МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт горного дела и строительства
Кафедра «Санитарно-технические системы»

Утверждено на заседании кафедры
«Санитарно-технические системы»
«20» января 2023 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой
_____ Р.А. Ковалев

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по проведению практических (семинарских) занятий
по дисциплине (модулю)
«Теоретические основы и проектирование водозаборных сооружений подземных вод»

основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы магистратуры

по направлению подготовки
08.04.01 – "Строительство"

с профилем
"Теория и практика организационно-технологических и экономических решений"

Форма(ы) обучения: очная, заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 080401-03-23

Тула 2023 год

Разработчик(и) методических указаний

Злобин Е.К., проф., д.т.н., доцент _____

(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание) *(подпись)*

.

Типы сооружений для забора подземных вод

Классификация

Устройство водозаборных узлов и состав их сооружений для приема подземных вод определяется условиями залегания, мощностью, водообильностью и т.п. В зависимости от конкретных условий для приема подземных вод могут применяться сооружения следующих основных типов: вертикальные, горизонтальные, комбинированные, каптажи и лучевые водозаборы.

Вертикальные водозаборы – это трубчатые буровые колодцы и шахтные колодцы.

Горизонтальные водозаборы бывают траншейные (каменно-щебеночные, трубчатые), в виде штолен и галерей.

Комбинированные водозаборы – это горизонтальные галереи с рядом вертикальных скважин или шахтные колодцы с трубчатыми горизонтальными водосборами.

Каптажи – сооружения по сбору и концентрации вод восходящих и нисходящих родников.

Лучевые водозаборы – разновидность горизонтальных водосборов, состоящая из горизонтальных лучей – скважин, радиально присоединенных к сборному шахтному колодцу.

Трубчатые буровые колодцы. Их конструкция и устройство

Выбор того или иного типа и схемы водозабора определяется гидрогеологическими условиями, намечаемой производительностью и технико-экономическими соображениями.

Для добычи подземных вод, залегающих на глубине более 10 м (до 1000 м и более) сооружаются водозаборы из скважин. Водозаборы из скважин применяют и в тех случаях, когда подземные воды залегают на глубине менее 10 м от поверхности земли, а мощность водоносного пласта не менее 5…6 м.

Выбор способа бурения скважин надлежит принимать в зависимости от местных гидрологических условий, глубины и диаметра скважин.

Бурение скважин в большинстве случаев осуществляется двумя способами: ударным и вращательным.

Ударное бурение по характеру углубления в породы является бурением сплошным забоем, по способу передачи от станка к буровому наконечнику (долоту). ОНО подразделяется на ударно-штанговое (жесткая передача с помощью штанг) и ударно-канатное (гибкая передача с помощью каната). При ударном способе бурения стенки скважины крепят трубами непрерывно по мере углубления забоя с некоторым его опережением или отставанием.

Вращательное бурение по характеру углубления подразделяется на бурение сплошным и кольцевым забоями. Бурение кольцевым забоем носит название колонкового. Колонковое бурение на воду применяется редко, лишь для бурения скважин небольшого диаметра,

Вращательное бурение сплошным забоем называется роторным. Этот способ, как и ударно-канатный, широко используется для бурения скважин на воду. По способу подачи промывочной жидкости и направлению циркуляции ее в скважине при бурении, а также по условиям выноса из скважины разбуренных пород роторное бурение делится на два вида: роторное с прямой и обратной промывкой.

При роторном бурении с прямой промывкой, промывочная жидкость из емкости (отстойника) подается насосом по штангам и бурильным трубам на забой скважины, откуда она вместе с частицами разбуренной породы по пространству между стенками скважины и боковой поверхностью бурильных труб поднимается на устье скважины по лотку, вновь поступает в отстойник.

В качестве промывочной жидкости при роторном бурении с прямой промывкой используют глинистые растворы различного удельного веса (в зависимости от удельного веса разбуриваемых пород), благодаря чему не требуется крепление стенок скважины в пределах значительных (в сотни метров) интервалов . Это является большим преимуществом роторного бурения с прямой промывкой в отличие ударно-канатного. Однако, вследствие глинизации водоносных пород, как правило, снижается производительности скважины.

При роторном бурения с обратной промывкой, промывочная жидкость из отстойника самотеком поступает в скважину - в пространство между ее стенками и боковой поверхностью бурильной колонны трубы и движется к забою скважины. С забоя промывочная жидкость вместе с частицами разбуренном породы через отверстия в долоте с помощью насоса, устанавливаемого на поверхности земли у скважины, или с помощью эрлифта засасывается в бурильную колонну труб и по шлангам сбрасывается в отстойник.

При роторном бурении с обратной промывкой в качестве промывочной жидкости используют чистую воду. Бурение этим способом можно вести в пределах больших интервалов саз обсадки, как и при роторном способе с прямой промывкой. Стенки скважины при этом удерживаются от обрушения постоянным избыточным давлением столба воды в скважине, равным не менее 0,3 атм над естественным статическим уровнем воды в скважине.

Роторное бурение с обратной промывкой имеет ряд преимуществ по сравнению с ударным способом бурения, так и роторным с прямой промывкой: большая скорость бурения, малый расход обсадных труб (по сравнению с ударно-канатным способом), возможность проходки больших диаметров с обсыпкой фильтров песчано-гравийным материалом слоями большей толщины, чем в скважинах ударно-канатного бурения, исключение глинизации водоносных пород (по сравнению с роторным способом с прямой промывкой).

К роторному способу бурения с прямом промывкой относится и реактивно-турбинный способ, при котором долото приводится в движение промывочной жидкостью. При этом способе к бурильной колонне присоединяют два спаренных турбобура. Возникающий при вращении турбобуров реактивный момент не гасится в неподвижно закрепленном роторе, как это имеет место в обычных турбобурах, а совершает полезную работу - вращает всю систему спаренных турбобуров. Этим обеспечивается равномерное разрушение пород по всей площади забоя скважины.

Трубчатые буровые колодцы могут использоваться для приема как безнапорных, так и напорных подземных вод и в том и другом случае они могут быть доведены до подстилающего водоупорного пласта – “совершенные колодцы" или заканчиваться в толще водоносного пласта – “несовершенные колодцы”.

Устройство водозаборных скважин

Насосные станции над скважинами (павильоны)

Насосные станции сооружают над устьем водозаборных скважин, в них размещают оголовок скважины, двигатель (если скважина оборудована насосом с наземным двигателем), начальную часть напорного трубопровода с арматурой, приборы отопления, контрольно-измерительную аппаратуру и приборы автоматики.

В зависимости от местных условий насосные станции строят наземные и подземные. При этом высота насосных станций зависит от габаритов оборудования, но не менее 2,4 м. Как правило, размеры в плане 3х3 м.

При размещении подземных станций на затапливаемой территории их обсыпают грунтом до отметки незатопления паводковыми водами. Центр люка в кровле павильона располагается по оси скважины (для удобства обслуживания скважины).

Фильтры водозаборных скважин

В водоносных пластах представленных рыхлыми отложениями или скальными неустойчивыми породами, в скважинах устанавливают фильтры. Фильтр состоит из фильтрующей рабочей части, надфильтровых труб и отстойника.

По конструктивным особенностям каркаса, рабочей части изготовляют фильтры двух типов: трубчатые и стержневые. По устройству водоприемной фильтрующей поверхности фильтры подразделяют на следующие виды:

- трубчатые и стержневые, у которой водоприемной фильтрующей поверхностью служит боковая поверхность самого каркаса;
- трубчатые и стержневые с водоприемной фильтрующей поверхностью из проволочной обмотки, штампованного листа, металлических сеток, с гравийной или песчанно-гравийной обсыпкой в кожухе вокруг отдельных звеньев рабочей части каркаса фильтра (так называемые кожуховые фильтры), с водоприемной поверхностью из пористого бетона (так называемые блочные фильтры).

Конструкция и размеры фильтра в каждом конкретном случае определяются в зависимости от состава пород водоносного горизонта и дебита скважины.

К фильтрам любой конструкции предъявляются следующие требования: фильтр должен обладать достаточной механической прочностью и устойчивостью против коррозии, иметь наибольшую (20…25% для фильтров с круглой и щелевой перфорацией и не более 30…60% для фильтров из проволочной обмотки и штампованного стального листа) скважность и предельно допустимые размеры отверстий (по условиям прочности и предотвращения пескования скважин при эксплуатации).

Размеры отверстий фильтров без устройства гравийной обсыпки надлежит принимать по СП.

В качестве обсыпки фильтров надлежит применять песок, гравий и гравийно-песчаные смеси.

В многослойных гравийных фильтрах толщина каждого слоя обсыпки должна приниматься для фильтров:

- собираемых на поверхности земли - не менее 30 мм;
- создаваемых в забое скважины – не менее 50 мм.

Материал, используемый для фильтров в скважинах, следует обеззараживать.

Длину рабочей части фильтра в напорных водоносных пластах мощностью до 10 метров следует принимать равной мощности пласта; в безнапорных – мощности пласта за вычетом эксплуатационного понижения уровня воды в скважине.

В водоносных пластах мощностью более 10 м длину рабочей части фильтра надлежит определять с учетом водопроницаемости пород, производительности скважин и конструкции фильтра.

Рабочую часть фильтра следует устанавливать на расстоянии от кровли и подошвы водоносного пласта не менее 0,5…1 м.

При использовании нескольких водоносных пластов рабочие части фильтров надлежит устанавливать в каждом водоносном пласте и соединять между собой глухими трубами (перекрывающими слабопроницаемые слои).

Верхняя часть надфильтровой трубы должна быть выше обсадной колонны не менее чем на 3 метра при глубине более 50 м. при этом между обсадной колонной и надфильтровой трубой при необходимости должен быть установлен сальник.

Длину отстойника следует принимать не более 2 метров.

Устройство и работа шахтных колодцев

Шахтные колодцы

Шахтные колодцы применят: для приема неглубоко залегающих подземных вод, расположенных в безнапорных водоносных пластах, сложенных рыхлыми породами и залегающих на глубине до 30 м.

При мощности водоносного пласта до 3 м следует предусматривать шахтные колодцы совершенного типа с вскрытием всей мощности пласта, при большей мощности допускаются совершенные и несовершенные колодцы с вскрытием части пласта.

Шахтные колодцы обычно строят опускным способом. На дно колодца укладывается обратный фильтр в виде слоев гравия с возрастающей кверху крупностью для предотвращения занесения в колодец частиц песка из водоносного пласта. В стенках колодца в пределах водоносного пласта для увеличения притока воды в колодец оставляют отверстия.

Можно предусмотреть фильтр из пористого бетона, а в стенках водоприемной части колодца - фильтры из пористого бетона или гравийные. Обратный фильтр надлежит принимать из нескольких слоев песка и гравия толщиной 0,1...0,15 м каждый, общей толщиной 0,4...0,6 м с укладкой в нижней части фильтра мелких, а в верхнее крупных фракций.

Диаметр шахтного колодца обычно не превышает 3...4 м. При больших расчетных диаметрах целесообразнее увеличивать число колодцев.

Верх шахтных колодцев должен быть выше поверхности земли не менее, чем на 0,8 м. При этом вокруг колодца должна предусматриваться отмостка шириной 1...2 м, с уклоном 0,1 от колодца. Вокруг колодцев, подающих воду для хозяйственно-питьевых нужд, кроме того, следует предусматривать устройство замка из глины или жирного суглинка глубиной 1,5...2 м и шириной 0,5 м.

Расчет шахтных колодцев заключается в определении их диаметров и числа по заданному расходу и в проверке дебита колодца при намеченном диаметре и допустимой (или желательной) глубине понижения уровня воды.

Слой воды в колодце должен быть не менее 1…2м. Шахтные колодцы могут быть железобетонные, бетонные, каменные деревянные. В колодцах необходимо устраивать вентиляционную трубу, выведенную выше поверхности трубы не менее чем на 2 метра. Отверстия вентиляционной трубы должны защищаться колпаком с сеткой.

В ряде случаев внутри шахтного колодца может располагаться насосная станция 1 подъема.

методы увеличения дебита шахтных колодцев

Путем различных конструктивных изменений можно добиться увеличения дебита шахтных колодцев и иногда весьма значительных. Различают следующие приемы увеличения дебита:

1) увеличение водоприемной части шахтного колодца. Для этого разрабатывают грунт как для шахтных колодцев и засыпают в образующуюся выемку крупнозернистую смесь.

Площадь контакта шахтного колодца с водоносным пластом увеличивается, следовательно, увеличивается и количество воды, поступающей в колодцы. Состав

зернистой смеси подбирается в зависимости от гранулометрического состава грунта водоносного пласта.

2) выше статического горизонта устраивается специальная воздухонепроницаемая перегородка. После включения насоса уровень воды снизится, под щитом образуется вакуум, что способствует дополнительному притоку воды в колодец. Это вакуум-колодец.

3) устройство в шахтных колодцах трубчатых колодцев. Если водоносный пласт располагается ниже пласта, питающего шахтный колодец, то он может быть использован для увеличения дебита скважины. Для этого из нижнего горизонта в шахтный колодец с помощью трубчатого колодца подается вода. Это можно делать только тогда, когда отметка статического горизонта пласта выше соответствующей отметки пласта.

Горизонтальные водозаборы.

При малой глубине водоносного пласта (до 5…8 м.) и относительно небольшой его мощности применяют горизонтальные водоводы. Они представляют собой дренажи или водосборные галереи, уложенные в толще водоносного пласта. Чаще всего их располагают по линии, перпендикулярной направлению движения грунтового потока (инфильтрационного или подземного). Отобранная из водоносного пласта дренажами и галереями вода самотеком поступает в водосборный колодец, откуда насосами подается на очистные сооружения или в сеть. В общем случае горизонтальные водозаборы состоят из водоприемной части (дрены, галереи или штольни) водопроводной части водосборного колодца, смотровых и вентиляционных колодцев.

В зависимости от устройства водоприемной части горизонтальные водозаборы подразделяются на траншейные (каменно-щебенчатые, трубчатые и галерейные); штольневые (галерейные и штольневые).

Каменно-щебенчатые водозаборы используются для систем временного водоснабжения, при глубине заложения грунтовых вод 2…3 м. Трубчатые водозаборы надлежит проектировать на глубине до 5…8 м для водозаборов II-й и III-й категории. Для водозаборов I-й и II-й категории должны приниматься водозаборные галереи.

Траншейные горизонтальные водозаборы устраивают открытым способом при залегании водоносного горизонта на глубине до 8 м. При больших глубинах залегания водоносного пласта устраивают штольневые горизонтальные водозаборы.

Для приема воды в траншейных водозаборах применяются следующие конструкции: каменно-щебенчатые, представляющие собой водоприемные и водоотводящие устройства из камня и щебня крупностью 0,3….0,5 м с обсыпкой в 2-3 слоя хорошо фильтрующим материалом; трубчатые, в которых водоприемная и водоотводная части выполнены из труб; галерейные- круглые, овоидальные или прямоугольные.

Механический состав отдельных слоев обратного фильтра следует определять расчетом. Толщина отдельных слоев фильтра должна быть не менее 0,15 м.

Для водозабора в виде каменно-щебенчатой дрены забор воды следует предусматривать через щебеночную призму размером 30×30 или 50×50 см, уложенную на дно траншеи, с устройством обратного фильтра.

Каменно–щебенчатую дрену надлежит принимать с уклоном 0,01-0,05 в сторону водосборного колодца.

Водоприемную часть водозаборов из трубчатых дрен следует принимать из керамических, асбестоцементных, железобетонных и пластмассовых труб с круглыми или щелевыми отверстиями с боков и в верхней части трубы; нижняя часть трубы (не более 1/3 по высоте) должна быть без отверстий.

Минимальный диаметр труб 150 мм. Применение металлических перфорированных труб допускается при обосновании.

Скорость течения вода в трубах в сторону водосборного колодца, должна быть не менее 0,7 м/с. Уклоны труб в сторону водосборного колодца следует принимать в соответствии с требованиями п. 5.40 СНиП 2.04.02-84*.

В галерейных водозаборах водоприемную и водозаборную часть совмещают в самой галерее. Галереи надлежит принимать из сборного железобетона с щелевыми

отверстиями или окнами с козырьками. Они имеют специальные водоприемные отверстия для забора подземных вод и лотковую часть для ее транспортирования к водосборному колодцу. Под железобетонными звеньями галереи предусматривается основание, предупреждающее просадку, с боков галереи в пределах ее водоприемной части устраивается обратный фильтр. Размеры галереи принимаются такими, чтобы по ним мог проходить обслуживающий персонал.

Каменно-щебеночные, трубчатые и галерейные водозаборы устраивают открытым способом (разработка траншеи, монтаж конструкции водоприемной и водосборной части и последующая засыпка траншеи). При этом пласты пород восстанавливают в той последовательности и той же толщины, что и разработки траншеи. Для защиты водозаборов от загрязнения поверхностными водами, которые могут легко попадать через нарушенные при устройстве траншеи породы, в верхней части траншеи устраивают глинистый экран (замок), а поверхность траншеи планируют так, чтобы был обеспечен сток поверхностных вод.

Лучевые водозаборы.

Лучевые водозаборы – разновидность горизонтальных – состоят из системы горизонтальных лучей-скважин, радиально присоединенных к сборному шахтному колодцу. Лучевые водозаборы надлежит предусматривать в водоносных пластах, кровля которых расположена от поверхности земли на глубине не более 15…20 м, и мощность водоносного пласта не превышает 20 м. Лучевые водозаборы в галечниковых грунтах при крупности фракции D_{60}≥70 мм, при наличии в водоносных породах включений валунов в количестве более 10% и в илистых мелкозернистых породах принимать не рекомендуется.

Лучевые водозаборы во многих случаях выгоднее трубчатых и шахтных колодцев, т.к. для их сооружения нужна незначительная территория, а, следовательно, и территория зон санитарной охраны, все оборудование и средства контроля сосредоточены в одном сооружении, а насосы устанавливаются большой производительности.

В зависимости от условий питания и расположения на местности лучевые водозаборы подразделяются на русловые, подрусловые, береговые, междуречные, берегорусловые, водораздельные.

По конструкции лучевые водозаборы бывают основного типа с шахтой большего диаметра (3 - 6 м) и горизонтальными фильтровыми лучами большой длины (20 м и более) и большого диаметра (более 100 мм); и особого типа - водозаборы с шахтой небольшого диаметра, короткими лучами, восходящими, нисходящими лучами, с вертикальными лучами с фильтрующим дном или окнами стенок водосборной шахты.

По количеству ярусов водоприемных скважин-лучей лучевые водозаборы делят на одноярусные с фильтровыми лучами, расположенными в одной плоскости (на одной глубине от поверхности земли), и многоярусные - с лучами, расположенными в нескольких плоскостях.

Лучевые водозаборы состоят из двух основных элементов -горизонтальных скважин лучей, через которые из водоносного пласта поступает вода, и водосборного колодца шахты, предназначенного для размещения оборудования и производства работ по прокладке (продавливанию) скважин-лучей, сбора поступающей из них воды, размещения насосного оборудования, а также для установки арматуры и аппаратуры по эксплуатации водозабора.

Водосборный колодец при производительности водозабора до 150...200 л/с и в благоприятных гидрогеологических и гидрохимических условиях следует предусматривать односекционным; при производительности водозабора свыше 200 л/с водосборный колодец должен быть разделен на 2 секции.

Шахты сооружают открытым, опускным или кессонными способами, а также способом секущих свай. В практике строительства чаще всего применяют способ опускного колодца.

Фильтровые горизонтальные лучи-скважины лучевых водозаборов устраивают закрытым способом - продавливанием лучей из шахты в водоносный пласт. Для

уменьшения усилия, требуемого для продавливания, этот процесс часто выполняют с применением вибробурения, шнекового и гидравлического бурения.

Фильтровые лучи - скважины устраивают из стальных дырчатых или щелевых труб диаметром 50...400 мм, длиной 5...100 м. При длине луча более 60 м его следует устраивать телескопическим с уменьшением диаметра по мере удаления от сборного колодца. Участок луча непосредственно примыкающий к колодцу, следует устраивать глухим, без перегородок. Для продавливания обычно применяют стальные трубы с толщиной стенок 8-12 мм, а фильтровые трубы могут быть и меньшей толщины, их скважность для сохранения прочности должна быть более 20%.

При длине лучей меньше 30 м в однородных водоносных пластах угол между лучами должен быть не менее 30^0. Располагать лучи-скважины следует на глубине 0,5 м в напорном пласте и 0,3-0,4 м – в безнапорном.

Каждый луч в колодце должен быть оборудован задвижкой. Дно шахты должно быть на 1-2 м ниже отметки устья лучей. Диаметр шахты обычно 3-6 метров при небольшой мощности водоносного пласта она пересекает его полностью и заглубляется на 0,5-1 м в водоупор.