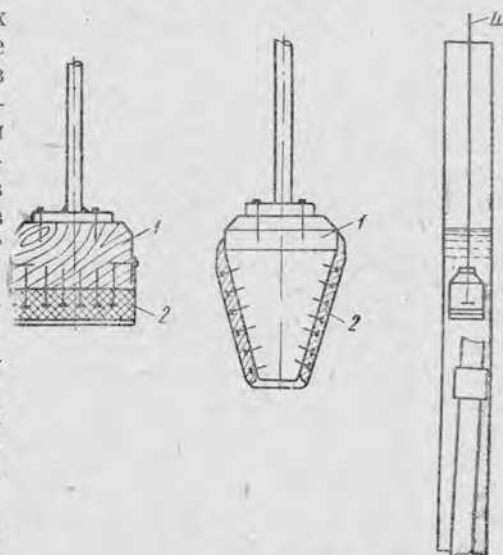


Рис. 60. Печати:
1—корпус; 2—пластическая масса.

5. Определение отклонения оси скважины от вертикали

Многочисленные измерения вертикальности оси скважины, произведенные автором, показали, что оси всех измеренных скважин не вертикальны. Обычно отклонение оси скважины от вертикали до глубины 75 м колеблется от 3 до 8 мм на 1 пог. м глубины (или от $0^{\circ} 10'$ до $0^{\circ} 27'$).

При этом во всех случаях не были обнаружены искривления или изломы оси труб.

Отклонение оси скважины от вертикали имеет большое значение для скважин, оборудованных вертикальными центробежными насосами с электромотором на поверхности.

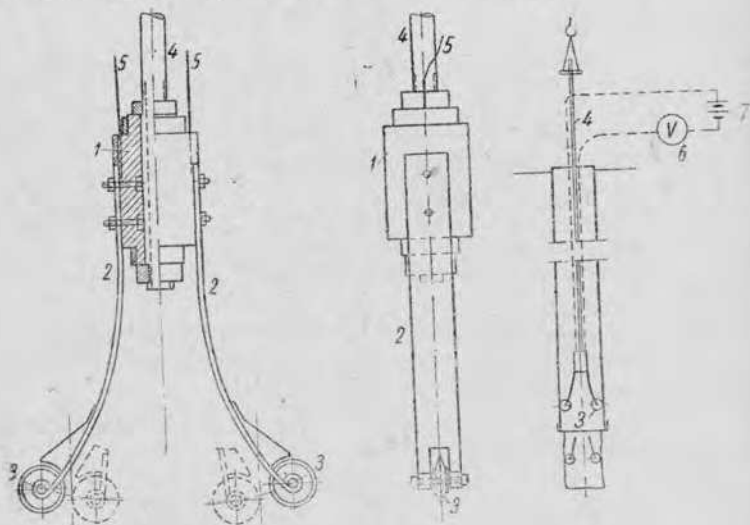


Рис. 61. Трубомер системы Суреньянца:

1 — корпус из текстолита; 2 — рессорная сталь; 3 — стальные ролики; 4 — штанга; 5 — провода; 6 — вольтметр; 7 — источник электроэнергии 12 вольт.

Эти насосы не допускают никакого искривления оси вала насоса, так как даже при небольшом искривлении оси вала с числом оборотов 1450 в минуту развиваются значительные центробежные силы, разрушающие и изнашивающие направляющие подшипники и другие трущиеся детали насоса, что часто служит причиной серьезных аварий.

Для правильного монтажа насоса необходимо знать величину и направление отклонения оси скважины от вертикали. При этом достаточно определить отклонение на расстоянии от устья скважины до глубины на 5—10 м ниже погружения насоса.

Сложные аппараты, применяемые для измерения кривизны нефтяных скважин, дают недостаточную точность угла отклонения, примерно $\pm 2^{\circ}$, или около 35 мм на 1 пог. м.

Если статический уровень находится глубоко, то отклонение оси скважины от вертикали легко обнаружить, опустив в скважину лампу и лот на тонком шнуре. Перемещая шнур лота по обрезу трубы, можно найти положение, при котором обнаружится наибольшее отклонение стенки трубы от вертикали, т. е. может быть найдено примерное направление отклонения оси скважины.

Этим способом можно только обнаружить отклонение, но нельзя его измерить.

Для измерения величины отклонения автор применяет простое приспособление, дающее достаточную точность. Принцип измерения ясен из рис. 62. В скважину опускают на тросе деревянный диск, на поверхность которого нанесена пластическая масса (мыло, глина, парафин и т. п.). Снизу к диску на фланце прикрепляется труба с направляющими пружинами, назначение которой — придать диску вес для погружения его в воду и дать направление движению диска, параллельное оси скважины. Через центр устья скважины по блоку опускают на шнуре лот с острым нижним концом. Первый укол лотом производят на диске около устья, а затем — на интервалах через 5—10 м глубины. В результате на диске получится ряд уколов, отстоящих от первого на некотором расстоянии. Для эти расстояния на со-

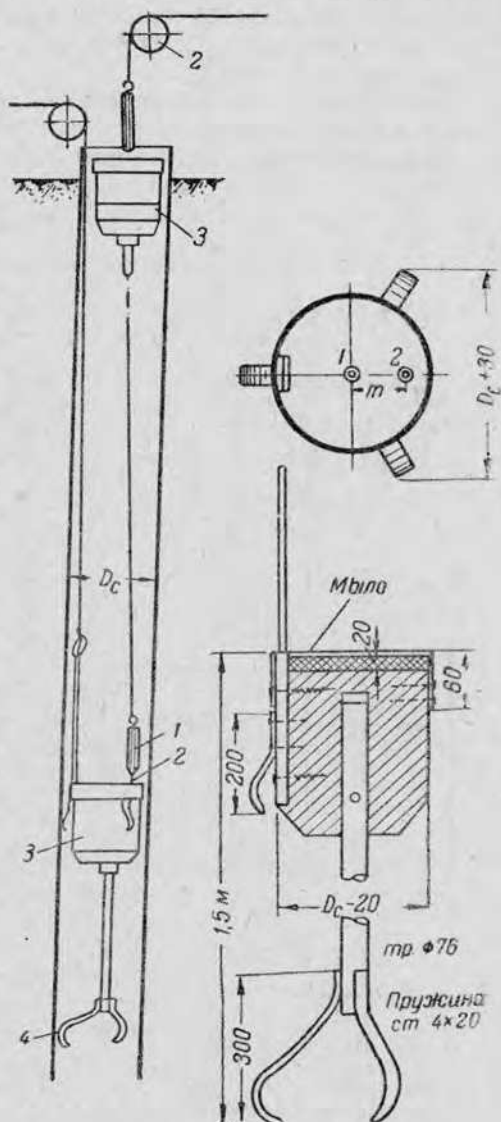


Рис. 62. Прибор для определения отклонения оси скважины от вертикали:

1—лот; 2—блок; 3—диск с пластической массой; 4—центрирующие пружины.

ответствующие глубины погружения диска, получим величину удельного отклонения оси скважины от вертикали.

При производстве работ необходимо следить, чтобы диск опускался в скважину, не вращаясь; для этого трос, на котором спускается диск, нужно направить по образующей обсадной трубы, а при уколе следить, чтобы лот не качался. В воде лот успокаивается быстро.

Для получения надежных данных нужно повторить измерения 2—3 раза, пока не получатся совпадающие результаты. При некотором навыке это достигается легко.

Точность измерения, полученная нами при многочисленных опытах, составляет 0,1 мм на 1 пог. м глубины.

6. Определение дефектов обсадных труб

А. Определение дефектов пневматическими пробками

Для определения дефектов обсадных труб и герметичности заделки срезов служат пневматические пробки. Конструкция пробки показана на рис. 63. Испытание герметичности обсадных колонн производится двумя приемами: одной пробкой и двумя пробками. Схема испытания одной пробкой показана на рис. 64. Для испытания участка трубы от устья до глубины В пробка устанавливается на 0,5 м ниже этой глубины. Пробка и трубка целиком заполняются водой. Затем в эту трубку нагнетают воздух до давления 1—2 кг/см², чем обеспечивается надежное уплотнение между пробкой и обсадной трубой. Затем в скважину наливают воду на 10—20 м выше статического уровня и следят за уровнем.

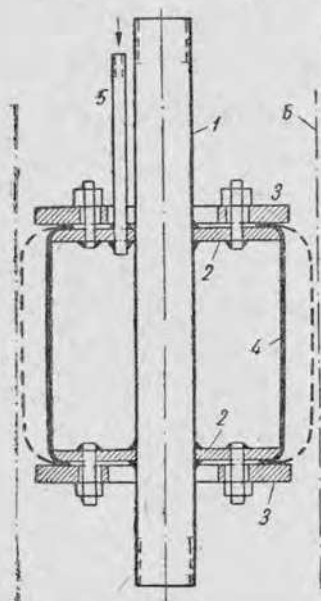


Рис. 63. Пневматическая пробка:

1—труба диаметром 1 1/2—2"; 2—фланцы, приваренные к трубе; 3—фланцы свободные; 4—резина толщиной 3—4 мм; 5—труба диаметром 1/2" для заполнения пробки водой и воздухом; 6—обсадная труба.

Если уровень не понижается, значит утечка воды не происходит, трубы герметичны; если же уровень понижается, происходит утечка воды через изъяны, расположенные выше пробки.

Величина утечки определяется по количеству подливаемой воды для поддержания постоянного уровня.

Герметичность участка обсадных труб А—Б (рис. 65) может быть определена двумя пробками. После уплотнения пробок водой и сжатым воздухом в тру-

бу Т вливают воду с расчетом, чтобы она поднялась на 10—20 м выше статического уровня. Тогда между пробками образуется избыточное давление. В случае наличия дефектов в обсадных трубах на участке А—Б уровень воды в трубе Т будет понижаться; если же трубы в порядке, вода будет удерживаться на постоянном уровне.

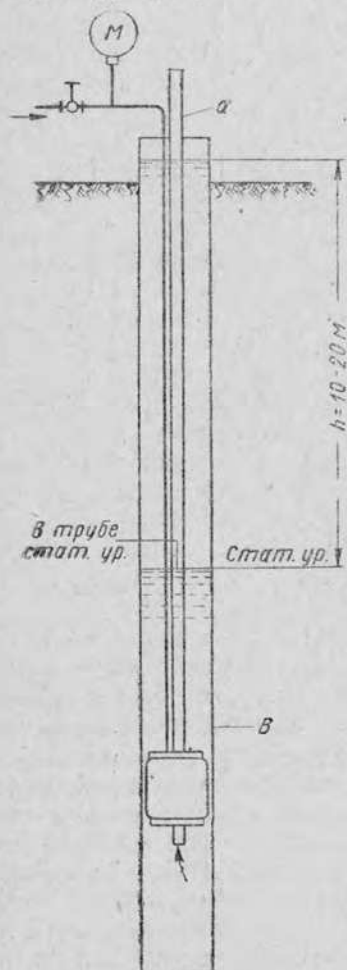


Рис. 64. Испытание герметичности обсадной трубы одной пробкой.

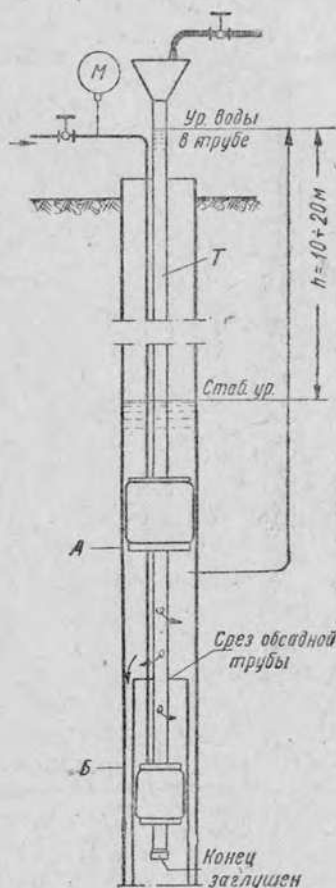


Рис. 65. Испытание герметичности среза обсадной трубы двумя пробками.

Перемещая пробки по обсадной трубе, можно испытать герметичность всей колонны. Таким же способом испытывается герметичность среза обсадных труб.

Эта работа трудоемка и требует навыка и внимания, так как

нужно быть уверенным в том, что пробки достаточно уплотнены и не пропускают воду.

Б. Определение притока посторонней воды электропроводностью

В случае притока из вышележащих водоносных слоев посторонней воды иного солевого состава, чем вода эксплуатационного водоносного горизонта, места притока воды успешно определяются методом автора, основанным на изменении электропроводности воды.

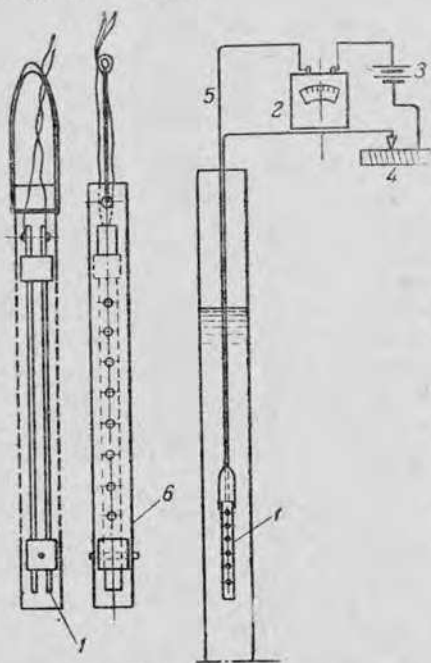


Рис. 66. Прибор для определения притока посторонней воды в скважину по электропроводности воды в скважине:

- 1—электроды; 2—миллиамперметр;
- 3—батарея; 4—реостат; 5—провода;
- 6—защитная труба из пластической массы.

Для этого в скважину на водах опускают электроды (рис. 66) и наблюдают за показаниями миллиамперметра. В слое воды постоянного солевого состава миллиамперметр не изменяет показания, а как только электроды войдут в слой воды, где притекает посторонняя вода иного солевого состава, тотчас же стрелка миллиамперметра переместится. Максимальное перемещение стрелки произойдет, когда электроды будут находиться против притока посторонней воды.

Ниже описаны испытания скважины прибором, при помощи которого были получены вполне отчетливые результаты.

Скважина глубиной 90 м закреплена двумя колоннами обсадных труб; первая колонна диаметром 200 мм задавлена на глубине 17,05 м в известняки верхнего карбона, вторая колонна диаметром 150 мм задавлена в известняки среднего карбона на глубине 60,5 м; далее скважина пробурена в

известняках среднего карбона без крепления.

Электрод был опущен в скважину до забоя. Показания миллиамперметра были 53 мА. При подъеме электродов до глубины 50 м стрелка миллиамперметра стояла без колебаний; начиная с глубины 50 м, стрелка стала постепенно смещаться вправо и на глубине 48,6 м достигла показания 65 мА. При дальнейшем подь-

еме электродов электропроводность сперва понизилась, а затем, приближаясь к глубине 32,5 м, стала снова возрастать и достигла 68 мА на глубине 32,5 м.

При дальнейшем подъеме электропроводность стала возрастать и на глубине 27,8 м достигла максимума — 80 мА.

Статический уровень был на глубине 26,4 м, а выше его, на глубине 24,65 м, через сквозное отверстие в обсадной трубе была сильная струя воды.

Впоследствии при исследовании обсадных труб на глубине 27,8 м было обнаружено полное разъединение колонны. Колонна диаметром 150 мм держалась сверху на хомуте, опергом на колонну диаметром 200 мм.

Отверстия в обсадных трубах на глубинах 24,65; 27,8 и 48,6 м приходились против слоев глин верхнего карбона, и лишь одно отверстие, на глубине 32,5 м, приходилось против слоя известняка. Обнаружены только крупные отверстия; вероятно, на трубе имелись и более мелкие отверстия.

Скважина построена в 1931 году. Признаки изменения качества воды обнаруживались уже в 1940 г., т. е. через 9 лет после сооружения. Скважина была заброшена вследствие большого увеличения содержания железа, достигавшего временами 11,5 мг/л, и хлоридов — до 250 мг/л.

Ублизки скважины проходит линия трамвая. Быстрое и глубокое разрушение обсадных труб объясняется электрокоррозией блуждающими токами. Этот пример поучителен еще в том отношении, что отверстия появились против слоев глин. Это свидетельствует, что глины верхнего карбона не имели плотного контакта с обсадными трубами и в зазорах между глиною и трубами циркулирует вода.

В скважине была установлена новая колонна диаметром 100 мм до глубины 60 м и в кольцевой зазор залито более 2,5 м³ цементного раствора, из коих 0,6 м³ потребовалось для заполнения кольцевого зазора между трубами диаметрами 150 и 100 мм, а остальные 1,9 м³ проникли за пределы колонны диаметром 150 мм и заполнили пустоты между породой и трубой диаметром 150 мм.

Методом измерения электропроводности воды могут быть определены места притока в скважину минерализованной воды. Таким образом, может быть решен вопрос об улучшении качества воды скважины путем тампонажа или перекрытия трубами слоя, содержащего минерализованную воду.

В. Определение связи эксплуатационного водоносного слоя с перекрытыми

Связь между водоносными слоями может происходить через изъёмы в обсадных трубах, незаделанные срезы труб и по затрубному пространству.

Если скважина закреплена несколькими колоннами обсадных труб и кольцевые зазоры не зацементированы, в кольцевых зазорах обычно стоит вода.

При наличии гидравлической связи между перекрытыми водоносными слоями и эксплуатационными в кольцевых зазорах и скважине вода будет стоять на одном уровне, а во время откачки уровень в кольцевом зазоре понизится вслед за понижением уровня в скважине.

Если дефектов в обсадных трубах нет, то сообщение между водоносными слоями происходит по затрубному пространству. Не исключается возможность одновременной связи и по затрубному зазору.

Зная геологическое строение, схему крепления скважины и характеристику перекрытых водоносных слоев, можно объяснить причину изменения качества воды эксплуатационного водоносного слоя, уменьшения его дебита и изменения глубины статического уровня.

Для определения связи с перекрытыми водоносными слоями можно применять красители, которые вводят во время откачки в кольцевой зазор или в контрольную скважину, специально пробуренную рядом с эксплуатируемой. При наличии связи между водоносными слоями краситель проникает в скважину и откачиваемая вода получает окраску (рис. 67).

В качестве красителей применяются приведенные ниже краски (см. табл. 33). Для щелочных вод краску растворяют в небольшом количестве щелочи, а для кислых вод — в небольшом количестве

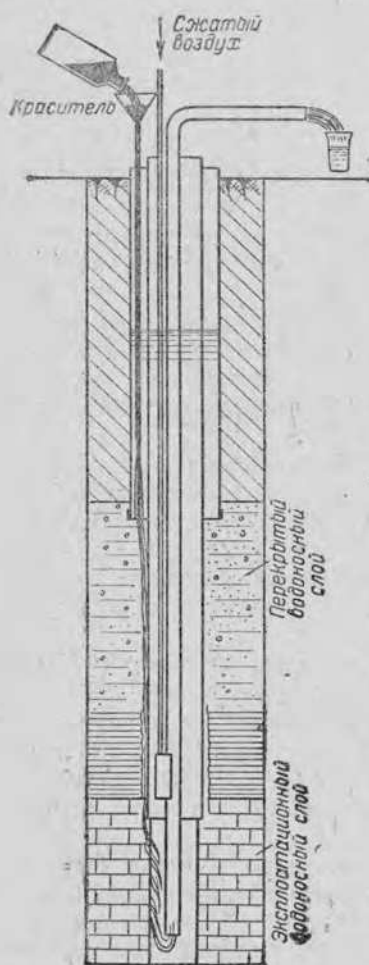


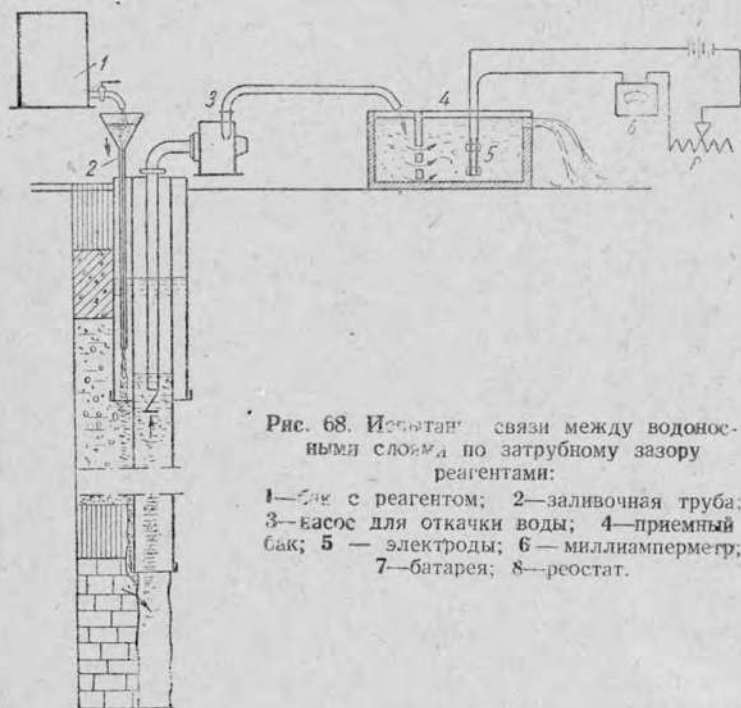
Рис. 67. Испытание красителем затрубного сообщения между водоносными слоями.

слабых кислот.

Во время откачки отбираются пробы воды в высокие пробирки. Появление окрашивания свидетельствует о наличии связи между водоносными слоями.

Расход красителей на 1 опыт

Наименование красителя	Для пород			
	глинистых	песчаных	трещинова- тых	закарсто- ванных
	(в граммах)			
Щелочные				
1. Флюоресцин	5—20	2—10	2—20	2—10
2. Эозин				
3. Эритрозин	20—80	20—60	20—80	20—80
4. Конго красная				
Кислые				
5. Метилловая, синяя	20—80	20—60	20—80	20—80
6. Анилиновая, голубая				
7. Попсо, красная	10—40	10—30	10—40	10—40



Кроме красителей, можно применять легко растворимые соли, как например, хлористый аммоний, хлористый натр. В пробах воды определяется избыточное количество хлоридов.

Вместо химического определения можно пользоваться определением электропроводности откачиваемой воды. Когда в откачиваемой воде появятся хлористые соли, введенные в кольцевой зазор или контрольную скважину, электропроводность воды увеличится. Если во все время откачки электропроводность воды остается без перемен, значит соли не проникли в эксплуатационный водоносный слой.

Применение способа измерения электропроводности упрощает весь процесс и позволяет производить наблюдение непрерывно и в течение продолжительного времени.

Схема установки показана на рис. 68. Она состоит из миллиамперметра 6, батарейки для карманного фонаря 7, электродов 5 и реостата 8, соединенных проводами.

Электроды представляют собой две бронзовые никелированные полосы 3×20 мм, длиной 40—50 см, расположенные параллельно на взаимном расстоянии 20 мм (см. рис. 66).

Если солевой состав воды не изменяется, стрелка миллиамперметра стоит неподвижно; как только изменится солевой состав воды, стрелка передвинется.

Глава VII. ПРОИЗВОДСТВО ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА ВОДЯНЫХ СКВАЖИН

1. Чистка скважин

Чистка скважин обычно производится желонками. Такая чистка во многих случаях не только не приносит пользы, но даже вредна.

На забое скважин, получающих воду из трещиноватых известняков, песчаников, гранитов и т. п. пород, во время эксплуатации скапливаются илистые и глинистые осадки. Нередко эти осадки занимают значительную часть высоты вскрытой водоносной породы, уменьшая дебит и удельный дебит.

При чистке осадков желонкой происходит глинизация водоносных трещин, в результате нижняя часть водоносной породы бывает настолько основательно заглинизированной, что теряет способность пропускать воду из водоносного пласта в скважину.

Осадки, скопившиеся в фильтрах, обычно состоят из песков. При чистке желонкой плотно сложившихся осадков возможны разрывы сетки, происходит забивка осадка между сеткой и каркасной трубой, в щелистых фильтрах осадки загоняются в промежуток между породой и внешними стенками фильтра.

Лучшие результаты получаются при применении поршневых желонок (рис. 69). При действии таких желонки происходит всасывание осадков, чем избегаются глинизация водоносных трещин и все осложнения при чистке фильтра, возникающие при применении обычной желонки.

Наибольший эффект чистки забоя и фильтров получается при откачке эрлифтом. Для этого нижний конец водоподъемной трубы опускается до осадков (рис. 70). По мере очистки забоя водоподъемную трубу опускают.

Форсунка устанавливается на глубине, отвечающей рабочему давлению компрессора при наименьшем положении трубы. Диаметр водоподъемной трубы ниже форсунки подбирается из расчета получения в ней скорости не менее 2 м/сек. Производительность эрлифта не играет большой роли. Желательно применять водоподъемные трубы диаметром не менее 3" и не более 6".

Если осадки на забое или в фильтре сильно уплотнились от долгого пребывания, то очистка эрлифтом происходит недостаточной эффективно. В этих случаях полезно применять одновремен-



Рис. 69. Поршневая желонка.

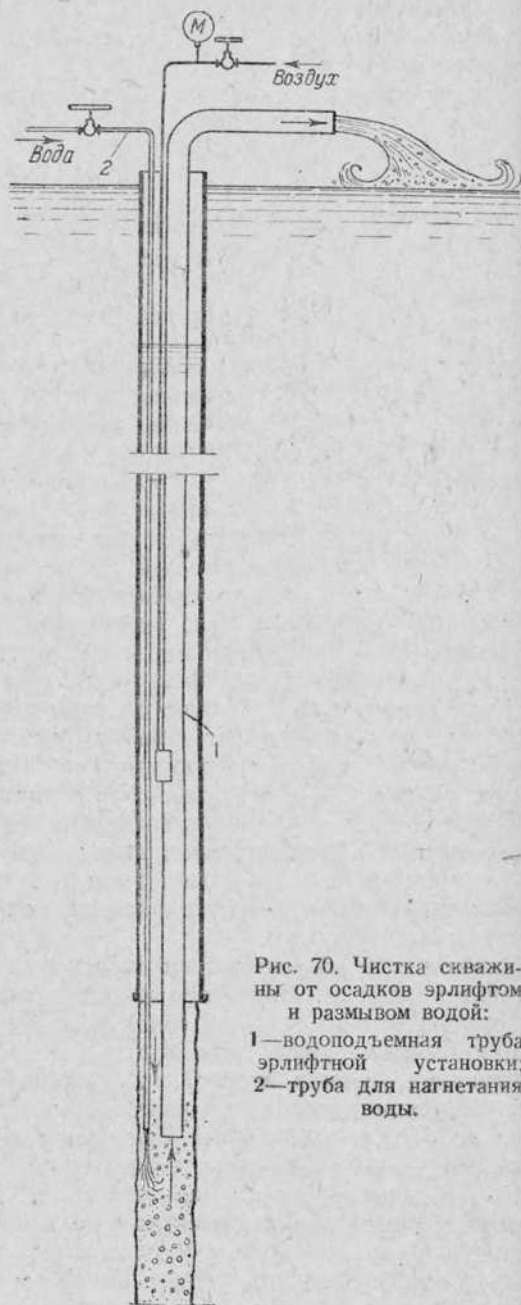


Рис. 70. Чистка скважины от осадков эрлифтом и размывом водой:

- 1—водоподъемная труба эрлифтной установки;
2—труба для нагнетания воды.

ный размыв осадков струей воды под большим давлением. Вода для размыва подается в скважину по трубе, расположенной рядом с водоподъемной. Нижний конец трубы диаметром 1,5—2" снабжается наконечником, наподобие брандспойта, и располагается на глубине нижнего конца водоподъемной трубы.

Количество воды, подаваемой в скважину для размывки осадков, должно быть меньше производительности эрлифта; этим избегается засорение водоносной породы.

Желательно располагать воздушные трубы не внутри водоподъемной, а рядом, так как это позволит извлекать из скважины камни, упущенные мелкие металлические предметы (гайки, ключи и пр.); эрлифт свободно выбрасывает их на поверхность при размерах, равных диаметру водоподъемной трубы.

В настоящее время для чистки забоя и фильтра скважин применяется преимущественно эрлифт с размывом, как показано на описанном выше рисунке 70. При этом с водой выбрасываются, кроме песка, глины и ила, также посторонние предметы; так, например, на одном кожевенном заводе были выброшены бычий рог, гайки болты, гаечные ключи и т. п.

Чистка эрлифтом производится до тех пор, пока начнет изливаться чистая вода.

При высокой карбонатной жесткости воды и наличии в ней солей закиси железа сетка фильтра и отверстия щелистого фильтра зарастают осадками, состоящими из углекислого кальция и гидрата окиси железа. Эти осадки отлагаются главным образом на внешней поверхности сетчатого фильтра и внутри отверстий щелистого фильтра, поэтому не могут быть удалены механическим способом. Между тем эти осадки сильно уменьшают живое сечение фильтра, создавая большое гидравлическое сопротивление прохождению воды через фильтр.

Накопление таких осадков на стенках фильтра быстро увеличивается благодаря их каталитическим свойствам, а также электрическому току, возбуждаемому гальванической парой: латунная сетка — железная труба.

Удаление описанных осадков возможно только химическим способом — растворением их в кислотах. Для этого применяется техническая соляная кислота, разведенная до 10—15%.

Для лучшего растворения осадков и для предупреждения выпадения осадка гидрата окиси железа к раствору соляной кислоты прибавляют 1—1,5 л ледяной уксусной кислоты на 100 литров 10-процентного раствора соляной кислоты.

В скважину опускается железная труба, на нижнем конце которой имеется аппарат для обработки кислотой; он опускается в фильтр. Через резиновый шланг в трубу вливают кислоту. Постепенно поднимая трубу, обрабатывают весь фильтр и обсадную трубу скважины (рис. 71).

Расход 10-процентной соляной кислоты ориентировочно можно

принять 0,2—0,5 м³ на 1 пог. м фильтра в зависимости от степени зарастания и диаметра фильтра. Для приготовления 1 м³ 10-процентного раствора соляной кислоты берут 390 кг технической соляной кислоты удельного веса 1,12 (27 % кислоты), растворяют в 660 л воды и прибавляют 5—15 л ледяной уксусной кислоты, в зависимости от количества железа в осадках.

Для предохранения растворения труб и сетки кислотами к раствору прибавляют ингибиторы — вещества, замедляющие растворение металла в кислотах. К таким замедлителям относятся формалин и специальные ингибиторы.

На 1 м³ 10-процентного раствора соляной кислоты добавляют 6 кг 40-процентного формалина. Формалин растворяется в воде, в которой затем растворяют кислоту. После закачки в скважину всей кислоты, извлекают заливочные трубы и через несколько часов приступают к промывке скважины откачкой

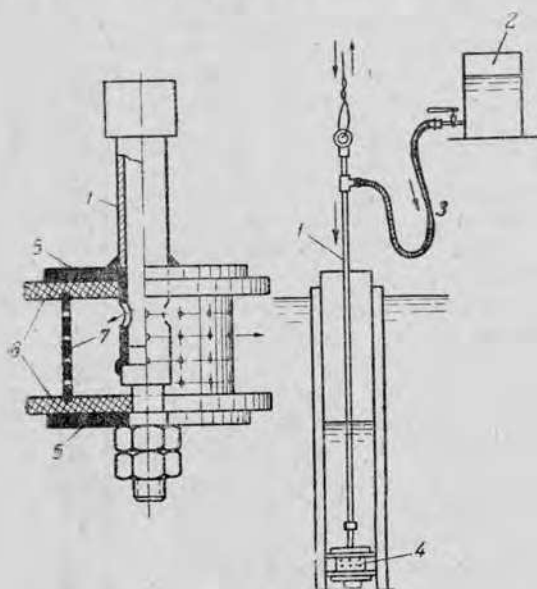


Рис. 71. Прибор для обработки фильтра и стенок обсадной трубы реагентами:

1 — труба диаметром 2 — 1 1/2"; 2 — бак с реагентом; 3 — резиновый шланг; 4 — промывочный прибор; 5 — фланцы; 6 — резина толщиной 12—15 мм; 7 — труба с отверстиями.

для удаления полученных растворов и избытка соляной кислоты.

Откачку целесообразно вести эрлифтом с водоподъемными трубами, опущенными в фильтр.

Присутствие избытка соляной кислоты распознается сперва на лакмус, а затем титрованием азотнокислым серебром.

2. Торпедирование скважин

Торпедирование скважин применяется только в трещиноватых породах, на участках, не закрепленных трубами; ее цель — увеличить удельный дебит. Если в незакрепленной части скважины произвести торпедирование, то около места взрыва происходит разрушение породы. Разрушение распространяется во все стороны. Наибольшее разрушение происходит около места взрыва.

Взрыв происходит под давлением столба воды в несколько десятков и даже сотен метров, вызывает гидравлический удар, который распространяется по водоносной породе на несколько сот метров от места взрыва. Газы, образовавшиеся от взрыва, с большой скоростью проникают в трещины водоносной породы, вытесняя из них воду; затем они обратно вытесняются давлением воды в скважину. В результате взрыва получается значительное увеличение диаметра водоприемной части. Гидравлическим ударом расширяются водоносные трещины, а газом и водой они промываются от осадков. На забое собирается разрушенная порода.

Для торпедирования применяется взрывчатое вещество аммонит. Он гигроскопичен, поэтому оболочка торпеды должна выдерживать большое внешнее гидравлическое давление, так как она опускается в воду на большую глубину. После взрыва в скважине не должно оставаться остатков торпеды, которые затрудняли бы чистку забоя от обрушившейся породы.

Раньше применялись оболочки из стальных труб, но они причиняли большие осложнения при чистке скважины. Автором применяются оболочки из асбоцементных труб. Они прекрасно выдерживают внешнее давление до 20 атм, и после взрыва вся оболочка торпеды разрушается на мелкие куски. Зарядка торпеды производится легко; на рис. 72 изображена такая торпеда.

Расчет потребного заряда аммонита может быть произведен по приведенной ниже формуле:

$$G = 8,3 \frac{R^3}{a \cdot b \cdot C} \text{ кг аммонита,}$$

где: R — наибольший радиус разрушения в м;

C — коэффициент, характеризующий сопротивляемость породы разрушению. (Для известняков $C = 0,5$, для гранитов $C = 0,3$, для мягких глин $C = 1,2$);

a — коэффициент, характеризующий материал торпеды (для стальных труб $a = 0,9$, для асбоцементных труб $a = 1,0$);

b — коэффициент, зависящий от разницы диаметров торпеды и скважины: $D - d = \Delta$.

При $\Delta = 25 \text{ мм}$ $b = 0,95$

" $\Delta = 38 \text{ мм}$ $b = 0,90$

" $\Delta = 50 \text{ мм}$ $b = 0,85$

" $\Delta = 60 \text{ мм}$ $b = 0,75$

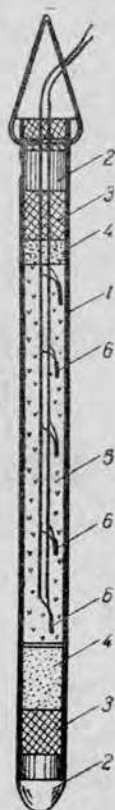


Рис. 72. Торпеда:

1 — асбоцементная труба; 2 — деревянные пробки; 3 — гудрон; 4 — песок; 5 — аммонит; 6 — электродетонатор.

Сфера разрушения по высоте принимается $l=3R \cdot 2$.

Пример расчета. Залаявсь радиусом разрушения $R=1$ м для скважины диаметром $D=0,25$ м при диаметре торпеды $d=0,20$ м, требуется аммонита для заряда торпеды:

$$G = 8,3 \frac{R^3}{a \cdot b \cdot C} = 8,3 \frac{1^3}{1 \cdot 0,85 \cdot 0,5} = 20 \text{ кг.}$$

Получаем наибольший диаметр водо приемной части $2R=2$ м вместо $0,25$ м. Сфера действия одной торпеды по оси скважины равна $3 \cdot 2 \cdot R=3 \times 2 \times 1=6$ м.

Все эти расчеты приближенные, в них не учтены условия взрыва под водой.

Путем некоторых дополнительных устройств торпеды представляется возможность направлять взрывную волну в желаемом направлении. Так, если разделить заряд в торпедке на две части — одну четверть поместить в верхней части торпеды и три четверти в нижней, разделив их слоем песка, получится большее действие взрыва в боковые стороны и меньшее вверх.

Увеличение диаметра водоприемной части скважины значительно снижает гидравлические сопротивления входу воды в скважину, так как здесь бывают наибольшие скорости и наибольшие гидравлические потери напора. Уменьшению гидравлических потерь способствуют радиальные расширения трещин и промывка их.

Опыты торпедирования скважин в известняках показали, что удельный дебит возрастает на 30 — 100%, а это дает возможность увеличивать производительность на такую же величину, не увеличивая глубину динамического уровня.

Практика показала, что на каждые 10—12 м вскрытой водоносной породы достаточно одной торпеды. Средний заряд торпеды для скважин диаметром 8—12" составит 10—20 кг. Первую торпеду закладывают на забое, а последующие через 10—12 м (рис. 73). Самая

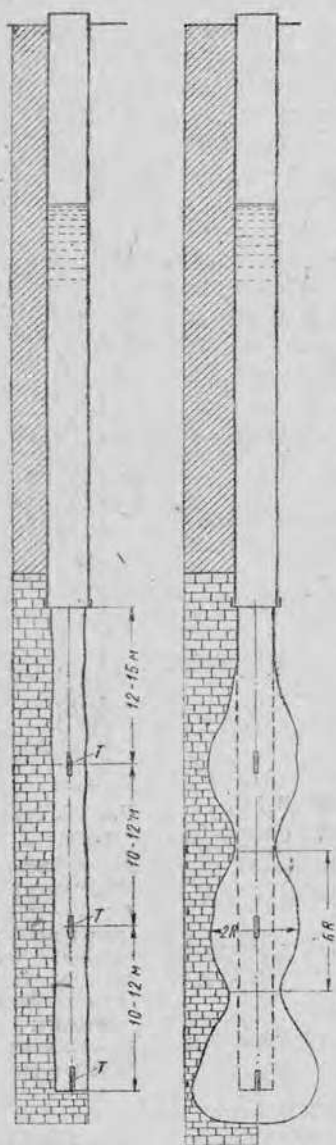


Рис. 73. Схема торпедирования скважины. Т — торпеды.

верхняя торпеда должна быть ниже башмака последней колонны на 12—15 м с тем, чтобы взрывом не повредить обсадные трубы.

После торпедирования забой скважины нужно освободить от разрушенной породы и произвести строительную откачку для отмыва размельченной породы, осевшей в водоносных трещинах.

Чистка забоя от разрушенной породы успешно проводится поршневыми желонками и эрлифтом с водоподъемной трубой, опущенной до осадков. Для успешной работы диаметр водоподъемной трубы должен быть не менее 4", а скорость воды в ней ниже форсунки—более 2 м/сек. Воздушная труба располагается рядом с водоподъемной (см. рис. 70).

Эрлифтные трубы подвешиваются на тали и по мере очистки опускаются. Воздушная труба присоединяется к линии сжатого воздуха гибким рукавом.

Забой скважины будет значительно расширен взрывом, а водоподъемная труба и желонка могут пройти только по центру. Поэтому чистка забоя будет происходить в центре. Это обстоятельство не позволяет полностью очистить забой. На забое остаются 2—5 м разрушенной породы, что, однако, не может повлиять на водоносность скважины.

3. Закрепление прослоек глин в водоносной породе

Незакрепленные прослойки глин и песков в процессе эксплуатации скважин размываются, оседают на забой и вызывают помутнение воды. Прослойки глин могут разбухнуть и перекрыть водоносный слой ниже глины.

Для устранения этих явлений необходимо закрепить прослойки обсадными трубами таким образом, чтобы не перекрыть водоносный слой.

Обычно для этой цели применяются перфорированные трубы с глухими участками против рыхлых пород, устанавливаемые на забой на всю мощность вскрытого водоносного слоя.

Такая установка не вполне разрешает задачу, так как слои глин и песков будут продолжать размываться, а в затрубном кольцевом зазоре будут скапливаться осадки и продолжать заливать водоносную породу и забой. Очистка скважины в таких условиях будет невозможна, так как нельзя проникнуть в зазор между перфорированной трубой и породой.

Для предупреждения размывания глин и песков необходимо на перфорированной трубе ставить сальник на глубине подошвы рыхлого прослойка.

Конструкция сальника, опробованная на нескольких установках и давшая хорошие результаты, показана на рис. 19 (описание конструкции см. на стр. 35).

4. Чистка стенок обсадных труб

При высокой устранимой жесткости и наличии в воде солей железа на стенках обсадных труб, кроме обычной ржавчины, от-

лагаются осадки, состоящие из углекислого кальция и гидрата окиси железа. Такие же осадки отлагаются в водоподъемных и на воздушных трубах эрлифта, во всасывающих трубах. Слой осадков иногда достигает 20 мм. Такое количество осадков сильно увеличивает гидравлическое сопротивление и ведет к уменьшению производительности водоподъемной установки.

Чистка стенок обсадных труб необходима также перед цементацией, иначе цементный раствор не получит соприкосновения с телом трубы и не будет достигнута защита трубы от дальнейшей коррозии.

Чистка стенок труб с успехом производится жесткими круглыми металлическими щетками, укрепленными на штанге (рис. 74).

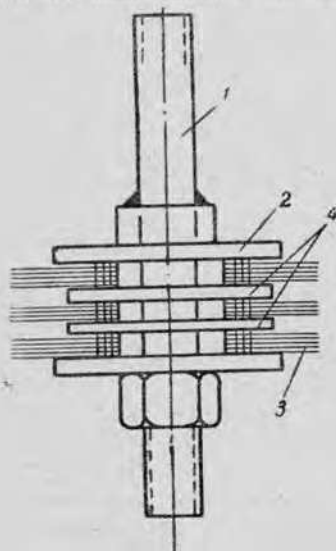


Рис. 74. Металлическая щетка для чистки стенок обсадной трубы:

- 1 — стержень диаметром $1\frac{1}{2}$ ";
2 — прижимные фланцы; 3 — круглые проволочные щетки;
4 — прокладки между щетками.

Такой щеткой, опущенной на тросе или на штангах, обрабатывают трубу. Осадки, снятые со стенок трубы, падают на забой, откуда удаляются желонкой или откачкой эрлифтом.

5. Крепление скважин новыми колоннами

Обсадные трубы верхней части скважины, как уже отмечалось, подвергаются более быстрому износу в слое грунтовых вод и на участке между статическим и динамическим уровнями.

Разрушенные коррозией колонны необходимо закрепить новой колонной меньшего диаметра. Так как нежелательно значительно уменьшать рабочий диаметр, то устанавливают колонну ближайшего меньшего диаметра. В последнее время нередко применялись вместо буровых труб стальные трубы со сварными стыками.

При сварке необходимо строго соблюдать центровку труб, в противном случае может получиться труба с ломаной осью, что затруднит посадку колонны в скважину, а в дальнейшем осложнит оборудование скважины водоподъемником.

Сварку стыков труб рекомендуется производить, поместив трубы в зажим для центровки оси труб. Для надежности на стыки приваривают 4—6 накладок из полосового железа 20×6 мм длиной 150 мм.

В кольцевой зазор между старой и новой колоннами заливают цементный раствор (см. ниже).

Разрушение обсадных труб иногда достигает значительной величины. Так, например, в одной скважине, подлежавшей восстановлению (рис. 75), обе колонны обсадных труб диаметром 300 и 250 мм оказались настолько разрушенными коррозией, что из скважины были извлечены куски обсадных труб толщиной 1—2 мм и остатки трубы диаметром 250 мм в виде лотка длиной около 4 м. Первая колонна диаметром 300 мм оказалась в таком же разрушенном состоянии, а скважина была завалена глиной до глубины 80 м, обрушившейся из вышележащих слоев. Она закрыла всю толщу эксплуатационного водоносного слоя.

Задача восстановления заключалась в том, чтобы закрепить скважину новой колонной диаметром 200 мм, зацементировать кольцевой зазор между новой колонной и остатками обсадных труб и таким образом изолировать эксплуатационный водоносный слой от вышележащих слоев, содержащих загрязненные и железистые воды.

Новая колонна труб диаметром 200 мм была задавлена в глину до глубины 86 м, в трубу залита вода до поверхности, а в кольцевой зазор залит цементный раствор через заливочную трубу.

После затвердения цементного раствора скважина была очищена от глины и промыта откачкой при помощи эрлифта.

Статический уровень до ремонта стоял на глубине 18,3 м, отвечающей пьезометру верхних водоносных слоев, а после чистки скважины он установился на глубине 44 м — на уровне, отвечающем эксплуатационному водоносному горизонту.

Изменение уровня воды в скважине свидетельствует, что после ремонта эксплуатационный водоносный слой надежно отделен от вышележащих.

При цементации кольцевого зазора около 3 м³ цементного раствора ушло на заполнение пустот в породе за пределами обсадных труб.

Старые скважины большого диаметра крепились раньше клепаными обсадными трубами. Эти трубы пропускают воду через швы. В первую очередь подвергается коррозии заклепочный шов, и заклепки выпадают из отверстий.

Так как старые скважины часто крепились одним рядом труб без цементации, то естественно, что через отверстия и щели заклепочного шва в скважину поступала посторонняя вода. В таких скважинах можно было наблюдать, как через заклепочные отверстия изливаются фонтанчики грунтовых вод.

Для защиты эксплуатационного слоя от притока посторонних вод устанавливается новая колонна для закрытия всей толщи водоносных пород, содержащих воды, способные ухудшить качество воды эксплуатационного водоносного слоя, а кольцевой зазор заливается цементным раствором.

На рис. 76 показана скважина, закрепленная в верхней части клепаными обсадными трубами диаметрами 900 мм и 750 мм.

Эти трубы перекрывают аллювиальные отложения и слои верхних каменноугольных отложений и задавлены в кровлю известняков среднего карбона. Перекрытые водоносные слои содержат

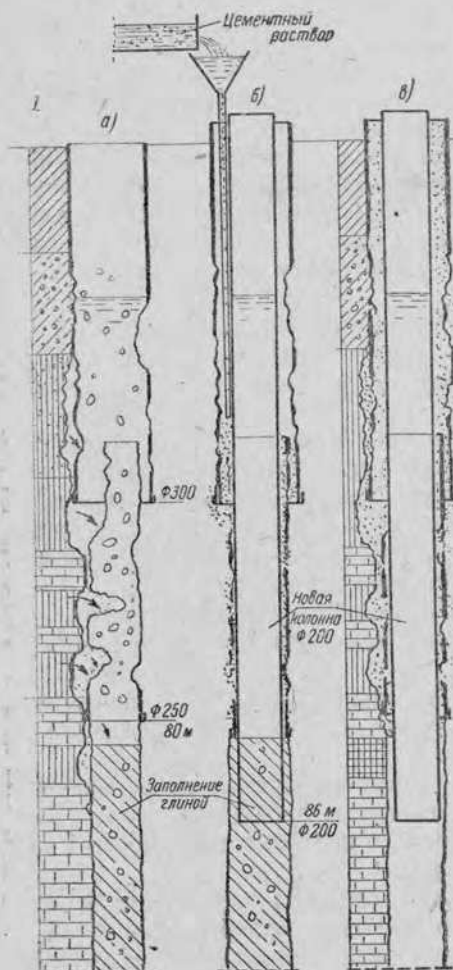


Рис. 75. Примеры восстановления скважин. Скважина с полностью разрушенными обсадными трубами: а — до ремонта; б — цементирование кольцевого зазора; в — восстановленная скважина.

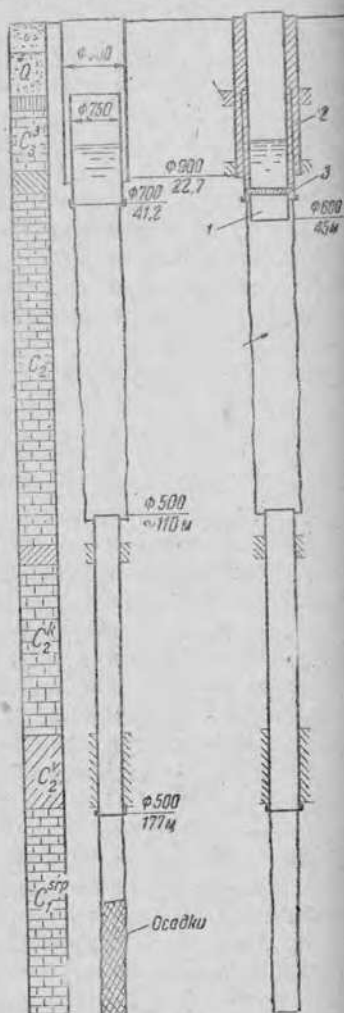


Рис. 76. Пример восстановления скважины закреплением клепаными обсадными трубами:

1 — новая колонна диаметром 600 мм; 2 — цементный раствор; 3 — сальник.

загрязненные воды и должны быть изолированы от эксплуатационного. В скважине устанавливается новая колонна диаметром

600 мм, с сальником на нижнем конце, в кольцевой зазор заливается цементный раствор, часть которого проникнет в затрубное пространство через отверстия в обсадных трубах.

Для большей надежности изоляции верхних водоносных слоев от эксплуатационного в обсадных трубах сделаны проколы против слоев глин, через которые цементный раствор проникнет в затрубное пространство, уплотнит контакт труб с породой и таким образом создаст препятствие для проникновения вод из верхних слоев в эксплуатационные.

В одних случаях новая колонна устанавливается на всю длину закрепленной части скважины, как в предыдущем примере, в других — устанавливается на обрез вырезанной колонны.

6. Цементация кольцевого зазора

При цементации кольцевого зазора необходимо надежно защитить эксплуатационный водоносный слой от попадания в него цементного раствора. Если цементный раствор проникнет в эксплуатационный слой, то, кроме потери большого количества раствора, произойдет закупорка водоносной породы и уменьшение дебита и удельного дебита и не будет выполнена поставленная задача — изоляция верхних водоносных слоев от эксплуатационных.

Для предохранения эксплуатационного водоносного слоя от цементации применяются различные способы, в зависимости от местных условий.

При установке новой колонны на срез вырезанной трубы нижний конец новой колонны снабжается башмаком, которым покрывается срез трубы. Конструкция башмака, примененная в нескольких подобных случаях для обсадных труб диаметром 6—20", изображена на рис. 77.

Предварительно исследуют печатью срез колонны и зазор между срезом и обсадной трубой с тем, чтобы башмак надежно посадить на срез.

Уплотнением служит свинец. После того, как труба поставлена на срез, несколькими ударами по верху трубы производят окончательную посадку колонны на место. Затем в кольцевой зазор заливается 20—30 л цементного раствора с 5—10% асбестита. Через 2—3 дня после затвердения в зазор заливают цементный раствор до устья.

В случае дефектов в обсадных трубах часть цементного раствора проникнет через отверстие в трубах в зазор между обсадной трубой и породой. Иногда поглощение цементного раствора получается весьма значительным.

Для уменьшения чрезмерного поглощения цементного раствора применяют быстросхватывающийся тампонажный цемент или волокнистый цементный раствор, т. е. цементный раствор с 5—10% асбестита, который способствует заволакиванию трещин.

Если новая колонна устанавливается на всю длину крепления скважины обсадными трубами, защита эксплуатационного водоносного слоя от цементации производится при помощи сальника, временного тампонажа водоприемной части скважины и установкой пробки, изображенной на рис. 78.

Пробка опускается в скважину на необходимую глубину, после чего натягивают штанги; собачки 4 упрутся в стенки трубы и не позволят подниматься всей пробке. Конус 2 поднимется, раздвинет плашки, которые плотно упрутся в стенки скважины. Затем штанги отвертывают от штока и извлекают или выдергивают шток из пробки.

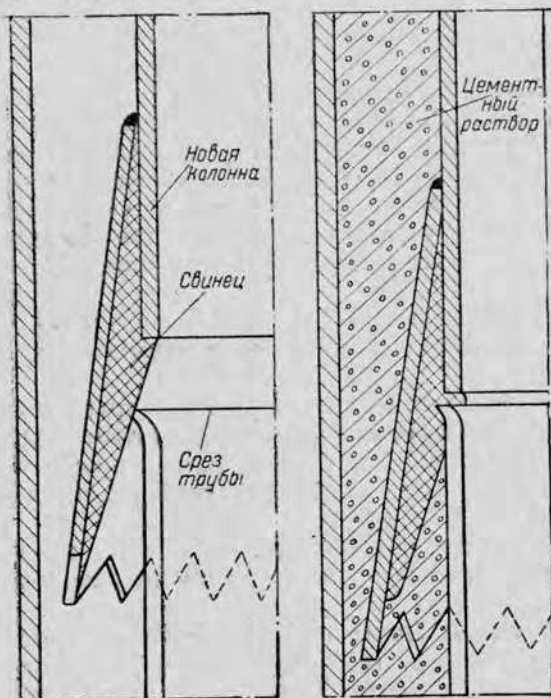


Рис. 77. Башмак для установки новой колонны на срез обсадной трубы.

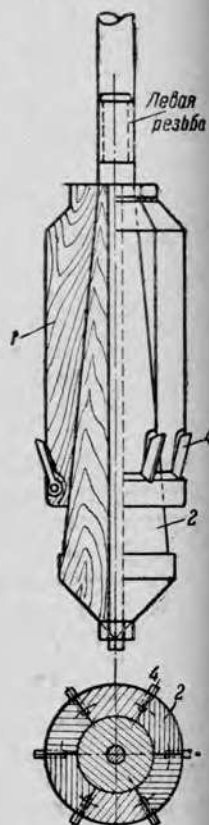


Рис. 78. Деревянная пробка:
1 — плашки; 2 — конус; 3 — шток; 4 — собачка.

Для большей герметичности на пробку набрасывают глину. По окончании цементации цементную и деревянную пробки разбуривают.

В случае ненадежности нижней части обсадной колонны, наличия в ней сквозных отверстий и ненадежного контакта обсадной трубы со слоем глины, перекрывающей эксплуатационный

водоносный слой, приходится производить временный тампонаж на всю глубину водоносного слоя, войдя на 2—3 м в нижнюю часть последней колонны.

Тампонаж производят материалом, который легко может быть извлечен из скважины и не способен засорить трещины водоносной породы или фильтр.

Для этого может быть применен кирпичный и мягкий известковый щебень. Поверх щебня засыпается крупный песок слоем 1—2 м для предохранения проникновения цементного раствора в водоносную часть скважины.

После цементации разбуривают цементную пробку, а тампонаж может быть удален поршневой желонкой или эрлифтом.

Цементацию кольцевого зазора надежнее производить нагнетанием цементного раствора снизу, таким образом, чтобы цементный раствор поднимался по кольцевому зазору, но это не всегда удается выполнить.

А. Цементация через заливочную трубу

Самый простой способ цементации кольцевого зазора состоит в заливке цементного раствора через заливочную трубу, опущенную в кольцевой зазор.

Такой способ цементации возможно применить при разности диаметров обсадных колонн не менее 100 мм. При меньшей разнице диаметров колонн зазоры между ними не позволяют установить заливочную трубу.

Заливку цементного раствора в зазор через устье скважины можно допустить при неглубокой цементации и низком статическом уровне воды.

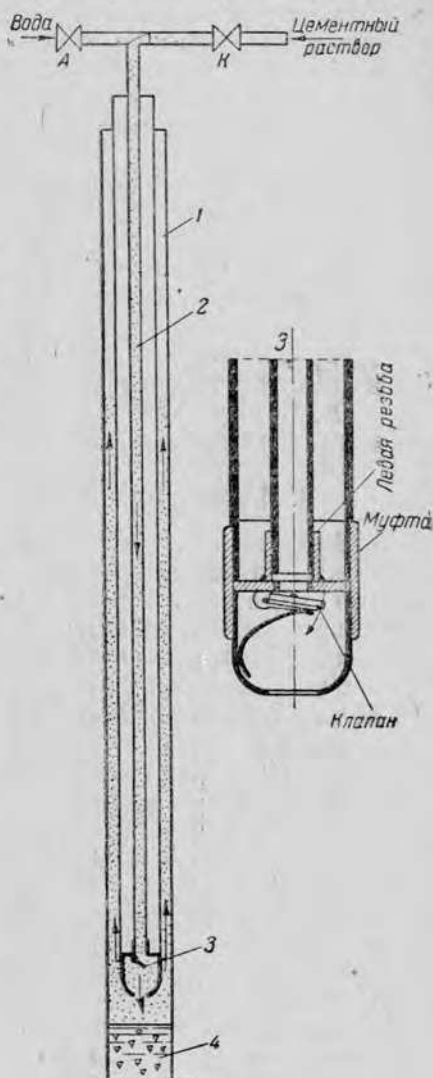


Рис. 79. Цементация через заливочный фонарь:
1 — новая колонна; 2 — заливочная труба; 3 — заливочный фонарь; 4 — временный тампонаж.

Во избежание выщелачивания цементного раствора производить заливку непрерывной и обильной струей.

Б. Цементация через заливочный фонарь

На нижнем конце новой колонны укрепляется заливочный фонарь с клапаном и патрубком с левой резьбой, к которому привертываются заливочные трубы диаметром $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$ ", соединенные между собой муфтами с правой резьбой (рис. 79). Заливочные трубы вместе с новой колонной опускаются в скважину на расчетную глубину.

Перед заливкой цементного раствора производят прокачку воды через заливочные трубы, закрыв кран К. Затем, закрыв кран А, открывают кран К и заливают через него цементный раствор до тех пор, пока он не перестанет поглощаться. Если имеется насос, то цементный раствор нагнетают.

После закачки всей порции цементного раствора отвертывают трубу около заливочного фонаря; цементный раствор выливается в скважину и вымывается водой через заливочную трубу.

После затвердения цементного раствора производят разбуривание цементной пробки.

В. Цементация с давяльными пробками

В скважину опускают новую колонну на 1—2 м выше тампонажа, на верхнем конце ее укрепляют заливочную головку (рис. 80) и через нее производят промывку скважины водой или глинистым раствором и одновременно по расходу жидкости определяют степень поглощаемости (рис. 80, положение I).

Нагнетаемая жидкость должна выходить через устье обсадной колонны. Затем снимают заливочную головку, опускают новую колонну почти до временного тампонажа, вставляют нижнюю пробку (рис. 81), надевают снова заливочную головку и нагнетают цементный раствор (рис. 80, положение II). Пробка постепенно опускается и, дойдя до тампонажа (рис. 80, положение III), останавливается. Количество цементного раствора, который должен быть закачан в скважину, определяется по объему зазора между новой колонной и обсадной трубой и по поглощаемости жидкости во время промывки.

Когда вся порция цементного раствора закачана в скважину, снимают заливочную головку, вставляют верхнюю пробку (вместо пробки можно вложить мешок с мятой глиной), укрепляют снова заливочную головку и нагнетают воду или глинистый раствор для вытеснения цементного раствора из новой колонны (рис. 80, положение IV). Для вытеснения цементного раствора из колонны берут строго отмеренное количество воды или глинистого раствора, немного меньше объема новой колонны. После этого задвижку на головке закрывают и оставляют скважину в покое на 1—2 дня. За это время цементный раствор достаточно

окрепнет. Если цементный раствор не дошел до устья, его доливают сверху. Цементную пробку, образовавшуюся на временном тампонаже, разбуривают и очищают водоприемную часть скважины от временного тампонажа. После очистки скважины до забоя приступают к промывке ее строительной откачкой для освобождения от остатков временного тампонажного материала.

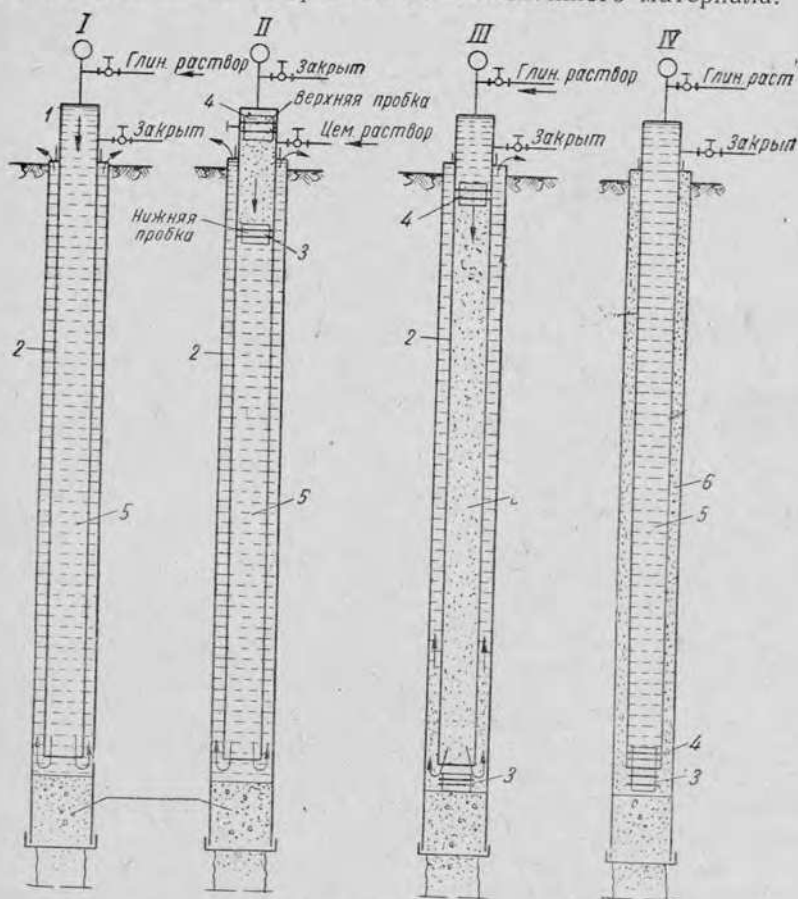


Рис. 80. Цементация с давящими пробками:

1 — заливочная головка; 2 — новая колонна; 3 — верхняя давящая пробка; 4 — нижняя давящая пробка; 5 — глинистый раствор; 6 — цементный раствор.

Для цементации по описанному способу применяют специальный тампонажный цемент, обладающий способностью быстро схватываться. Начало схватывания наступает через 3—7 часов и заканчивается через 3 часа.

Срок схватывания цемента принуждает вести весь процесс тампонажа в строго размеренный короткий срок; процесс должен

быть закончен до начала схватывания, т. е. не больше чем за 3 часа, поэтому вся подготовка должна быть тщательно выполнена.

В случае большого поглощения воды или глинистого раствора во время опробования скважины рекомендуется к цементному раствору прибавить 5—10% асбестита. Асбестит способствует закупорке трещин водоносной породы, поэтому поглощение цементного раствора значительно сокращается.

Другой аналогичный способ цементации кольцевого зазора между трубами, применяемый при ремонтных работах, заключается в следующем.

В скважину, подготовленную по предыдущему способу, опускают заливочные трубы 3 диаметром $1\frac{1}{2}$ —2" (рис. 82) на 5—10 м выше нижнего конца новой колонны. Через заливочную трубу нагнетают глинистый раствор и устанавливают циркуляцию. Когда из кольцевого зазора начнет изливаться на поверхность глинистый раствор, задвижку закрывают, вода начнет подниматься по кольцевому зазору, и, наконец, изливаться через устье. После этого через заливочную трубу закачивают расчетное количество цементного раствора. Затем вместо цементного раствора закачивают отмеренное количество глинистого раствора, равное объему трубы, и этим вытесняют из

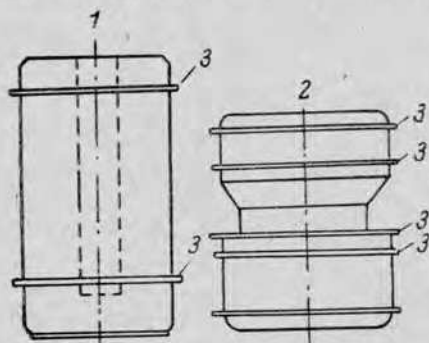


Рис. 81. Давильные пробки:
1 — нижняя; 2 — верхняя;
3 — резина толщиной 3 ÷ 5 мм.

трубы весь цементный раствор. Скважину оставляют в покое на 1—2 дня, до схватывания цемента, затем производят демонтаж заливочных труб, разбуривание цементной пробки, чистку скважины от временного тампонажа и производят строительную откачку для окончательной подготовки скважины к эксплуатации.

Этот способ цементации проще предыдущего и успешно применяется при ремонтных работах.

Производство цементации должно быть поручено опытной бригаде, так как в случае схватывания цементного раствора ранее окончания всех работ возможны «захват» заливочных труб и другие осложнения, которые весьма трудно ликвидировать.

Испытание качества тампонажа производится перед разбуриванием цементной пробки. При низком статическом уровне в скважину нагнетают глинистый раствор или воду до самого устья и не менее чем на 15—20 м выше статического уровня. При высоком статическом уровне на трубу надевают заливочную головку и через нее накачивают воду до давления 1,5—2 атм, за-

крывают задвижки и следят за давлением по манометру. В случае хорошего тампонажа давление не будет падать.

Для приготовления цементного раствора рекомендуется применять гидромешалку (рис. 82, 6).

В воронку засыпают цемент, он просеивается через сетку Ц; по трубе Т нагнетают воду под давлением 6—10 атм. В колене К

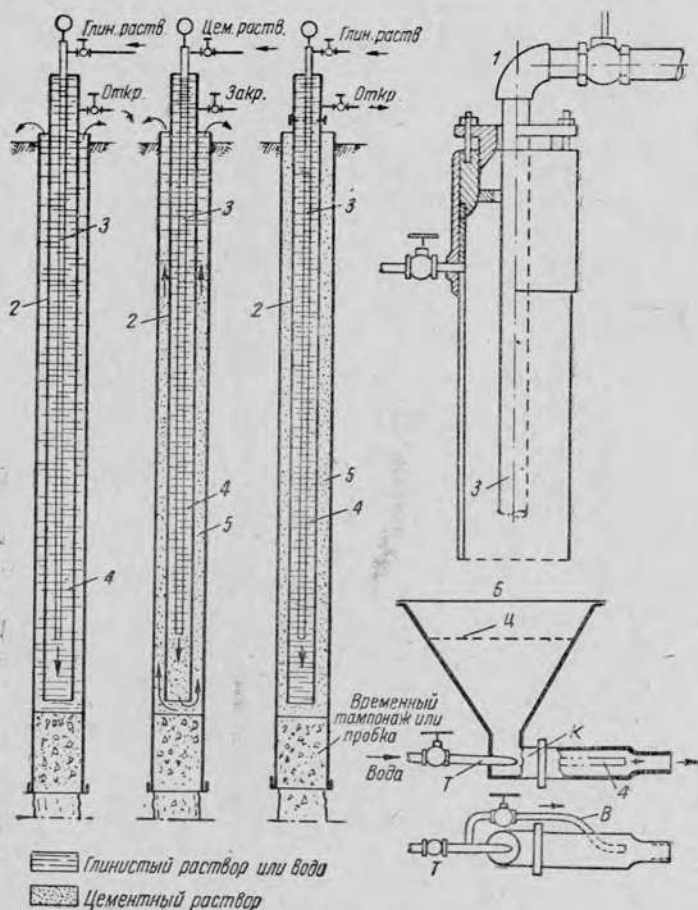


Рис. 82. Цементация через заливочную трубу:

- 1 — заливочная головка; 2 — новая колонна; 3 — заливочные трубы; 4 — глинистый раствор; 5 — цементный раствор; 6 — гидромешалка для приготовления цементного раствора.

цемент смешивается с водой и вытекает в приемный бак, откуда подается в скважину.

В случае необходимости цементный раствор разжижается водой, подаваемой через трубу В. Количество воды регулируется

вентилиями. Такая гидромешалка способна приготовить до 10 м^3 раствора в час.

7. Переход на вышележащий водоносный слой

В случае необходимости отказаться от нижнего водоносного слоя 1, до которого была пробурена скважина (рис. 83), и перейти на вышележащий водоносный слой 2, слой 1 должен быть затампонирован таким образом, чтобы исключалась связь между ним и слоем 2. Для этого водоприемную часть засыпают фильтрующим материалом (щебнем, гравием, крупным пес-

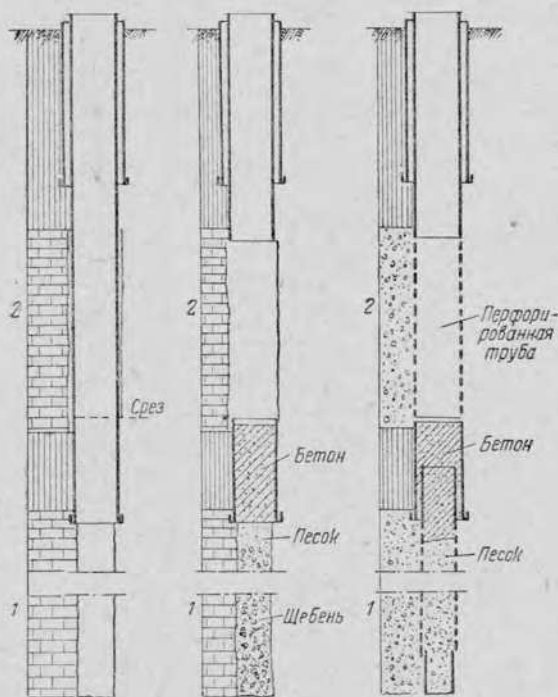


Рис. 83. Переход на вышележащий водоносный слой:

1 — эксплуатационный водоносный слой; 2 — вышележащий водоносный слой, открываемый для эксплуатации.

ком), не доводя его до башмака обсадной трубы. Сверху засыпают песок слоем 1—2 м, после чего через заливочную трубу, опущенную в скважину на 3—4 м выше тампонажа; заливают цементный раствор (1 часть цемента, 40% воды по весу цемента). Часть цементного раствора проникнет под башмак и уплотнит контакт обсадной трубы с глиной.

Уровень цементного раствора должен быть выше кровли гли-

ны, разделяющей водоносные слои, е-тем, чтобы надежно изолировать их между собою.

Для цементации может быть применен портландский цемент высоких марок или же специальный тампонажный цемент.

До схватывания цементного раствора поднимают заливочные трубы выше уровня заливки и оставляют скважину в покое на 3—4 дня для твердения цементного раствора.

Качество тампонажа испытывается наливанием или отгартыванием воды из скважины. Одновременно проверяют глубину заливки цементного раствора. В случае недостаточности доливают его до уровня на 1—2 м выше кровли глины. После схватывания приступают к вырезке внутренней колонны труборезом и извлечению ее из скважины.

При гравелистом водоносном слое с успехом может быть применена электроперфорация, т. е. простреливание трубы особыми приборами. При этом вырезка трубы и установка фильтра отпадают, что увеличивает диаметр скважины. Электроперфорация производится быстро и дает различные диаметры отверстий. По окончании перфорации скважина подготавливается к эксплуатации строительной откачкой.

8. Переход на нижележащий водоносный слой

В случае неудовлетворительности эксплуатируемого водоносного слоя по дебиту или качеству и при наличии водоносного слоя с доброкачественной водой, расположенного ниже, можно перейти на эксплуатацию нижнего слоя, перекрыв верхний (рис. 84).

Углубление скважины производится бурением, а верхний водоносный слой 1 перекрывается обсадной трубой и надежно изолируется от нижнего 2. При переходе на нижний водоносный слой приходится пробуривать толщу глины, разделяющей водоносные слои. При этом необходимо принять меры, чтобы контакт глины с трубами был вполне надежным.

Если нижний водоносный слой представлен устойчивыми породами, то можно рекомендовать перед задавливанием колонны в кровлю водоносного слоя сделать цементную ванну или же подбашмачную цементацию (рис. 84, а'). Конструкция усложняется, если водоносный слой состоит из рыхлых пород, требующих установки фильтра. В этих случаях одну колонну следует задавить в слой глины, а второй колонной пройти остаток глины и пробурить до расчетной глубины, установить фильтр и затем поднять трубу для его обнажения (рис. 84, б').

Выше были приведены простейшие примеры переходов на нижележащий водоносный слой. Разнообразие геологического строения и конструкций скважин может потребовать различных решений поставленной задачи, но при всех решениях должно быть соблюдено основное требование—надежная изоляция верхнего, перекрываемого водоносного слоя от вновь вскрываемого.

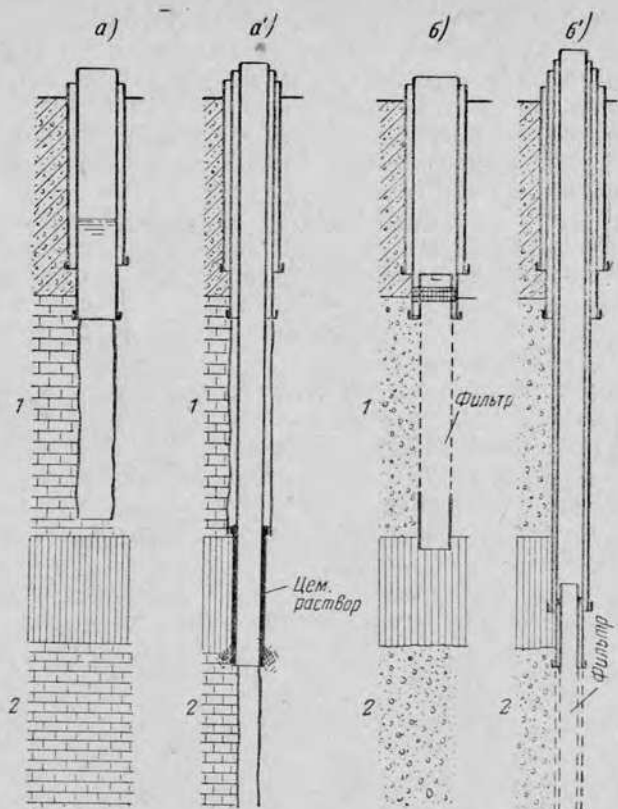


Рис. 84. Переход на нижележащий водоносный слой:
1 — эксплуатационный водоносный слой; 2 — нижележащий водоносный слой; а и а' — скважины без фильтра; б и б' — скважины с фильтром.

9. Ликвидация аварий

Аварии на водяных скважинах по своему характеру и сложности весьма разнообразны. Их можно разделить на три основные группы:

- 1) аварии, происшедшие во время бурения,
- 2) аварии водоподъемников,
- 3) умышленная порча скважины.

Аварии, происшедшие в процессе бурения. Типичными авариями этого типа являются обрывы буровых штанг и тросов, захват породой буровых инструментов, потеря в скважинах буровых снарядов, захват их породой и обрыв буровых колонн. Этот вид аварий нами не рассматривается, так как он является предметом техники бурения.

Аварии водоподъемников. Типичными случаями являются аварии, происшедшие во время монтажа и демонтажа водоподъемного оборудования, и обрыв частей водоподъемного оборудования во время эксплуатации.

Причинами первых двух видов аварий являются невнимание, неопытность монтажных бригад и применение ненадежных монтажных приспособлений.

Умышленная порча скважины. Во время войны немало водяных скважин было повреждено фашистскими варварами путем разрушения устья взрывом и умышленным засорением скважин.

Ликвидация порчи таких скважин всегда связана с чисткой забоя и сложными ловильными работами. Этот вид ликвидации аварий особенно труден, так как не известен ни характер засорения, ни обстановка, при которой произошла авария; к тому же, как правило, отсутствует документация.

Ликвидация аварий во многих случаях весьма сложна, требует опытных исполнителей и специальных ловильных инструментов. Некоторые из них, наиболее ходовые, приведены на рис. 85 и 86.

Перед тем как приступить к ловильным работам, необходимо выяснить конструкцию и размеры вылавливаемого предмета, его положение в скважине и пр. Эти предварительные исследования во многих случаях требуют подготовительных работ, например, очистки скважины от засорения, под которым находится предмет, подлежащий извлечению.

Ловильные работы сопровождаются часто сложными вспомогательными работами, например, обрубкой и извлечением тросов, препятствующих ловильным работам, установкой упущенного предмета в положение, удобное для ловли, освобождение его от захваченной породы и т. п.

Если не удастся извлечь упущенный предмет, прибегают к торпедированию для смещения его в сторону или разрушения.

Не всякую аварию удастся ликвидировать. В некоторых случаях бывает нецелесообразным затрачивать время и труд на ликвидацию аварий, но аварийную скважину нельзя оставить заброшенной, так как она со временем превратится в источник загрязнения эксплуатационного водоносного слоя. Такую скважину необходимо затампонировать с соблюдением санитарных и технических требований, приведенных в главе VIII.

Аварии во время эксплуатации происходят от неудовлетворительного монтажа или чрезмерного износа оборудования.

Типичными случаями аварий при монтаже эрлифтных установок является упущение в скважину водоподъемных или воздушных труб.

Извлечение труб производится труболовками или ловильным колоколом. Обычно такие трубы извлекаются без особых осложнений.

Часты случаи аварий при монтаже и демонтаже вертикальных центробежных насосов. При падении в скважину насос обычно

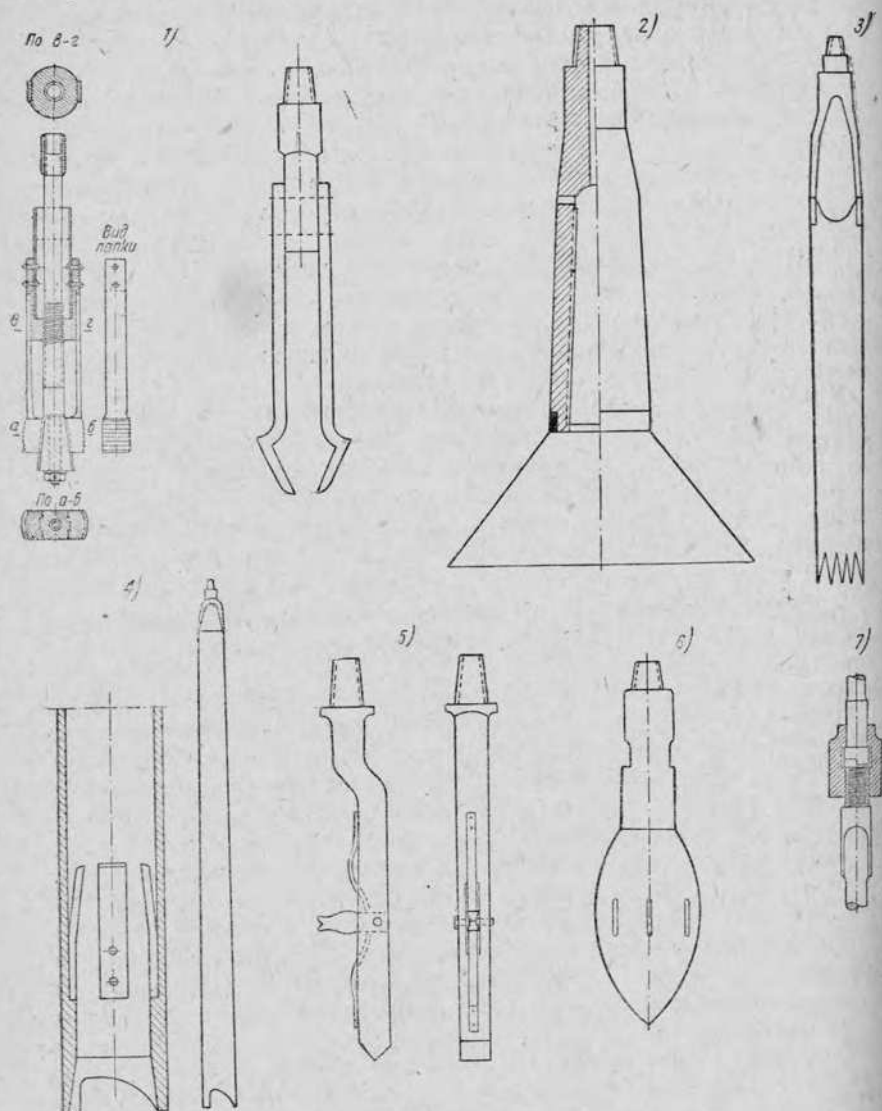


Рис. 85. Ловильные инструменты:

- 1 — труболовки; 2 — ловильный колокол с направляющим конусом;
- 3 — паук; 4 — овершот; 5 — дыродав; 6 — оправка для обсадных труб;
- 7 — замок для ловильных штанг.

не повреждается, так как в воде он теряет скорость и плавно опускается на забой. Извлечение его не представляет особой

сложности, если насос не заклинился породой. Захват ловильными инструментами упущенного в скважину вертикального центробежного насоса производится за вал, выступающий на 0,2—0,3 м выше водоподъемных труб. Ловлю рекомендуется производить шлицом на штангах. Предварительно печатью определяют глубину и положение вала в скважине и только после этого опускают шлиц, снабженный направляющим конусом. Его осторожно опускают в скважину и, когда он коснется насоса, делают отметку на штанге, проверяют глубину и затем делают

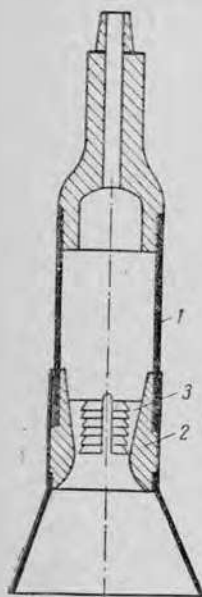


Рис. 86. Шлиц:
1 — корпус шлица;
2 — конус;
3 — прокладки.

окончательную посадку шлица. Направляющий конус направит вал насоса в шлиц, и последний захватит его. Сперва следует произвести натяжку штанг и, убедившись, что насос пойман, медленно начинать подъем. Как только насос будет приподнят, он должен легко вращаться в скважине.

Извлечение упущенного штангового насоса производится за водоподъемные трубы. Если тяги немного выше водоподъемных труб, приходится сперва извлечь тяги с поршнем, а затем извлекают водоподъемные трубы метчиком или труболовкой.

10. Восстановление разрушенных и поврежденных скважин

В районах военных действий особенно пострадали насосные станции. Скважины пострадали меньше. Повреждения их были двух родов: повреждения устья взрывом, реже снарядом или авиабомбой и умышленное засорение скважины.

При восстановлении устья скважины автономно срезают поврежденные трубы (рис. 87), затем рабочую колонну наращивают приваркой патрубков необходимой длины и производят исследование состояния скважины — проверяют глубину, степень заиливания, наличие в скважине посторонних предметов, проверяют состояние обсадных труб и пр.

После исследования приступают к восстановительным работам, если это окажется возможным и целесообразным; в противном случае скважину тампонируют с соблюдением санитарных и технических правил для этих работ.

После освобождения скважины от посторонних предметов и очистки водоприемной части производят строительную откачку для промывки и освобождения скважины от заиливания, одновременно проверяют производительность, удельный дебит, статический уровень и качество воды.

Приемы восстановления и испытания скважин описаны выше. Более сложным бывает освобождение скважины от умышленных засорений. Усложняющим эту работу моментом является отсутствие документации и данных об обстоятельствах засорения скважины.

Восстановление таких скважин сопровождается буровыми, иногда сложными ловильными работами и исследованиями печатями.

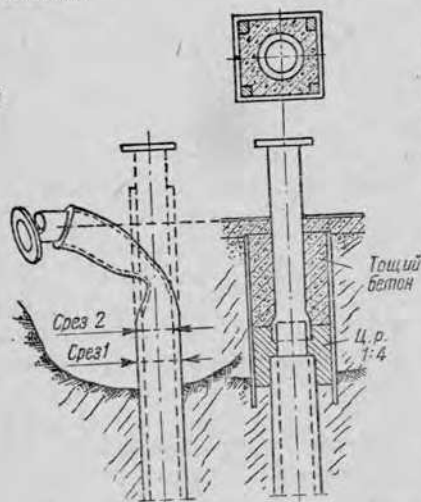


Рис. 87. Восстановление устья скважины, разрушенного взрывом.

Несмотря на сложность и высокую стоимость работ, все же приходится их выполнять, даже и в том случае, если ясно, что скважину не удастся восстановить для эксплуатации, так как такую скважину необходимо подготовить к тампонажу.

Ликвидацию аварий на скважинах следует поручать только специализированным организациям и проводить под наблюдением опытных в этом деле инженеров.

В заключение необходимо отметить, что предлагаемые методы исследования и восстановления дефектных скважин основаны на опыте многих работ.

В результате восстановления скважины стали более долговечными, улучшено санитарное качество воды, исправлены многие неправильности конструкций скважин, а производительность их резко увеличилась.

Восстановление и переоборудование дефектных скважин взамен бурения новых дает значительную экономию в расходе буровых труб, общих капитальных затрат и производится быстрее.

Исследования дефектных скважин дают возможность изучить процесс износа скважин и разработать меры для предохранения обсадных труб от быстрого износа, улучшить конструкции скважин для увеличения срока службы и повысить их санитарные качества.

Восстановление и переоборудование дефектных скважин имеет большое народнохозяйственное значение в деле водоснабжения городов, населенных мест и промышленных предприятий, так как использование подземной воды у нас широко развито.

Глава VIII. САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЗАДЕЛКА (тампонаж) ВОДЯНЫХ СКВАЖИН

1. Скважины, подлежащие тампонажу

Санитарно-технической заделке подлежат все имеющие связь с водоносными слоями скважины, использование которых невозможно вследствие износа или надобность в которых миновала.

К таким скважинам относятся:

- 1) водяные скважины, пришедшие в негодное для эксплуатации состояние, и скважины, восстановление которых невозможно или нецелесообразно;
- 2) заброшенные водяные скважины, эксплуатация которых не предвидится, например, водяные скважины малых диаметров, сооруженные для временного водоснабжения, и т. п.;
- 3) скважины маловодные и неправильной конструкции, способные загрязнять эксплуатационные водоносные слои и исправление которых невозможно или нецелесообразно;
- 4) использованные разведочные скважины;
- 5) поглощающие скважины;
- 6) скважины разных назначений, использование которых прекращено.

Санитарно-техническая заделка таких скважин имеет целью защиту эксплуатационных водоносных слоев от загрязнения и истощения.

2. Основные санитарные и технические требования для тампонажа скважин

1. В результате санитарно-технической заделки около скважины должно быть восстановлено естественное гидрогеологическое состояние, которое было до бурения скважины, т. е. необходимо восстановить нарушенное разобщение между водоносными и водопоглощающими пластами.

2. Материал, применяемый для тампонажа, должен быть вполне устойчивым.

3. Перед тампонажем скважина должна быть очищена от осадков на забое и продезинфицирована по указанию государственной санитарной инспекции.

4. Извлечение или вырезка колонн обсадных труб не обязательны. Могут быть извлечены или вырезаны только те трубы, которые не угрожают обвалом пород или не вызовут сообщения между водоносными слоями.

5. Если промежуточные колонны не извлекаются и не вырезаются, то должна быть обеспечена возможность надежной цементации всех кольцевых зазоров.

6. Водоносные слои засыпаются фильтрующим материалом, как-то: известняковым и гранитным щебнем, гравием, галькой и т. п.; в исключительных случаях может быть допущен тампонаж всей скважины цементным раствором.

7. Водопроницаемые слои заливаются цементным раствором состава 1:1 до 1:3. Тампонаж жирной глиной может быть допущен только в исключительных случаях, когда имеется уверенность, что он не может быть размыт или не повлияет на санитарную сторону тампонажа.

8. Верхняя часть скважины на всю мощность грунтовых вод тампонируется цементным раствором, но не менее как на глубину 10 м.

9. В случае обнаружения затрубной циркуляции между эксплуатационными водоносными слоями и грунтовыми водами должна быть произведена затрубная цементация через специальные отверстия в обсадных трубах, через специальные заливочные скважины или иным путем, в зависимости от местных гидрогеологических условий.

10. Над затампонированной скважиной устраивается бетонная плита и ставится знак.

11. В районе затампонированной скважины допускаются заглубленные постройки только с разрешения государственной санитарной инспекции.

12. О тампонаже скважины составляется технический отчет, содержащий план расположения затампонированной скважины, описание процесса тампонажа, чертеж выполненного тампонажа и пр.

13. За производством тампонажа следит государственная санитарная инспекция. Акт о произведенном тампонаже подписывают представитель организации, которой принадлежит скважина, исполнитель тампонажа и представитель государственной санитарной инспекции.

3. Производство тампонажа скважин

Перед тампонажем производится исследование состояния скважины:

определяется глубина и степень заиливания забоя или засорения фильтра, производится анализ осадков;

проверяется конструкция скважины и сличается с имеющейся документацией;

производится исследование состояния обсадных труб.

Необходимо установить, имеется ли связь между водой в кольцевых зазорах с эксплуатационным водоносным слоем.

На основании полученных данных о состоянии скважины и ее конструкции составляется проект тампонажа, который согласуется с представителем государственной санитарной инспекции.

Перед тампонажем забой очищается от осадков, затем дезинфицируется раствором хлорной извести. Хлорная известь вводится через заливочную трубу, опущенную до водоносного слоя. Дозу хлорного раствора определяет государственная санитарная инспекция.

Для дезинфекции скважины готовят раствор хлорной извести, содержащий заданную государственной санитарной инспекцией концентрацию активного хлора.

Расчет потребного количества хлорной извести, содержащей определенный анализом процент активного хлора, ведется по графику, приведенному на рис. 88.

Пример. Требуется приготовить 5 м³ раствора хлорной извести с содержанием 8 мг активного хлора в 1 литре.

По графику находим: на 5 м³ раствора требуется 40 г активного хлора и 200 г хлорной извести, содержащей 20% активного хлора.

В скважину засыпается отмеренное количество фильтрующего материала с расчетом заполнить им скважину на 2—3 м ниже башмака рабочей колонны. Поверх фильтрующего материала засыпается слой песка на 1—2 метра.

Тампонажные материалы должны быть хорошо промыты водой и продезинфицированы хлорной известью.

В скважину опускается заливочная труба диаметром 1½—2" на 3—5 м выше слоя песка. Через заливочную трубу вливают цементный раствор состава 1:1 до 1:3 слоем 5—10 м, в зависимости от глубины скважины и геологического строения.

После схватывания первой порции цемента производится испытание произведенного тампонажа — из скважины оттаптывают колонкой воду и наблюдают, имеется ли приток воды через тампонаж и через дефекты в обсадных трубах.

Если тампонаж удовлетворителен, — приступают к дальнейшим работам; если тампонаж неудачен, — доливают цементный раствор еще на 5—10 м.

При многоколонном креплении скважины необходимо произвести заливку цементного раствора в кольцевые зазоры.

Перед заливкой цементного раствора зазор между трубами должен быть основательно промыт водой. Если зазор узок, не позволяет произвести надежную промывку и цементацию, следует в нижней части обсадных труб произвести проколы при помощи дыродава (см. рис. 85) и через них производить промывку, а затем цементацию.

В подготовленную таким образом скважину заливается цементный раствор на 2 м ниже уровня земли или пола шахты, где находится скважина. Заливка производится по возможно-

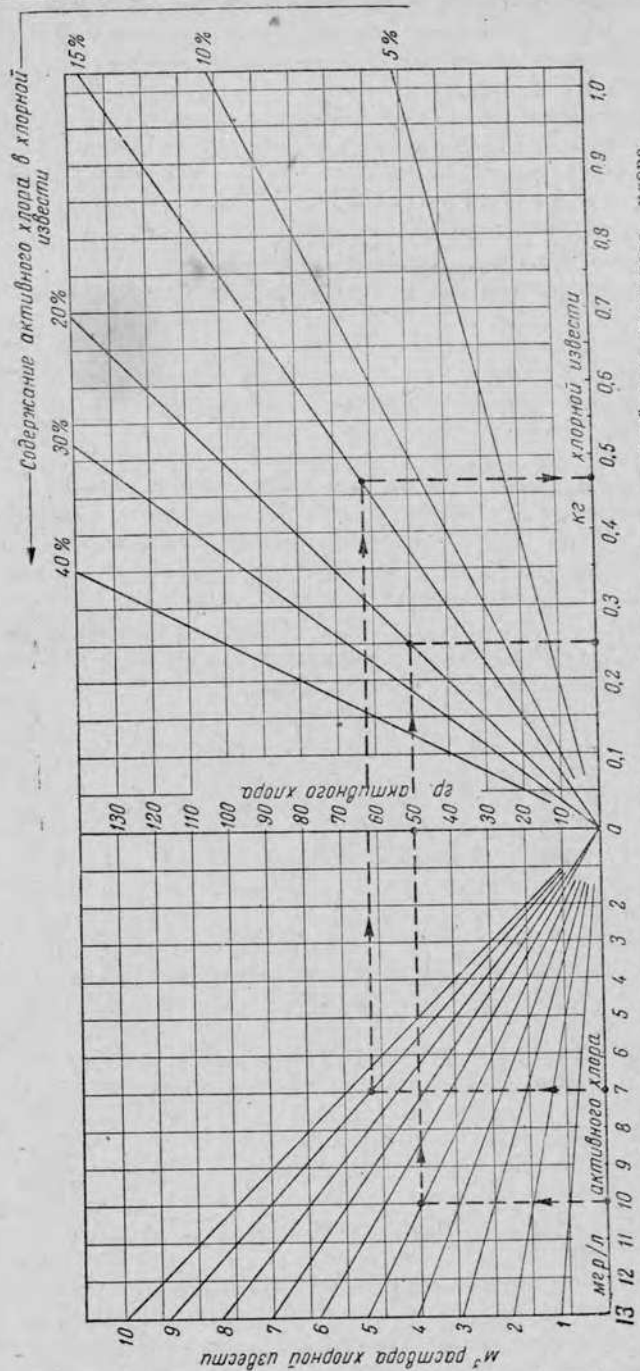


Рис. 88. График для определения расхода хлорной извести по заданной дозе активного хлора.

сти в один прием с тем, чтобы избыточным давлением цементного раствора заполнить под давлением все пустоты и поры.

При наличии затрубного сообщения между водоносными слоями в необходимых местах производят проколы или прострелы обсадных труб с тем, чтобы через эти отверстия цементный раствор мог проникнуть в затрубное пространство и закрыть сообщение между водоносными слоями. Места проколов обсадных труб назначаются на основании геологического разреза и конструкции скважины. В этих случаях следует применять тампонажный цемент без песка.

После затвердения цементного раствора вокруг скважины роется шурф размерами в плане 1×1 м и глубиной 1—1,5 м, и обсадные трубы срезаются на 0,5 м ниже уровня земли. В шурф закладывается бетон состава 1 : 2 : 4 на 0,25 м ниже уровня земли; над скважиной в бетонную кладку устанавливается металлический знак, и бетонная плита засыпается грунтом.

Если скважина расположена в шахте или в здании, трубы срезаются ниже уровня пола, и затем производится такая же, как и в предыдущем случае, бетонная кладка в уровень с полом.

О тампонаже составляется технический отчет, в котором должны быть собраны вся документация по скважине, материалы по исследованию ее, проект тампонажа и исполнительный чертеж выполненного тампонажа, план расположения скважины и ее координаты, акт о выполненном тампонаже, подписанный владельцем скважины, исполнителем работ и представителем государственной санитарной инспекции.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Введение	4
Глава I. Сооружение водяных скважин	6
1. Водяная скважина и ее элементы	6
2. Способы бурения водяных скважин	8
3. Сравнительная характеристика основных способов бурения водяных скважин	10
Глава II. Подготовка водяных скважин к эксплуатации	12
1. Строительная откачка	12
2. Пробная откачка	13
3. Испытание самоизливающихся скважин	14
4. Испытание скважин с динамическим уровнем ниже поверхности земли	15
5. Определение радиуса депрессии	19
6. Обработка результатов испытания скважины откачкой	20
Глава III. Проектирование водяных скважин	22
1. Данные для составления проекта скважины	22
2. Крепление скважины обсадными трубами	22
3. Основные технические и санитарные требования к конструкции скважины	27
4. Конструкция ствола скважины и расчет ее основных размеров	30
5. Конструкция водоприемной части водяных скважин	32
6. Конструкция и расчет фильтров	36
7. Устье скважины	49
Глава IV. Оборудование водяных скважин водоподъемниками	52
1. Оборудование самоизливающихся скважин	54
2. Получение воды из скважин с динамическим уровнем ниже по- верхности земли	55
3. Оборудование скважин насосами с горизонтальной осью	56
4. Оборудование скважин штанговым насосом	58
5. Оборудование скважин вертикальным центробежным насосом	59
6. Оборудование скважин эрлифтной установкой	64
7. Детали эрлифтной установки	76
Глава V. Эксплуатация водяных скважин	89
1. Уход за скважинами	89
2. Эксплуатация вертикального центробежного насоса	94
3. Эксплуатация эрлифтной установки	96
Глава VI. Определение дефектов водяных скважин	99
1. Причины, вызывающие дефектность скважин	99
2. Основные дефекты скважин	100

3. Освидетельствование скважин	106
4. Определение конструкции скважин	108
5. Определение отклонения оси скважины от вертикали	110
6. Определение дефектов обсадных труб	112
Глава VII. Производство восстановительного ремонта водяных скважин	119
1. Чистка скважин	119
2. Торпедирование скважин	122
3. Закрепление прослоек глин в водоносной породе	125
4. Чистка стенок обсадных труб	125
5. Крепление скважин новыми колоннами	126
6. Цементация кольцевого зазора	129
7. Переход на вышележащий водоносный слой	136
8. Переход на нижележащий водоносный слой	137
9. Ликвидация аварий	138
10. Восстановление разрушенных и поврежденных скважин	141
Глава VIII. Санитарно-техническая заделка (тампонаж) водяных скважин	143
1. Скважины, подлежащие тампонажу	143
2. Основные санитарные и технические требования для тампонажа скважин	143
3. Производство тампонажа скважин	144