

А.Д. ГУРИНОВИЧ

**СИСТЕМЫ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ
С ВОДОЗАБОРНЫМИ СКВАЖИНАМИ**
ПЛАНИРОВАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ,
СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ

Минск
УП «Технопринт»

УДК 628.1.001.24(083.75)

Системы питьевого водоснабжения с водозаборными скважинами

/ А.Д. Гуринович – Мн.: «ТЕХНОПРИНТ», — 305 с. – ISBN 985-464-021-3

В книге приведен анализ существующего положения с обеспечением водой из подземных источников. Рассмотрены основные причины и проблемы, обуславливающие нерациональное использование, дефицит и несоответствие требованиям нормативов качества питьевых вод. Предложены методология и принципы программно-целевого планирования решения поставленных проблем в разрезе регионов и поселений.

Приведены основные задачи организационного, технического, экономического и правового характера в целостной системе водоснабжения: ВОДОИСТОЧНИК – ВОДОЗАБОР – ВОДОПОДГОТОВКА – ПОДАЧА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДЫ – ЛОКАЛЬНАЯ ОЧИСТКА – ПОТРЕБИТЕЛЬ с учетом рационального использования воды и защиты от загрязнения и истощения водоисточников.

Представлена методика выбора рациональной схемы скважинных водозаборов, обеспечивающая решение в комплексе технологических, геофильтрационных, гидравлических и экономических задач для эффективного использования капитальных вложений при проектировании, строительстве, наладке и эксплуатации скважинных водозаборов с использованием имитационного компьютерного моделирования систем водоснабжения с скважинными водозаборами, позволяющая оптимизировать параметры и режимы работы оборудования и определить способы интенсификации.

Освещены результаты исследований стационарных и переходных режимов работы различных технологических схем водоподъема из скважин, представлены конструкции запорно-регулирующих устройств, обеспечивающие устойчивую работу водозаборных скважин и погружных насосов.

Рассмотрены конструкции фильтров водозаборных скважин из полимерных и металлополимерных материалов, обладающих низкими гидравлическими сопротивлениями.

Большое внимание уделено технологиям и установкам диагностики фильтров водозаборных скважин с использованием гидродинамических и телевизионных методов исследований, а также технического обслуживания и ремонта фильтров водозаборных скважин импульсными и реагентными методами регенерации фильтров, дезинфекции скважин хлорсодержащими реагентами водозаборных скважин.

Рассмотрены технологические схемы и конструкции установок обезжелезивания подземных вод, позволяющие повысить эффективность удаления железа из подземных вод и снизить капитальные и эксплуатационные

Предназначена для инженерно-технических работников предприятий, занимающихся вопросами водоснабжения, специалистов проектных и научно-исследовательских институтов, аспирантов и студентов старших курсов технических высших учебных заведений.

Табл. 20 Рис. 19 Библиогр.: 93 назв.

Рецензенты:

Член-корреспондент НАН Беларуси, доктор химических наук Ратько А.И,
доктор технических наук, профессор Михневич Э.И.,
доктор медицинских наук Амвросьева Т.В.

ISBN 985-464-021-3

© А.Д. Гуринович
© УП «Технопринт»,

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ...

- 1 СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ
 - 1.1 Проблемы питьевого водоснабжения
 - 1.1.1 Краткий анализ состояния систем питьевого водоснабжения из подземных источников
 - 1.1.2 Нормативная техническая документация
 - 1.1.3 Нормативы качества питьевой воды
 - 1.2. Программно-целевое планирование развития систем питьевого водоснабжения из подземных источников
 - 1.2.1. Общая постановка задач
 - 1.2.2. Методические принципы построения программы
 - 1.2.3. Прогнозные и целевые показатели программы
 - 1.2.4. Эффективность программы
 - 1.3 Концепция разработки целевой комплексной программы реконструкции и перспективного развития водного хозяйства конкретных поселений
 - 1.3.1 Оценка водных ресурсов
 - 1.3.2. Охрана водных ресурсов от нерационального использования, истощения и загрязнения
 - 1.3.3. Повышение эффективности инженерных систем водоснабжения и водоотведения города
 - 1.3.4. Разработка мероприятий, определение объемов основных работ, капиталовложений и эффективности
 - 1.3.5. Способ реализации результатов
2. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ
 - 2.1. Общие требования к проектированию, строительству и реконструкции централизованных и нецентрализованных систем питьевого водоснабжения
 - 2.2 Системы и схемы питьевого водоснабжения
 - 2.2.1 Классификация систем водоснабжения
 - 2.2.2 Категории систем водоснабжения
 - 2.3. Выбор схемы и системы питьевого водоснабжения из подземных источников
 - 2.4 Водопотребление
 - 2.4.1 Проектные нормы водопотребления на питьевые и хозяйственные нужды
 - 2.4.2 Проектные нормы водопотребления предприятиями на питьевые и хозяйственные нужды
 - 2.4.3 Проектные нормы водопотребления для животных
 - 2.4.4 Режимы водопотребления
 - 2.5. Расчетные расходы воды

- 2.5.1. Суточные расчетные расходы воды
- 2.5.2. Часовые расходы воды
- 2.5.3. Расходы воды на производственные, питьевые и хозяйственные нужды предприятий водоснабжения и неизбежные потери воды
- 2.5.4. Требуемое давление
- 2.6. Месторождения подземных вод
- 2.7. Водозаборы подземных вод
- 2.8. Сооружения водоподготовки
- 2.8.1. Предварительная очистка. Коагулирование, флокулирование, отстаивание и осветление воды в слое взвешенного осадка
- 2.8.2. Фильтрация воды
- 2.8.3. Аэрация и дегазация воды
- 2.8.4. Обезжелезивание и обезмарганцевание
- 2.8.5. Стабилизационная обработка воды
- 2.8.6. Умягчение воды
- 2.8.7. Удаление веществ, придающих воде запах и привкус
- 2.8.8. Удаление из воды аммонийных соединений
- 2.8.9. Обеззараживание питьевой воды
- 2.9. Электропотребление, электрооборудование систем питьевого водоснабжения
- 2.9.1. Основные положения
- 2.9.2. Электроснабжение водозаборных сооружений
- 2.9.3. Электроснабжение насосных станций
- 2.10. Строительство систем питьевого водоснабжения
- 2.11. Общие требования к эксплуатации систем централизованного питьевого водоснабжения
- 2.11.1. Эксплуатация головных сооружений
- 2.11.2. Эксплуатация установок хлорирования
- 2.11.3. Эксплуатация озонаторных установок
- 2.11.4. Эксплуатация трубопроводной сети
- 3 СОСТАВ И СХЕМЫ СКВАЖИННЫХ ВОДОЗАБОРОВ**
- 3.1. Условия выбора состава сооружений скважинного водозабора
- 3.2. Основные элементы скважинного водозабора
- 3.3. Схемы скважинных водозаборов
- 4. ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕКОНСТРУКЦИИ СКВАЖИННЫХ ВОДОЗАБОРОВ**
- 4.1. Задачи и основные требования к проектированию
- 4.2. Условия выбора подземных вод в качестве источника водоснабжения для проектирования скважинных водозаборов
- 4.3. Проектирование резерва подачи воды.
- 4.4. Стадии и этапы проектирования скважинных водозаборов
- 4.4.1. Общие положения
- 4.4.2. Оценка запасов подземных
- 4.4.3. Геофизические исследования
- 4.4.4. Этапы проектирования
- 4.5. Особенности проектирования и сооружения водозаборных скважин
- 4.6. Исходно-разрешительная документация

- 4.6.1. Порядок представления и состав исходных данных
- 4.6.2. Исходные данные для проектирования водозаборных скважин
- 4.6.3. Исходные данные для проектирования зон санитарной охраны источников водоснабжения
- 4.6.4. Исходные данные для разработки проектов по реконструкции и капитальному ремонту эксплуатационных скважин
- 4.6.5. Исходные данные для разработки проектов на санитарно-техническую ликвидацию (тампонаж) скважин
- 5. **СОСТАВ И СОГЛАСОВАНИЕ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ**
 - 5.1. Определение состава, порядка разработки и согласования проектной документации
 - 5.2. Содержание проекта водозаборной скважины
 - 5.3. Содержание проекта зон санитарной охраны источника водоснабжения
 - 5.4. Содержание разделов проекта реконструкции и капитального ремонта водозаборной эксплуатационной скважины
 - 5.5. Содержание разделов проекта ликвидационного тампонажа скважины
- 6. **КОНСТРУКЦИИ И МЕТОДЫ БУРЕНИЯ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН**
 - 6.1. Конструкция водозаборной скважины
 - 6.2. Выбор способов бурения при проектировании водозаборных скважин
 - 6.3. Водоприемная часть скважины
 - 6.3.1. Бесфильтровые скважины
 - 6.3.2. Фильтровые скважины
 - 6.3.3. Конструкции фильтров водозаборных скважин
 - 6.3.4. Подбор и расчет фильтров
 - 6.4. Обустройство скважины
- 7. **ВОДОПОДЪЕМНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН**
 - 7.1. Технические и экономические аспекты определения параметров погружных насосов
 - 7.2. Методика выбора погружных электронасосов для водозаборных скважин
 - 7.3. Технологические схемы оборудования скважин погружными насосами с устройствами беструбной подвески
 - 7.4. Защита погружных насосов от пескования водозаборных скважин
- 8. **ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ СКВАЖИННЫХ ВОДОЗАБОРОВ**
 - 8.1. Условия выбора рациональной схемы водозабора на различных стадиях его разведки и этапах эксплуатации
 - 8.2. Математическая модель водозабора
 - 8.3. Выбор рациональной схемы водозабора

- 8.3.1 Экономические критерии выбора
- 8.3.2 Определение допустимых понижений уровня воды
- 8.3.3 Определение максимально возможного водоотбора из одной точки
- 8.3.4 Выбор рациональной схемы водозабора для линейного ряда скважин
- 8.3.5 Выбор рациональной схемы водозабора для кольцевой схемы расположения скважин
- 8.3.6 Выбор рациональной схемы водозабора для площадной и произвольной схемы расположения скважин
- 8.3.7 Определение оптимальных диаметров сборных водоводов
- 8.3.8 Выбор места расположения головных сооружений водозабора для линейного ряда скважин
- 8.4 Методика поэтапного развития скважинного водозабора
- 8.5. Технология наладки и интенсификации скважинных водозаборов
 - 8.5.1. Задачи и методика производства работ
 - 8.5.2. Система автоматизированной обработки и анализа материалов обследования водозабора
 - 8.5.3. Имитационное моделирование при решении задач оптимизации режимов и параметров скважинных водозаборов
 - 8.5.4. Оптимизация уровня режима запасно-регулирующего резервуара
 - 8.5.5. Методика анализа и разработки наладочных мероприятий
- 9 **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УСТАНОВОК
ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЕ И ДЕМАНГАЦИЯ ВОДЫ В ВО-
ДОНОСНОМ ПЛАСТЕ
ЛИТЕРАТУРА
ПРИЛОЖЕНИЯ**

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Аварийное водоснабжение – ограниченное обеспечение водой в случаях повреждения или выхода из строя отдельных элементов и сооружений систем водоснабжения.

Аэрация – искусственное насыщение различных сред воздухом для введения кислорода.

Бесперебойность системы питьевого водоснабжения – обеспечение потребителей достаточным количеством и давлением питьевой воды в соответствии с установленными нормативами.

Буримость – способность горной породы сопротивляться проникновению в нее породоразрушающего инструмента при бурении.

Бурение скважины, бурение (проходка или проводка скважины) – выполнение комплекса операций, в результате которых в земной коре создается скважина.

Вид бурения – разновидность практического применения различных способов бурения; виды бурения различают в зависимости от типа вращателя (роторное, турбинное, электробуром), типа породоразрушающего инструмента (твердосплавное, дробовое, алмазное, шарошечное), расположения привода (бурение поверхностными машинами, бурение забойными машинами) и способа удаления разрушенной породы (бурение с промывкой, продувкой и без промывки).

Выход колонны – максимальная длина обсадной колонны, закрепляющая открытый ствол скважины или часть колонны обсадных труб, выходящая из-под башмака предыдущей колонны.

Забой скважины – поверхность донной части скважины, образующаяся в результате воздействия породоразрушающего инструмента на горную породу.

Вода питьевая (вода питьевого качества) – вода, которая по органолептическим свойствам, микробиологическому и химическому составу соответствует действующим санитарным нормам и правилам и безопасна для жизни и здоровья человека.

Вода подземная – вода, находящаяся ниже уровня земной поверхности в толщах горных пород земной коры во всех физических состояниях.

Водозаборная скважина – цилиндрическая выработка в горных породах, имеющая малые поперечные размеры по сравнению с глубиной, с инженерным обустройством для забора воды из водоносных горизонтов (пластов).

Водопроводная сеть – система трубопроводов и сооружений на них для подачи воды к местам ее потребления.

Водопроводная станция – эксплуатационная единица, которая может состоять из сооружений и установок для забора, подготовки, подачи и аккумуляции воды.

Водоснабжение питьевое – производственная деятельность, направленная на обеспечение потребностей физических и юридических лиц в питьевой воде.

Водозабор – комплекс инженерных сооружений и оборудования для забора воды из поверхностного или подземного источника водоснабжения.

Водовод – трубопровод между водопроводной станцией водопроводной сети.

Водоносный горизонт (пласт) – водопроницаемый пласт горной породы, насыщенный водой.

Гидравлический удар – резкое изменение давления в напорном трубопроводе, вызванное изменением скорости потока.

Дебит скважины (производительность скважины) – количество воды, выдаваемое скважиной при откачке или самоизливе в единицу времени при установившемся постоянном динамическом уровне.

Дезинфекция – комплекс мер по уничтожению возбудителей инфекционных болезней человека и животных во внешней среде физическими, химическими и биологическими методами.

Дегазация – удаление из воды растворенных газов.

Забуривание скважины, (забурка) – комплекс операций, выполняемых в начальный период бурения скважины. При этом особое внимание уделяется строгому соблюдению заданного направления скважины в верхней малоустойчивой зоне коры выветривания.

Заложение скважины – установление на местности точки заложения скважины по заданным координатам.

Загрязнение вод (водных объектов) – поступление в водный объект загрязняющих механических, химических, биологических веществ и тепла, нарушающих природный состав и свойства воды.

Загрязнение вод (водных объектов) – поступление в водный объект загрязняющих веществ, микроорганизмов и тепла, нарушающих природный состав и свойства воды.

Зона санитарной охраны – территория и акватория, на которых устанавливается особый санитарно-противоэпидемиологический режим для предотвращения ухудшения качества воды источников питьевого водоснабжения и охраны водопроводных сооружений.

Источник питьевого водоснабжения – водный объект (водоем, водоток, водоносный горизонт), воды которого используются для питьевого водоснабжения после соответствующей обработки или без нее

Инклинометрия – операция, проводимая с целью определения положения оси скважины и контроля за сохранением заданного направления ее в пространстве.

Испытание обсадной колонны – проверка колонны обсадных труб на прочность и герметичность, включающая испытание на внутреннее давление (путем опорожнения скважины).

Кавернометрия – операция, проводимая с целью измерения диаметра скважины и контроля за его изменением при бурении.

Каротаж – комплекс геофизических исследований, основанных на изучении физических свойств горных пород, слагающих стенки скважины.

Кондуктор – обсадная колонна, спускаемая в скважину после направляющей трубы для закрепления стенок скважины в зонах неустойчивых пород и сохранения направления ее ствола.

Конструкция водозаборной скважины – схема устройства скважины, в которой указываются изменения диаметра последней с глубиной, а также диаметры и длины колонн обсадных труб и фильтровых колонн.

Крепление скважины – операции по закреплению слабых неустойчивых и трещиноватых горных пород, слагающих стенки скважины с целью обеспечения их устойчивости, а также предупреждения и устранения других осложнений в скважине. Крепление скважин осуществляется трубами, глинистым раствором, электрохимическим и другими способами.

Коагуляция – процесс сцепления и укрупнения частиц дисперсной фазы, инициируемый введением в воду определенных химикатов.

Кольматация – процесс зарастания фильтрующих сред отложениями биологического, химического и физического происхождения.

Медленный фильтр – с фильтрующей загрузкой из песка и гравия или из другого материала, работающий со скоростью фильтрования от 0,05 до 0,25 м/ч.

Многослойный фильтр – скорый фильтр со слоями фильтрующих материалов, плотность и размер зерен которых расположены от крупной к мелкой фракции.

Микрофильтрование – отделение из воды твердых веществ при прохождении через сита с размером ячеек $< 0,05$ мм.

Нецентрализованная система питьевого водоснабжения – комплекс сооружений и устройств для обеспечения питьевой водой отдельных групп или одиночных ее потребителей.

Нормативы качества питьевой воды (нормативные требования) – совокупность установленных санитарными правилами и нормами Республики Беларусь допустимых показателей химического и микробиологического (биологического) состава и органолептических свойств воды, гарантирующих ее безопасность для здоровья человека.

Нормы питьевого водопотребления – количество питьевой воды, необходимое для удовлетворения (обеспечения) физиологических и бытовых потребностей одного человека в течение суток в конкретном поселении, отдельном объекте или транспортном средстве при нормальном функционировании систем питьевого водоснабжения или чрезвычайных ситуациях.

Обеззараживание воды – комплекс мер по уничтожению в воде возбудителей инфекционных заболеваний химическими и физическими способами.

Озонирование – добавление в воду озона преимущественно для окисления ингредиентов и для дезинфекции воды.

Объединенные системы водоснабжения – системы, обеспечивающие питьевые и хозяйственно-бытовые нужды населения и (или) производственные нужды, а также нужды пожаротушения.

Налив – вид опытных гидрогеологических работ, служащих для определения водопроницаемости горных пород; осуществляется путем заливки воды в скважину.

Обсадная колонна – колонна соединенных между собой обсадных труб, служащая для крепления стенок скважины.

Опорная скважина – скважина, данные по которой могут быть использованы для проектирования скважинных водозаборов.

Опробование водозаборной скважины – гидрогеологические исследования, заключающиеся в определении дебита скважины, положения уровней подземных вод (статического, пьезометрического и динамического), понижения, в отборе проб для определения качества воды и др.

Освоение водозаборной скважины – комплекс специальных работ по оборудованию водоприемной части скважины и восстановлению водопроницаемости прифилтровой зоны водоносного пласта и фильтра с целью получения наиболее эффективных гидрогеологических и гидравлических параметров скважины

Откачка – вид опытных гидрогеологических работ, служащих для определения гидрогеологических параметров (дебита, удельного дебита, коэффициента фильтрации, радиуса влияния и др.) водоносного горизонта. Откачка жидкости производится насосом или эрлифтом. В зависимости от степени детальности проводимых работ откачки могут быть опытные пробные и предварительные.

Параметры режима бурения – факторы, влияющие на показатели бурения, задаваемые, изменяемые и поддерживаемые буровым рабочим или автоматом в процессе углубления скважины: осевая нагрузка, число оборотов бурового снаряда и расход промывочной жидкости или газа при вращательном бурении; число ударов, высота сбрасывания и угол поворота долота при ударном бурении; амплитуда и частота колебаний и возмущающая сила при вибрационном бурении и другие (в зависимости от способов бурения).

Поверхностные воды – воды, расположенные на поверхности суши в виде различных водных объектов.

Подготовка (водоподготовка) питьевой воды – технологический процесс обработки воды для придания ей состава и свойств, отвечающих установленным нормативам качества питьевой воды.

Потребность в питьевой воде – значение необходимого в определенный период объема питьевой воды из системы питьевого водоснабжения.

Понижение или повышение уровня – создание разности высотных отметок статического, динамического и пьезометрического уровня.

Потайная колонна – обсадная колонна. Спускаемая в скважину без выхода ее верхнего конца на поверхность.

Проработка скважины, проработка – калибровка стенок скважины породоразрушающим инструментом для придания ей заданного диаметра.

Промежуточная колонна (техническая колонна) – обсадная колонна, спускаемая в скважину после кондуктора для устранения различных геологических осложнений, возникающих при углубке скважины.

Разбуривание скважины – увеличение диаметра пробуренной скважины или отдельного ее интервала.

Разведочные скважины – скважины, которые предназначены для установления глубины, мощности, литологического состава и условий залегания перспективного водоносного горизонта (комплекса); определения фильтрационных и емкостных свойств водовмещающих пород и качества подземных вод. Конструкции разведочных скважин облегченные и сравнительно небольшого диаметра. Бурятся с таким расчетом, чтобы при необходимости можно было извлечь обсадные трубы и фильтры.

Разведочно-эксплуатационные скважины – скважины, предназначенные для установления гидрогеологических и гидрохимических особенностей разреза, выполнения опытно-фильтрационных работ. Конструкции разведочно-эксплуатационных скважин рассчитываются на возможность перевода их в эксплуатационные.

Расширитель – породоразрушающий инструмент, служащий для расширения или калибровки стенок скважины; в зависимости от способа разрушения горных пород и вида истирающего материала различают шарошечные, алмазные и другие расширители.

Резистивиметрия – операция, проводимая с целью измерения удельного электрического сопротивления промывочной жидкости в скважине.

Свабирование – способ откачки жидкости из скважины с помощью сваба (поршня).

Система питьевого водоснабжения – комплекс устройств и сооружений для забора, подготовки (без подготовки), аккумулирования (хранения), подачи и распределения питьевой воды к местам потребления

Сооружение скважины (строительство скважины) – выполнение комплекса работ по подготовке к бурению, бурению и поддержанию скважины в устойчивом состоянии, а также проведению в ней необходимых исследований; сооружение скважины заканчивается закрытием, ликвидацией, консервацией или сдачей ее в эксплуатацию.

Способ бурения – характер воздействия породоразрушающего инструмента на горную породу с целью ее разрушения при бурении скважины; различают вращательный, ударный, ударно-вращательный, ударно-дробовой, вибрационный, гидромониторный, термический, электрогидравлический, взрывной, ультразвуковой и другие способы бурения.

Схемы водоснабжения – изображение сооружений или отдельных установок, увязанное с размещением потребителей воды, а также технологическими процессами, обеспечивающих забор, очистку, транспортировку, хранение и распределение воды по территории объектов.

Скважинный водозабор – сооружение для забора подземных вод одной и более скважинами с водоподъемным оборудованием, павильонами и системой подающих трубопроводов.

Сырая вода – вода до ее подготовки.

Скорый фильтр – с фильтрующей загрузкой из песка и гравия или из другого материала, работающий со скоростью фильтрования 5 и более м/ч.

Седиментация – осаждение из воды механических веществ посредством силы тяжести.

Сухой фильтр – скорый фильтр, в котором фильтрующая загрузка в процессе работы одновременно обтекается водой и воздухом.

Скорость фильтрования – отношение объемного потока фильтрата к поверхности фильтрования.

Стабилизационная обработка воды – устранение свойств воды, обусловленных ее составом, приводящих к отложению солей на поверхности трубопроводов и оборудования либо к растворению материала трубопроводов и оборудования.

Умягчение воды – уменьшение концентрации ионов кальция и магния в воде до количественных показателей, требуемых потребителем.

Флотация – процесс выделения из воды частиц дисперсной фазы, основанный на слиянии и укрупнении частиц примесей с пузырьками диспергированного в воде воздуха (газа) и последующем всплывании образующихся агрегатов.

Фильтрация – движение жидкости или газа сквозь пористую среду.

Фильтрование воды – удаление из воды веществ при прохождении через зернистые или пористые материалы.

Фильтр водозаборной скважины – элемент скважины для отбора воды из рыхлых и неустойчивых полускальных и скальных пород водоносных горизонтов.

Централизованная система питьевого водоснабжения – комплекс инженерных устройств и сооружений для обеспечения питьевой водой всей совокупности потребителей.

Хлорирование – введение в воду хлора в форме хлорного газа или других хлорсодержащих реагентов для обеззараживания воды.

Удельная производительность скважины – дебит скважины, соответствующий понижению уровня на один метр.

Уровень воды – высота поверхности воды, отсчитываемая относительно некоторой постоянной плоскости сравнения, определяемая в метрах.

Уровень динамический – уровень подземных вод, снизившийся вследствие откачки или повысившийся в результате нагнетания воды в водоносный горизонт.

Уровень пьезометрический – уровень подземных вод, устанавливающийся выше кровли водоносного горизонта (пласта) при вскрытии напорных вод в скважинах.

Уровень статический – естественный, не нарушенный откачкой или нагнетанием уровень безнапорных подземных вод.

Уровнемер – прибор для определения уровня жидкости в скважине.

Шлам – частицы горной породы и истирающего материала, образующиеся в результате разрушения их при бурении.

Эксплуатационные скважины – скважины, принятые в эксплуатацию.

Эксплуатационная колонна – обсадная колонна, применяемая для оборудования скважины с целью добычи жидкого полезного ископаемого или газа.

Элементы системы питьевого водоснабжения – отдельные устройства и сооружения для забора, подготовки (без подготовки), аккумулирования (хранения), подачи и распределения воды.

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение населения качественной питьевой водой является приоритетной социальной проблемой любой страны, решение которой направлено на достижение главной цели – улучшения и сохранения здоровья населения и в целом – безопасности нации.

Для повышения эффективности систем питьевого водоснабжения необходимо комплексное решение задач организационного, технического, экономического и правового характера в целостной системе ВОДОИСТОЧНИК – ВОДОЗАБОР – ВОДОПОДГОТОВКА – ПОДАЧА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДЫ с учетом рационального использования воды и защиты от загрязнения и истощения водоисточников.

Полное достижение целей бесперебойного обеспечения населения качественной питьевой водой и потребностей страны с учетом реального экономического положения должно быть предусмотрено в национальных средне- и долгосрочных целевых комплексных программах перспективного развития систем водоснабжения городов и регионов.

В решении общих проблем питьевого водоснабжения важную роль играют задачи оптимального проектирования, строительства и эксплуатации систем питьевого водоснабжения из подземных источников и их элементов. Они должны иметь комплексные решения гидрогеологических задач по оценке эксплуатационных запасов подземных вод, технологических и технико-экономических задач водоснабжения, а также задач защиты подземных вод от истощения и загрязнения.

Как правило, проектирование скважинных водозаборов производилось без достаточного технико-экономического обоснования схемы водозабора (количество скважин, расстояние между ними, плановое расположение), без учета технических факторов (конструкции скважины и фильтра, технологий бурения, параметров и режимов работы водоподъемного оборудования), без учета ограничений, которые накладываются на схему водозабора в конкретных условиях (экологические ограничения, лесопосадки, дороги, населенные пункты, газопровод и др.).

Этим объясняется тот факт, что производительность действующих водозаборов по отношению к паспортным данным составляет по коммунальным водозаборным скважинам в среднем 60–70%. В сельских и ведомственных водозаборах этот процент составляет порядка 25–35 процентов. В то же время процент использования утвержденных запасов на водозаборах составляет порядка 50 %.

Эффективность водозаборных сооружений определяется в первую очередь их техническими аспектами от технологии вскрытия водоносного пласта до системы водоподъема. Между элементами водозабора, их конструкциями, технологиями сооружения и эксплуатации существует тесная взаимосвязь, которую необходимо учитывать при разработке нового или модернизации отдельного элемента в системе: водоносный пласт (параметры) – технология бурения (буровые агрегаты и инструмент) – конструкция скважины (обсадные трубы, фильтры) – водоподъемное оборудование (водоподъемные трубы, погружные насосы, технологии водоподъема, запорно-регулирующая арматура, электрооборудование и автоматика). В рамках государственной научно-технической программы «Скважина» бывшего СССР в 1986 – 1992 гг. в данном направлении были развернуты с ведущими научными, проектно-конструкторскими и промышленными предприятиями крупномасштабные исследования и разработки, которые нашли свое продолжение в 1993 – 2001 гг. в Беларуси.

Конструкции скважин, используемые в практике водоснабжения, базируются в основном на применении стальных обсадных труб и гидравлически несовершенных проволочных или сетчатых фильтров на трубчатых (стальных) каркасах с щелевыми или круглыми отверстиями и отличаются низкой эффективностью и качеством и в зарубежной практике не используются уже более 40 лет.

С начала эксплуатации такие фильтры подвержены коррозии, происходит их механическая, химическая и биологическая кольматация, или скважины начинают песковать, что снижает их дебиты. Удельные дебиты таких водозаборных скважин ниже в 2–5 раз аналогичных скважин, сооружаемых за рубежом. В связи с чем была поставлена задача создать эффективные конструкции водозаборных скважин и фильтров.

Отсутствие научно обоснованных требований к параметрам и режимам работы погружных насосов, к оборудованию скважины соответствующей арматурой для обеспечения высокой надежности и эффективности эксплуатации системы в целом обусловило необходимость проведения комплексных исследований режимов работы водозаборных скважин и водоподъемного оборудования. Это явилось основой для определения перспективных параметров погружных насосов, разработки и создания эффективных технологий водоподъема из водозаборных скважин, запорно-регулирующей арматуры автоматического регулирования и защиты скважин от отрицательных последствий гидравлического удара.

Основное количество водозаборных скважин для питьевого водоснабжения была сооружена в странах СНГ период 1970–1991 гг., из которых

более половины скважин в настоящее время снизили свою производительность или не работают. Основная причина такого положения состоит в том, что собственники водозаборных скважин практически не уделяют внимание вопросам их технического обслуживания, ремонта и санации из-за отсутствия или недостатка соответствующих технических средств. Особо при этом следует отметить и исчезновение в последнее время специализированных служб, занимающихся этими работами. В связи с этим была поставлена задача исследовать процессы химического и бактериологического кольматажа фильтров водозаборных скважин и создать новые технологии и установки диагностики состояния скважин, регенерации фильтров и дезинфекции скважин.

Проблема улучшения качества питьевой воды является наиболее острой, особенно в отношении очистки подземных вод от соединений железа, содержание которого превышает нормативные в 5–10 и более раз.. Низкие темпы сооружения станций обезжелезивания в городах и поселках, обусловленные отсутствием средств и высокой стоимостью их строительства, выдвинули необходимость проведения исследований и разработок по модернизации и созданию новых конструкций установок, направленных на снижение капитальных затрат и интенсификацию процессов очистки.

В настоящей монографии обобщены результаты зарубежных и отечественных комплексных экспериментальных и теоретических исследований и разработок энергосберегающих технологий и конструкций водозаборных скважин, водоподъемного оборудования, методов выбора рациональных схем водозаборов, технологий и конструкций установок обезжелезивания подземных вод, техники и технологий диагностики и технического обслуживания скважин, которые выполнялись автором и в соавторстве, как научный руководитель НИОКР и аспирантов, при постановке задач, разработке методик, организации и выполнении исследований, анализе и обобщении результатов и внедрении в течение 1971–2002 гг. в научно-исследовательских институтах ЦНИИКИВР, ВНИИВОДГЕО (Москва), БелКТИГХ, БелНИИМИВХ, государственного концерна «Белводоканал», Белорусского национального технического университета.

1 СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1.1 Проблемы питьевого водоснабжения

1.1.1 Краткий анализ состояния систем питьевого водоснабжения из подземных источников

Для территорий многих стран СНГ характерна неравномерность распределения эксплуатационных ресурсов подземных вод, что вызывает определен-

ные сложности с обеспечением населения пресными подземными водами. На большинстве разведанных месторождений качество воды в естественных условиях не соответствует требованиям, предъявляемым к воде питьевого качества по содержанию железа, марганца, стабильного стронция, азотистых соединений и др. Также отмечаются признаки несоответствия качества в связи с техногенным загрязнением. Наиболее сложными условиями обеспечения потребности питьевыми подземными водами характеризуются крупные города /3, 4/.

Подземные воды характеризуются в основном благоприятными условиями формирования естественных ресурсов, обеспеченных инфильтрацией атмосферных осадков. По защищенности подземных вод от загрязнения основная часть месторождений являются защищенными, однако практически из их числа порядка 30-40% составляют не защищенные месторождения.

Опыт эксплуатации и материалы режимных наблюдений на эксплуатируемых месторождениях свидетельствует, что в большинстве случаев реальная схема фильтрации подземных вод не соответствует принятой при оценке эксплуатационных запасов и здесь возможен прирост эксплуатационных запасов при условии соблюдения экологических и технологических требований.

По данным официальной статистики, более 30% из числа опробованных подземных водоисточников не соответствует санитарным нормам, что приводит к ликвидации водозаборных скважин.

Одной из основных причин ухудшения качества подземных вод для питьевых целей является отсутствие или несоблюдение режима зон санитарной охраны (ЗСО) подземных источников водоснабжения, несоблюдения технологий изоляции водоносных пластов при бурении и др.

Еще более серьезное положение с качеством воды источников нецентрализованного водоснабжения. Степень бактериального загрязнения шахтных колодцев (бактерии группы кишечных палочек) достигает 100 и более ПДК, в большинстве случаев содержание нитритов и нитратов не соответствует гигиеническим нормативам.

В районах, загрязненных радионуклидами, проблема водоснабжения в сельской местности может усугубиться в связи с возможностью роста содержания стронция-90 в воде шахтных колодцев (глубиной до 5м).

Добыча подземных вод для централизованного водоснабжения городов и поселков, обслуживаемых коммунальным водным хозяйством, осуществляется как правило водозаборными скважинами.

В сельской местности большинство скважин не отвечает санитарно-техническим требованиям эксплуатации, около 40% находятся в нерабочем состоянии, специализированных служб по эксплуатации не имеется.

Многочисленные скважины, пробуренные для новых индивидуальных застроек не фиксируются в официальных системах учета.

Степень охвата приборным учетом подаваемой воды из скважин не превышает 15%, а в сельскохозяйственном водоснабжении этот показатель практически равен нулю.

Удельные дебиты водозаборных скважин ниже в 2–5 раза аналогичных скважин, сооружаемых за рубежом. С начала периода эксплуатации происходит механическая, химическая и биологическая кольятация фильтров или пескование скважин, что снижает в течение короткого периода их дебиты.

Коэффициент полезного действия системы СКВАЖИНА – НАСОС составляет в среднем в коммунальном хозяйстве 35–45%, а в сельском – менее 30%, что ведет к перерасходу электроэнергии на 15–20%.

Для бурения скважин применяются буровые агрегаты с устаревшими технологиями бурения.

Конструкции фильтров скважин, применяемые сегодня повсеместно, отличаются низкой эффективностью и качеством, чем объясняется их преждевременный выход из строя по причине кольятатажа или пескования.

В отдельных случаях из-за невыполнения работ по изоляции верхних проницаемых пластов скважины становятся источником загрязнения водоносных горизонтов.

Главной проблемой обеспечения населения водой требуемого качества является проблема водоподготовки.

Очистка подземных вод в основном сводится к удалению железа до 0,3 мг/л., несмотря на то, что в воде на ряде водозаборов наблюдается повышенное содержание аммиака, нитратов и других загрязнений.

Обеззараживание воды на водозаборах подземных вод практически не производится, что противоречит требованиям стандартов Всемирной организации здравоохранения.

Обеззараживание воды хлорированием не всегда уничтожает устойчивые к хлору вирусы (пример – эпидемии серозного менингита в Беларуси.) и в то же время ухудшает вкусовые качества воды и способствует образованию хлорорганических соединений, являющихся канцерогенами /5/.

В больших и средних городах применяется безбашенная схема подачи воды насосами в водопроводную сеть, которая является наиболее энергоемкой.

В малых городах и поселках, как правило, подача воды идет из водозаборных скважин в водопроводную сеть с водонапорными башнями.

Распределение воды по потребителям осуществляется непосредственно из сети и через повысительные насосы без соответствующего регулирования давления, что приводит к нерациональному расходованию воды у потребителя.

От 10 до 50 % очищенной и обеззараженной воды теряется из-за неисправных сетей и несовершенных водоразборных сантехнических приборов, из-за нерационального расходования воды в быту, на производстве, отсутствия регулирования давлений в сетях у потребителей, высокой аварийности на водопроводных сетях (рис.1.1).

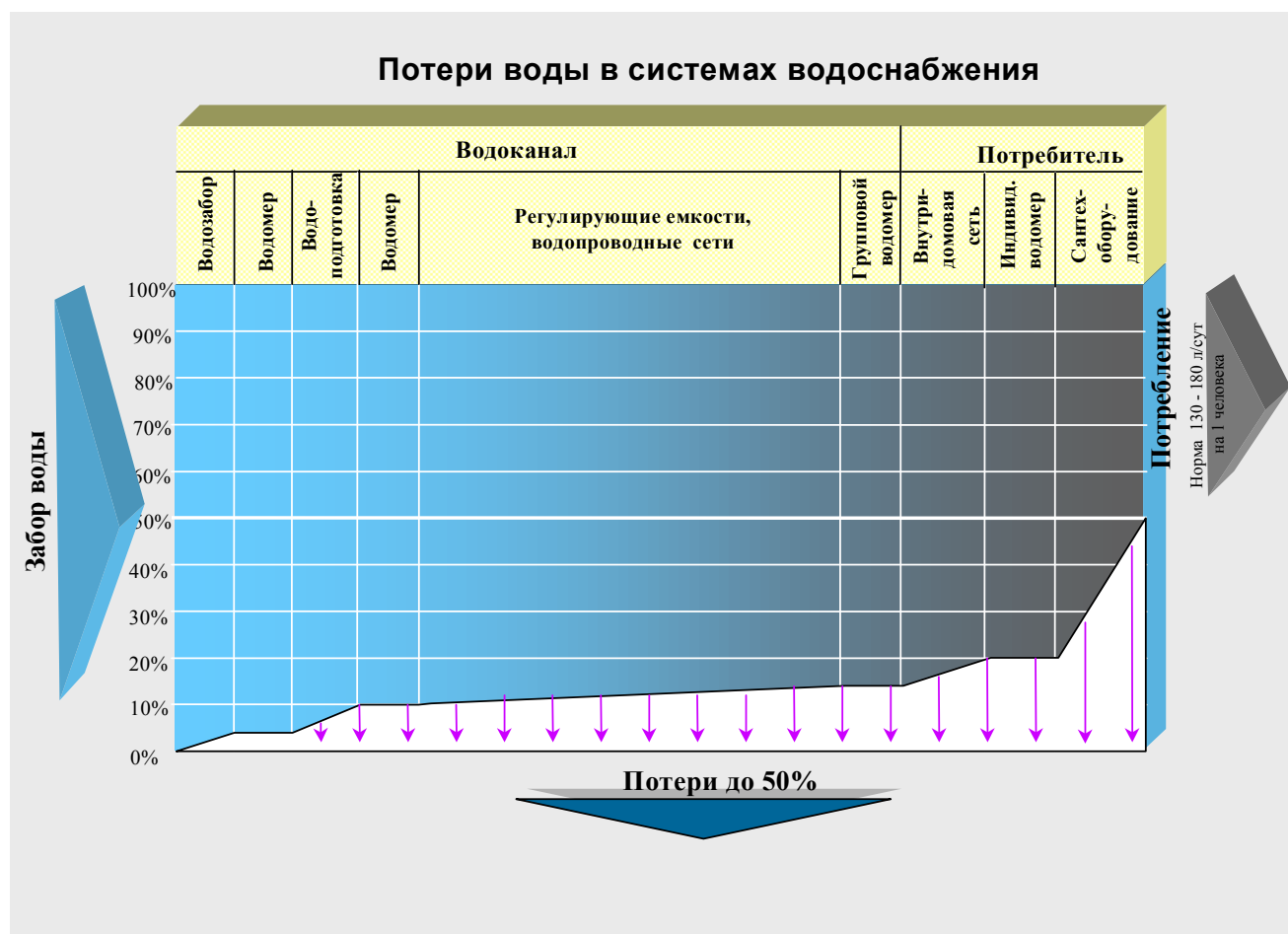


Рис.1.1. Потери и изменения качества воды в системах водоснабжения

Приборным учетом не полностью охвачены забор, подача и распределение воды потребителями), что не позволяет объективно оценивать в действующих формах статистической отчетности водопотребление и потери воды, которые могут достигать 20–40% общей подачи воды, а также балансы водопотребления городов.

Недостаточная степень оснащенности приборами учета всех насосных станций не позволяет сделать объективный анализ и наладку их оптимальных режимов.

Существующие водопроводные сети в некоторых городах имеют недостаточную протяженность, не охватывают в полной мере районы нового строительства, имеют малые диаметры, обуславливающие большие потери напора. Около 60% водопроводных сетей находятся в ветхом состоянии из-за длительного срока эксплуатации и подвергаются частым аварийным разрывам трубопроводов.

Биокоррозионные процессы, проникновение загрязнений через уплотнения, колебания давления в сети, наличие тупиковых участков водопровода, перераспределение потоков воды в сетях являются основной причиной вторичного загрязнения воды при ее транспортировке по водоводам, магистральным трубопроводам, разводящей сети.

Регулирующие емкости в централизованных системах водоснабжения оказывают влияние как на бесперебойность подачи воды, так и на ее качество. В резервуарах происходит осаждение взвешенных веществ, выносимого из скважин песка, накопление в застойных зонах биообразований. Металлические водонапорные башни и резервуары изготавливаются без внутренних антикоррозионных покрытий и являются источниками загрязнения воды железистыми соединениями и микроорганизмами.

В сельских населенных местах башни зачастую находятся в антисанитарных условиях и являются источником как загрязнения, так и потерь воды.

1.1.2 Нормативная техническая документация

На территории стран СНГ действуют строительные нормы и правила (СНиП), стандарты (ГОСТы), технические условия и другие нормативные и технические документы и пособия в области водоснабжения бывшего СССР, которые уже не отвечают требованиям и местным условиям, и сдерживает внедрение передовых технологий, а в отдельных случаях ухудшает экономику предприятий водопроводно-канализационного хозяйства. Так, использование старого СНиП 2.04.01-88 “Внутренний водопровод и канализация” приводит к перерасходу тепла на нужды горячего водоснабжения до 10–20 %. Этим во многом объясняется невысокий уровень проектирования, низкое качество строительства и технический уровень эксплуатации объектов водоснабжения.

Проектирование, строительство, наладка и эксплуатация сооружений систем питьевого водоснабжения требует всесторонних знаний во всех сопряженных областях, таких как гидрология, гидрогеология, бурение, строительство, машиностроение, химия, электротехника, санитария и гигиена, биология и микробиология. Этим диктуется острая необходимость разработки соответствующих нормативных документов, в которых должны быть указания на удовлетворительные с точки зрения гигиены, а также технически и экономически целесообразные методы проектирования, строительства и эксплуатации централизованных систем питьевого водоснабжения.

В Беларуси ведется разработка строительных норм и пособий к ним согласно представленной в таблице 1.1 структурной схеме системы основных нормативных документов по проектированию и строительству систем водоснабжения и водоотведения. В основу их разработки положен передовой отечественный и зарубежный опыт проектирования и строительства сооружений и элементов систем водоснабжения, направленных на обеспечение гармонизации нормативного документа с требованиями соответствующих документов стран Европы и СНГ.

Аналогичного рода нормативные документы разрабатываются и для эксплуатации отдельных сооружений и элементов систем водоснабжения и водоотведения.

Таблица 1.1

Структура строительных норм и пособий ВОДОСНАБЖЕНИЕ

ВОДОСНАБЖЕНИЕ					
СНБ «ВОДОСНАБЖЕНИЕ ПИТЬЕВОЕ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ»			СНБ «ВОДОСНАБЖЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ»		
СНБ «ВОДО- ИСТОЧНИКИ»	СНБ «ВОДОПОДГОТОВКА»		СНБ «ВОДОПРОВОДНЫЕ СЕТИ И СООРУЖЕНИЯ»		СНБ «ВНУТРЕННИЙ ВОДОПРОВОД ЗДА- НИЙ»
ПОСОБИЯ к СНБ					
Проектирование скважинных водозаборов	Проектирова- ние сооруже- ний водопод- готовки. Осветление и обесцвечива- ние воды	Проектирова- ние сооруже- ний водопод- готовки. Обез- железивание подземных вод	Проектирование водопроводных сетей и соору- жений	Проектиро- вание водо- проводных насосных станций	Проектирование и строительство систем водоснабжения и канализации жилых до- мов усадебного типа
Проектирование водозаборов из поверхностных источников	Проектирование сооружений водоподготовки. Обеззараживание воды		Устройство наружных сетей и сооружений водоснабжения и канализации	Проектиро- вание си- стем обо- ротного водоснаб- жения	Проектирование внут- реннего водопровода зданий

ВОДООТВЕДЕНИЕ

СНБ «КАНАЛИЗАЦИЯ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ»		СНБ КАНАЛИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ «ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ»		СНБ «ВНУТРЕННЯЯ КАНАЛИЗАЦИЯ ЗДАНИЙ»	
ПОСОБИЯ к СНБ					
Проектирование канализационных сетей и насосных станций	Проектирование очистных сооружений канализации населенных мест. Механическая очистка сточных вод	Проектирование систем и сооружений очистки сточных вод промышленных предприятий	Проектирование сетей и очистных сооружений дождевой канализации	Устройство наружных сетей и сооружений водоснабжения и канализации	Проектирование и строительство систем водоснабжения и канализации жилых домов усадебного типа
Проектирование очистных сооружений канализации населенных мест. Биологическая очистка сточных вод	Проектирование очистных сооружений канализации населенных мест. Очистка сточных вод от азота и фосфора	Проектирование очистных сооружений канализации населенных мест. Обеззараживание сточных вод	Правила приемки в эксплуатацию законченных строительством объектов канализации населенных мест	Гидравлические испытания сетей и сооружений канализации	Изоляция трубопроводов и сооружений систем водоснабжения

1.1.3 Нормативы качества питьевой воды

Вступившие в ряде стран СНГ в действие Законы и СанПиНы, касающиеся питьевого водоснабжения и СанПиНы устанавливают государственные гарантии надежности и безопасности питьевого водоснабжения и нацеливают на высокие параметры качества воды /1-6/.

Европейским Союзом (ЕС) принята «Европейская директива 2 по питьевой воде» (ЕД2) /6/, отличающуюся научной убедительностью и удобством для использования. ЕД2 – прогрессивный документ с научной и технической точки зрения и решение об адаптации его к нашим условиям, казалось бы, вполне логично и соответствует духу времени /3/. В свете вышесказанного представляется актуальным проведение сопоставительного анализа Белорусского и Российского СанПиНов и Европейской директивы.

ЕД2 обладает упрощенной структурой (три типа параметров: микробиологические, индикаторные и химические) и небольшим количеством контролируемых параметров:

- общий контроль – 48 параметров;
- плановый контроль – 13 параметров.

Выбор параметров и определение их предельных значений основано на принципе “здоровье людей и предусмотрительность”. Предельные значения важных токсических веществ отражены в требованиях Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и, соответственно, рассчитаны на безопасное потребление воды. При разработке Директивы использованы современные токсикологические исследования, применены новые подходы и решения, позволившие создать довольно стройную и компактную систему оценки качества и контроля питьевой воды.

СанПиНы предлагает оценивать безопасность воды в эпидемиологическом отношении по шести показателям. Оценка безопасности питьевой воды по микробиологическим показателям по ЕД2 производится только по двум основным показателям – E.Coli и энтерококкам с предельными значениями О в 100 мл. СанПиН не регламентирует содержания энтерококков.

Дополнительным требованием ЕД2 является содержание в питьевой воде такого количества или такой концентрации микроорганизмов, паразитов, вирусов или любых других веществ, которые потенциально не могут вредить здоровью людей, что учитывает отрицательный опыт последних лет подготовки питьевой воды из поверхностных источников. В этом случае, по сравнению с применением подземных вод, требуется объемный микробиологический контроль питьевой воды.

Сравнение подходов к определению безвредности питьевой воды по химическому составу отражено в табл. 1.2.

Из приведенных данных видно, что оценка влияния различных примесей, содержащихся в воде, на здоровье человека в СНГ и Евросоюзе не одинакова. В ЕД2 заложены в общем более жесткие нормативы. На основании последних токсикологических исследований Директивой установлены граничные значения для полициклической ароматики (бензо-(в)-флуорантен, бензо-(к)-флуорантен, бензо-(ghi)-перилен и инден-(1,2,3-cd)-пирен) и пестицидов. К

пестицидам относится весь спектр средств защиты растений, а также соответствующие метаболиты, продукты распада и реакции. Однако в каждом конкретном случае необходимо проверять только те пестициды, которые, вероятно, содержатся в воде. Для отдельных пестицидов допустимая концентрация в воде составляет 0,1 мкг/л, а для алдрина, дилдрина, гептахлора и гептаэпоксида – 0,03 мкг/л, что значительно ниже российских параметров.

Использование фенольного индекса в качестве индикатора фенольного загрязнения воды в СанПиНе очень сомнительно при установленном нормативе 0,25 мг/л. Содержание фенола, имеющего ПДК 0,001 мг/л, может вырасти до 250 ПДК, а индекс все еще останется в пределах нормы. Не случайно в ЕД2 норматив на фенольный индекс 0,5 мкг/л, т.е. в 500 раз ниже, чем СанПиНе.

Введение в Директиву таких показателей, как акриламид, эпихлоргидрин и винилхлорид позволяет контролировать качество воды при применении в системах водообеспечения дополнительных веществ и материалов, содержащих эти вещества. В Европе эти вещества считаются более вредными, чем в России, в 100 раз.

Таблица 1.2.

Химические параметры

Параметр	Предельные значения ЕД2	ПДК СанПиН 10124 РБ 99	Отличие в требованиях
Акриламид, мкг/л	0,1	10	в 100 раз выше
Сурьма, мкг/л	5,0	50	в 10 раз выше
Мышьяк, мкг/л	10	50	в 5 раз выше
Бензол, мкг/л	1,0	10	в 10 раз выше
Бензопирен, мкг/л	0,01	0,005	в 2 раза выше
Бор, мг/л	1,0	0,5	в 2 раза выше
Бромат, мкг/л	10	–	отсутствует
Кадмий, мкг/л	5,0	1,0	в 5 раз ниже
Хром, мкг/л	50	50	
Медь, мг/л	2,0	1,0	в 2 раза ниже
Цианид, мкг/л	50	35	на 15 мкг/л ниже
1, 2 Дихлорэтан, мкг/л	3,0	–	отсутствует
Эпихлоргидрин, мкг/л	0,1	10	в 100 раз выше
Фтор, мг/л	1,5	1,5	отсутствует
Свинец, мкг/л	10	30	в 3 раза выше
Ртуть, мкг/л	1,0	0,5	в 2 раза ниже
Никель, мкг/л	20	100	в 5 раз
Нитрат, мг/л	50	45	на 5 мкг/л ниже
Нитрит, мг/л	0,5	3,0	в 6 раз выше
Пестициды, мкг/л	0,1	–	Отсутствует
– суммарно	0,5	2,0	в 4 раза выше
Полициклические ароматические углеводороды, мкг/л	0,1	–	отсутствует
Селен, мкг/л	10	10	
Три-и тетрахлорэтен суммарно, мкг/л	10	200	в 20 раз выше
Тригалометаны суммарно, мкг/л	100	200	в 2 раза выше
Винилхлорид, мкг/л	0,5	50	в 100 раз выше

Появление в Директиве бромата наряду с тригалогенметанами связано с процессами обеззараживания воды и дезинфекции сооружений и водопроводной сети. Этот показатель также отсутствует в СанПиН.

Предельное содержание никеля в Директиве в 5 раз меньше, чем в СанПиН, при этом считается, что оборудование для водоподготовки и системы водоснабжения играют меньшую роль в повышении содержания никеля в питьевой воде, чем спорадически наблюдаемая мобилизация из почвы при использовании подземных вод.

Содержание свинца и меди является весьма острой проблемой в Европе и связано с использованием этих металлов в системах водоснабжения в прошлом.

Большой интерес представляет европейская оценка вредности нитратов и нитритов, содержащихся в наших питьевых водах порой в значительных количествах. ЕД2 требует соблюдения следующих условий:

- содержание нитрата – 50 мг/л, нитрита – 3 мг/л ;
- содержание нитритов на выходе из сооружений водоподготовки не должно превышать 0,1 мг/л; 0,5 мг/л нитритов допустимо только у потребителя воды (на выходе из крана).

Для планового контроля качества питьевой воды, согласно требованиям ЕД2, используются индикаторные параметры.

Индикаторные параметры служат для “контрольных” целей. При несоблюдении их значений необходимо проверить, чем вызвано их отклонение и не представляет ли это угрозы для здоровья людей, и принимать меры только в случае, “когда это необходимо для защиты здоровья людей”.

Часть индикаторных параметров связана с коррозионной активностью воды. Это pH, проводимость, хлориды и сульфаты. Согласно требованиям ЕД2, вода не должна быть коррозирующей.

Наличие в воде CO_2 , O_2 , H_2S , HCl , H_2SO_4 характеризует воду как коррозионно-активную.

Оценка коррозионной активности из-за нарушения углекислотного равновесия осуществляется с помощью индекса насыщения Ланжелье – J .

При $J < 0$ вода коррозионно-активная, при $J > 0$ вода имеет тенденцию откладывать на фильтрах соли жесткости.

Агрессивность воды характеризуется суммарной оценкой показателей: индекса насыщения J , концентрации кислорода O_2 и суммы концентраций хлоридов Cl_2 и сульфатов SO_4 в табл. 1.3.

Содержание в воде клостридий определяется только для поверхностных вод, или когда поверхностные воды влияют на воду для нужд людей.

Определение алюминия производится только в случае его использования в составе химикатов для обработки воды.

Новыми показателями являются содержание органически связанного углерода (вместо окисляемого), содержание трития и общая радиоактивность.

Табл. 1.3.

Характер коррозионной активности воды по отношению к стальным трубам

Коррозионная активность воды	Индекс насыщения J	Концентрация, мг/л	
		O_2	$Cl_2 + SO_4$
Сильно агрессивная	$J \leq -1$	10...14	≤ 50
	$J = 1$	10...14	> 50
Агрессивная	$-1 < J < 0$	10...14	< 50
	$J > 0$	10...14	> 50
	$J > 0$	2...4	> 50
Мало агрессивная	$J > 0$	10...14	< 50
Не агрессивная	$J > 0$	2...5	< 50

Контроль индикаторных показателей (табл. 1.4) достаточно прост и эффективен. Использование фенольного индекса в качестве индикатора фенольного загрязнения воды в СанПиНе очень сомнительно при установленном нормативе 0,25 мг/л. Содержание фенола, имеющего ПДК 0,001 мг/л, может вырасти до 250 ПДК, а индекс все еще останется в пределах нормы. Не случайно в ЕД2 норматив на фенольный индекс – 0,5 мкг/л, т.е. в 500 раз ниже, чем в СанПиНе.

Таблица 1.4

Индикаторные параметры

Параметр	ПДК 2 ЕД	ПДК СанПиН
Алюминий, мг/л	0,2	0,5
Аммоний, мг/л	0,5	–
Хлорид, мг/л	250	350
Споры клостридий	0/100	Импакт 5400
Цветность	Удовлетворяющая потребителя, без отклонений	20(35)
Запах		2 балла
Вкус		2 балла
Мутность		1,5 мг/л
Число колоний при 22 °С в мл		50
Проводимость, mS/см при 20 °С	2500	отсутствует
Железо, мг/л	0,2	0,3
Марганец, мг/л	0,05	0,1
Колиформные бактерии	0/100	0/300
Окисляемость, мл O_2 /л	5,0	5,0
Сульфат, мг/л	250	500
Натрий, мг/л	0,2	0,2
Органически связанный углерод (ТОС)		
Тритий Вq/л	100	–
Общая радиоактивность mSv/a	0,1	

1.2. Программно-целевое планирование развития систем питьевого водоснабжения из подземных источников

1.2.1. Общая постановка задач

Низкая эффективность систем питьевого водоснабжения, а также создавшийся дефицит и ухудшение качества питьевой воды для населения обусловлена отсутствием должного планирования и управления развитием систем питьевого водоснабжения из подземных источников городов и поселков. Такая ситуация сложилась по причине опережающих темпов гражданского и промышленного строительства в 1960–1990 гг., а также недостаточного выделения в 1991–2000 гг. капитальных вложений на строительство и реконструкцию водопроводно-канализационных сетей и сооружений.

Развитие питьевого водоснабжения должно обеспечиваться «реализацией перспективных и годовых республиканских и территориальных программ питьевого водоснабжения».

Имеющиеся предпроектные разработки – генеральные схемы и ТЭО развития, другие документы – не решают в едином комплексе все водохозяйственные задачи города. Практически отсутствуют и документы, определяющие пути совершенствования эксплуатации городского водопроводно-канализационного хозяйства, водного благоустройства, охрану окружающей природной среды.

Проведенные исследования состояния разработок перспективного развития систем водоснабжения и водоотведения городов позволили разработать и внедрить в 1984–2000 гг. методологию формирования целей (целевых показателей), определяющих планомерное осуществление исполнительными и распорядительными органами и реализацию предприятиями коммунального хозяйства, промышленности, строительства, научно-исследовательскими и проектными институтами комплекса взаимосвязанных научно-технических, производственных, организационных и экономических мероприятий по обеспечению населения и отраслей экономики качественной питьевой водой /3, 4/.

1.2.2. Методические принципы построения программы

Методические принципы программы базируются на программно-целевом планировании мероприятий и заданий и на положениях международной системы управления качеством продукции (ИСО-9000). Они предусматривают комплексное решение задач бесперебойного водоснабжения, улучшения качества питьевой воды, обеспечения ее соответствия санитарно-гигиеническим требованиям и нормам с учетом рекомендаций Европейской экономической комиссии ООН по водным ресурсам, Международной ассоциации водоснабжения, Всемирной организации здравоохранения, а также внедрение прогрессивного опыта в этой области передовых зарубежных стран.

Структура программы (табл. 1.5) предусматривает проведение системного анализа состояния систем питьевого водоснабжения с постановкой проблем и обеспечивает комплексный охват всех основных работ, классифицированных по заданиям, содержанию, формам реализации и составу исполнителей для достижения поставленных целей в виде показателей и их нормативов к определенному сроку в масштабах республики и областей, районов, городов и поселков.

Таблица 1.5.

Структура целевой программы повышения эффективности систем питьевого водоснабжения из подземных источников

1. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ	
Управление водохозяйственными системами поселений	
Отсутствие единой системы управления водохозяйственными системами	
Несовершенство методологии планирования и проектирования перспективного развития водохозяйственных систем поселений республики	
Некомпетентность принятия решений в деятельности предприятий водопроводно-канализационного (ВКХ) хозяйства	
Нежелание местных исполнительных органов власти выделять службы ВКХ в самостоятельные унитарные предприятия	
Неисполнение закона «О питьевом водоснабжении»	
Необеспеченность сельского населения качественной питьевой водой	
Отсутствие координации научных исследований по проблемам водного хозяйства	
Водоисточники	
Незащищенность водоисточников от воздействия внешних факторов	
Несовершенство градостроительной политики в вопросах резервирования подземных водоисточников	
Несовершенство планирования при проведении поисково-разведочных, проектных и строительных работ водозаборов подземных вод	
Нарушение режима зон санитарной охраны водоисточников	
Водозаборные сооружения	
Несовершенство нормативной и правовой базы	
Низкий уровень проектно-изыскательных, буровых и ремонтно-восстановительных работ	
Технически устаревшая, изношенная техника и оборудование водозаборных скважин	
Низкий уровень эксплуатации и технического обслуживания скважин (невыполнение диагностических и регламентных работ по регенерации скважин)	
Нерациональные режимы и параметры эксплуатации водоподъемного оборудования скважин	
Несовершенство системы контроля качества добываемой воды	
Недостаточное использование новых методов интенсификации водоотбора из действующих водозаборов	

Использование и учет воды, тарифы
Неполный охват приборным учетом сооружений забора, подачи, распределения воды и потребителей
Нерациональное использование, непроизводительные потери воды
Отсутствие экономического стимулирования рационального использования воды. Несоответствие тарифов фактическим затратам
Отсутствие унифицированной системы отчетности, учета и контроля
Использование подземных вод на технологические нужды
Водоподготовка
Несовершенство действующих технологий очистки и обеззараживания воды в отношении химических и микробиологических показателей
Неполный охват установками обезжелезивания и обеззараживания воды централизованных систем водоснабжения
Игнорирование в процессах обработки воды ее коррозионной активности
Недостаточное использование новых технологий обезжелезивания
Системы подачи и распределения воды
Нерациональные и неэкономичные режимы работы систем подачи и распределения воды
Недостаточность информации о техническом состоянии систем водоснабжения
Высокий износ и аварийность оборудования и трубопроводов
Несовершенство технологии диагностирования утечек
Устаревшее ремонтно-профилактическое оборудование
Низкий уровень проектирования, строительства и эксплуатации (наиболее характерно для малых и средних поселков)
Отсутствие резерва объемов регулирующих резервуаров
Низкая эффективность очистки и дезинфекции трубопроводов, резервуаров и башен
Низкое качество изготовления и строительства емкостных сооружений
2. ПРОГНОЗНЫЕ И ЦЕЛЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОГРАММЫ
3. ОСНОВНЫЕ ЗАДАНИЯ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ
4. ФИНАНСОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ
5. МЕХАНИЗМ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ
6. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОГРАММЫ

1.2.3. Прогнозные и целевые показатели программы

Основными прогнозными и целевыми показателями программы могут являться:

- обеспеченность населения централизованным водоснабжением;
- удельное водопотребление населением в жилом фонде;
- бесперебойность подачи воды в течение суток;
- охват приборами учета подачи воды потребителей;
- состояние инженерных сетей и сооружений водоснабжения (износ);
- обеспеченность сооружениями водоподготовки.

Обеспеченность населения централизованным питьевым водоснабжением

Государством установлены правовые гарантии обеспечения потребностей питьевой водой в соответствии с нормативами качества и потребления питьевой воды, а также надежности и безопасности питьевого водоснабжения.

Эти гарантии государства должны обеспечиваться посредством централизованных систем питьевого водоснабжения, которые являются основными в обеспечении бесперебойного снабжения населения питьевой водой и относятся к особо важным объектам жизнеобеспечения.

Показатель «обеспеченность населения централизованным питьевым водоснабжением» характеризует процент охвата населения городов и поселков системами централизованного водоснабжения, целевой норматив которого должен составлять 100%.

Удельное водопотребление населением в жилом фонде

Показатель «удельное водопотребление населением в жилом фонде» – количество питьевой воды в л/сут., «необходимое для удовлетворения (обеспечения) физиологических и бытовых потребностей одного человека в течение суток в конкретном поселении, отдельном объекте при нормальном функционировании систем питьевого водоснабжения или чрезвычайных ситуациях» /3/. Средний показатель расхода воды на человека в благоустроенном жилом фонде коммунального сектора в целом по Беларуси составляет 256 л/сут. (по данным анализа группового учета – 310–380 л/сут., по действующим нормативам – 200–300 л/сут., а по выборочным данным квартирного учета – 150–190 л/сут.).

В табл. 1.6 приведены данные исследований водопотребления населения отдельных жилых домов г. Борисова, имеющих индивидуальный учет холодной и горячей воды. Среднее удельное водопотребление за сентябрь месяц составило 172–178 л/сут. на 1 чел., причем 60% составляет горячая вода. По данным исследования группового учета холодной и горячей воды по 12 домам. Среднее удельное водопотребление составило 318 л/сут. на 1

чел., причем 36,2% составила горячая вода. Сопоставляя данные группового учета холодной и горячей воды с данными индивидуального учета можно сделать вывод, что при индивидуальном учете удельное водопотребление на 130–135 л/сут. меньше, чем при групповом учете.

Таблица 1.6.

Данные индивидуального учета холодной и горячей воды

Э Т А Ж	Количество квартир	Количество жителей	Удельное водопотребление л/сут. на 1 чел.				
		<u>1 подъезд</u> 2 подъезд					
			Горячая вода	Всего	Холодная вода	Горячая вода	Всего
1	6	<u>12</u>	80,6	<u>175,0</u>	89,8	91,3	181,1
		11	<u>103,0</u>	<u>187,8</u>			
2	6	<u>9</u>	137,0	<u>185,2</u>	61,4	138,6	200,0
		10	140,0	213,3			
3	6	<u>11</u>	130,3	<u>212,1</u>	91,7	125,0	216,7
		9	118,5	222,2			
4	6	<u>9</u>	137,0	<u>229,6</u>	92,1	120,6	212,7
		12	108,3	200,0			
5	6	<u>19</u>	101,8	<u>175,5</u>	70,8	104,2	175,0
		21	106,3	174,6			
6	6	<u>19</u>	105,3	<u>156,2</u>	64,9	108,8	177,2
		19	112,3	191,2			
7	6	<u>19</u>	107,0	<u>168,4</u>	57,6	114,4	172,0
		18	122,2	175,9			
8	6	<u>22</u>	74,2	<u>136,4</u>	69,8	70,5	140,3
		21	66,7	144,4			
9	6	<u>22</u>	106,0	<u>162,1</u>	58,1	82,9	141,0
		21	58,7	119,0			
	Среднее	<u>142</u> 142	<u>104,2</u> 99,3	<u>170,6</u> 173,2	70,2	101,8	172,0

Несмотря на сокращение использования воды в промышленности ввиду общего падения производства, остается проблемой высокое потребление (более 20%) питьевой воды на технологические нужды.

Среднеевропейский показатель водопотребления одним жителем составляет 130–180 л/сут., что почти вдвое меньше республиканского уровня.

Исходя из среднестатистической оценки данных квартирного учета целевой норматив удельного водопотребления населения в жилом фонде принят 180 л/сут. на одного жителя.

Дефицит и бесперебойность подачи воды

Основными причинами дефицита и бесперебойности подачи воды являются отсутствие достаточных мощностей водозаборных сооружений и необеспечение оптимальных режимов работ систем подачи и распределения воды.

На рис. 1.2 представлена диаграмма, характеризующая обеспеченность потребности населенных пунктов в воде водозаборами подземных вод.

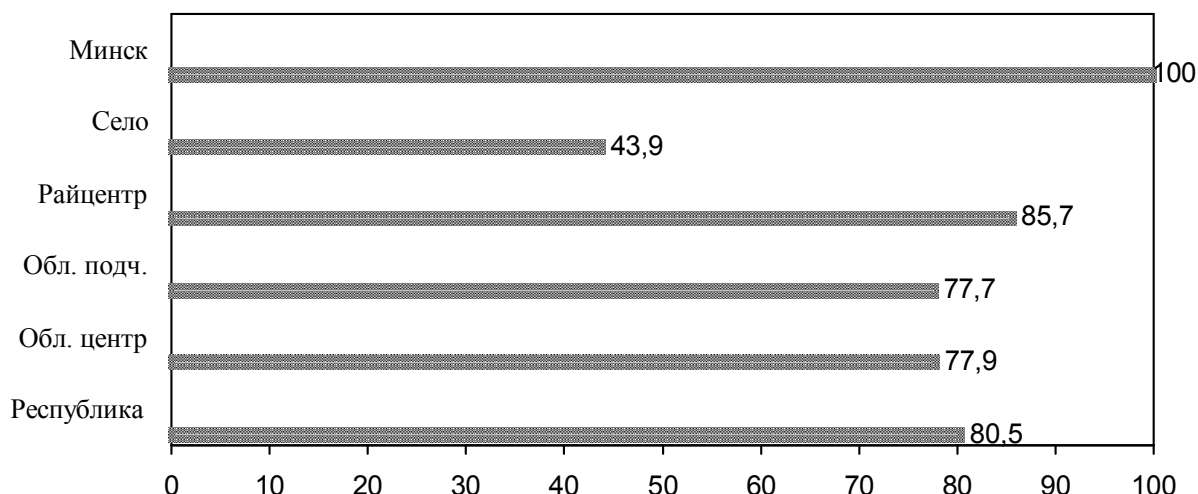


Рис.1.2 Обеспеченность потребности городских и сельских пунктов в воде водозаборами подземных вод

Целевой норматив показателя дефицита воды – процент покрытия потребности населенных пунктов в воде действующими водозаборными сооружениями – должен составлять 100%.

В качестве технологического показателя бесперебойности подачи воды можно рассматривать давление в диктующих точках, которое должно обеспечить свободный напор у самого высоко расположенного и удаленного прибора водоразбора потребителя. При этом данный показатель характеризует еще и наиболее экономичный режим расходования воды системой.

Давление в диктующей точке H_q может быть вычислен по формуле:

$$H_q = H_{св} + \sum q_i^2 S_i + H_z \quad (1.1)$$

где $H_{св}$ – свободный напор (давление) в наиболее высокой и удаленной точке водоотбора, МПа;

q_i – расчетный расход в м³/с

S_i – гидравлическое сопротивление в с²/м⁵ i-го участка водопроводной сети;

H_z – геометрическая высота от места установки манометра до точки водоотбора, МПа.

На действующей системе водоснабжения H_q можно определить экспериментально.

Диапазон давлений, который свидетельствует о бесперебойной подаче воды, также может быть вычислен и получен экспериментально.

Максимальное давление в диктующей точке $H_{q\text{макс.}}$ определяется из расчета подачи возможного максимального расхода воды – q – в сутки максимального водопотребления по формуле (1.1), аналогично определяется и минимальное давление $H_{q\text{мин.}}$, при котором будет обеспечена подача минимального расхода воды $q_{\text{мин.}}$ в сутки минимального водопотребления.

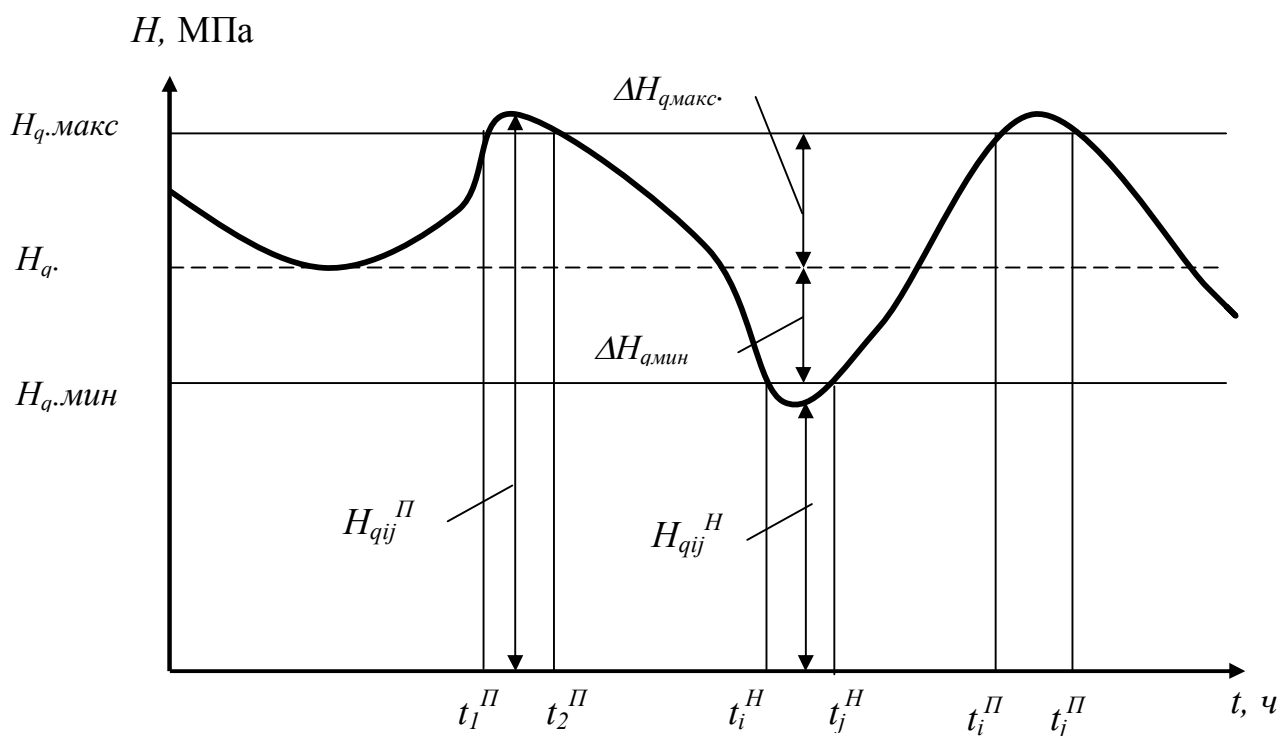


Рис. 1.3. График изменения давлений в диктующей точке

На рис.1.3 изображен график, характеризующий режим работы системы в диктующих (контрольных) точках.

Обобщенный показатель бесперебойности должен характеризовать, помимо величины недостаточного давления, также и период, в течение которого имело место снижение давления. При этом, учитывая, что для разных объектов величины $H_{q\max}$, $H_{q\min}$, $H_{q\text{ср}}$ – различные, оценивать этот показатель необходимо в относительных единицах.

Принимая $H_{q\text{ср}}$ – среднее давление, соответствующее среднему расходу, $\Delta H_{q\max}$ и $\Delta H_{q\min}$ – допустимые максимальное и минимальное отклонения, тогда обобщенный показатель бесперебойности Π_δ можно представить в виде:

$$\Pi_\delta = \frac{\Delta H_{q\min} \cdot T}{\sum (H_{\text{ср}} - H_{qij}^H) \cdot t_{ij}}, \quad (1.2)$$

где $\Delta H_{q\min}$ – минимальное допустимое отклонение снижения давления в диктующей точке, МПа;

T – период, в течение которого оценивается бесперебойность подачи воды, ч;

$H_{\text{ср}}$ – среднее давление в диктующей точке, МПа;

H_{qij}^H – средний недостаточное давление в диктующей точке в интервале времени t_{ij} , МПа.

Величины показателя бесперебойности Π_δ системы можно планировать, исходя из отчетных данных контроля показаний самопишущих манометров, установленных в диктующих точках.

При наличии нескольких диктующих точек в целом для системы может браться также и средняя величина, т. е.:

$$P_{\bar{o}(сист)} = \frac{\sum P_{\bar{o}i}}{n}, \quad (1.3)$$

где $P_{\bar{o}(сист)}$ – обобщенный показатель бесперебойности для системы водоснабжения;

$P_{\bar{o}i}$ – обобщенный показатель для i -й диктующей точки;

n – количество диктующих точек.

Обобщенный показатель, характеризующий нерациональный режим работы системы, который обусловлен перерасходом электроэнергии на избыточный напор, увеличением расхода воды потребителями, утечками, а также возрастание вероятности аварии можно представить в виде:

$$P_{\bar{o}} = \frac{\Delta H_{qмакс} T}{\sum (H_{ij}^n - H_{cp}) t_{ij}}, \quad (1.4)$$

где $\Delta H_{qмакс}$ – максимальное допустимое отклонение давления в диктующей точке, МПа;

T – период, в течение которого оценивается бесперебойность подачи воды, ч;

H_{cp} – средний напор, превышающий $H_{qмакс}$ в диктующей точке, в интервале времени t_{ij} , МПа.

Охват потребителей приборами учета подачи воды

Забор, подача и распределение воды потребителями не полностью охвачены приборным учетом, что не позволяет объективно рассчитать водопотребление и потери воды, которые могут достигать 20–50% общей подачи воды.

Основу рационального водопользования и значительного сокращения энергозатрат составляет приборный учет потребления воды пользователями.

Этим диктуется необходимость введения показателя «охват приборами учета подачи воды потребителей», целевой норматив которого должен составлять 100%.

Состояние инженерных сетей и сооружений водоснабжения

Степень износа сетей и сооружений систем централизованного водоснабжения поселений СНГ подходит к критическому.

За целевой норматив принята величина, соответствующая менее 40% степени износа сетей и сооружений систем водоснабжения.

Обеспеченность сооружениями водоподготовки

Главной проблемой обеспечения населения водой требуемого качества является водоподготовка, которая в основном сводится к удалению железа до 0,3 мг/л. В воде ряда водозаборов наблюдается также повышенное содержание аммиака, нитратов и других загрязнений.

В этой связи в качестве целевого показателя принят показатель, характеризующий процент обеспеченности населения сооружениями водоподготовки, который должен составлять 100%.

Целевые нормативы и структура основных заданий программы

Показатели и их нормативы, приведенные в табл. 1.7, являются главными ориентирами в разрабатываемых заданиях и мероприятиях, приведенных в табл. 1.8, для достижения поставленных целей.

Таблица 1.7.

Целевые показатели обеспечения населения (на примере Беларуси)

Показатели	Единица измерения	1999 г.		2005 г.	Целевой норматив
		прогноз	факт		
2. Степень обеспеченности населения централизованным водоснабжением, всего	%	81,0	83,2	85,7	97,2
в том числе					
• Минск		100	100	100	100
• областные города		97,6	98,8	100	100
• города областного подчинения		94,3	94,8	97,4	100
• районные центры и поселки городского типа		77,5	88,2	92,7	100
• сельские поселения		29,7	53,0	56,4	90
3. Обеспеченность сооружениями водоподготовки, всего	%	60,5	48,8	64,1	100
в том числе					
• Минск		80,0	90,0	98	100
• областные города		90,5	90,0	98,8	100
• города областного подчинения		64,1	58,5	83,2	100
• районные центры и поселки городского типа		38,4	22,6	48,4	100
• сельские поселения		9,6	7,8	18,3	100
4. Удельное водопотребление населением в жилом фонде, всего	л/сут. на 1 жителя	191	194,5	184,3	165
в том числе					
• Минск		280	301,2	290,4	180
• областные города		218,8	261,1	242,6	180
• города областного подчинения		191,0	202,4	188	180
• районные центры и поселки городского типа		158,6	155,0	156,4	155
• сельские поселения		119,5	81,7	27,7	130

Продолжение табл. 1.7.

Показатели	Единица измерения	1999г.		2005 г.	Целевой норматив
		прогноз	факт		
5. Состояние инженерных сетей и сооружений водоснабжения (степень износа), всего	%	51,0	51,4	48,4	<40
в том числе					
• Минск		48,4	53,0	50,0	<30
• областные города		52,6	54,4	51,4	<40
• города областного подчинения		48	44,4	43,4	<40
• районные центры и поселки городского типа		51,7	48,7	45,6	<40
• сельские поселения		49,5	54,2	50,6	<40
6. Бесперебойность подачи воды в течение суток (дефицит) всего	%	90,8	88,5	92,4	100
в том числе					
• Минск		100	100	100	100
• областные города		90,8	94,3	99,8	100
• города областного подчинения		89,9	89,9	92,7	100
• районные центры и поселки городского типа		93	95,2	98,4	100
• сельские поселения		47,2	74,1	78,5	100
7. Степень охвата жилого фонда приборным учетом:	%				
групповым, всего		75,7	68,9	78,4	100
в том числе					
• Минск		99,5	98	100	100
• областные города		100	94,5	92,3	100
• города областного подчинения		100	73,6	84,2	100
• районные центры и поселки городского типа		100	45,2	68,7	100
• сельские поселения		21	20,6	60,6	100
индивидуальным, всего		15,4	8,2	31,3	100
в том числе					
• Минск		17,0	8,1	31,0	100
• областные города		29,6	9,8	41,3	100
• города областного подчинения		19,4	5,7	33,6	100
• районные центры и поселки городского типа		17,6	6,8	27,2	100
• сельские поселения		2,3	9,6	18,6	100

Таблица 1.8.

Структура заданий целевой программы по водоснабжению населения качественной питьевой водой

1. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ И ПЛАНИРОВАНИЯ

- 1.1. Разработать целевые комплексные программы реконструкции и перспективного развития водного хозяйства в городах
- 1.2. Разработать программу обеспечения сельского населения качественной питьевой водой
- 1.3. Разработать организационно-экономические и правовые основы для создания единой системы управления водным хозяйством населенных пунктов
- 1.5. Разработать единую унифицированную систему статистической отчетности забора, подачи и использования вод
- 1.6. Создать единую информационную систему (кадастр) сетей и сооружений водопровода и канализации с учетом их технологических параметров и режимов работы хозяйства
- 1.7. Создать информационно-образовательную систему по работе с населением, направленную на экономное расходование воды и энерго-ресурсов
- 1.8. Создать систему обучения, подготовки и переподготовки кадров городского водного хозяйства

2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

- 2.1. Сокращение непроизводительных потерь воды
 - 2.1.1. Оснастить инструментальным учетом сооружения забора, подачи и распределения воды
 - 2.1.2. Разработать и утвердить научно-обоснованную систему и структуру установления тарифов на услуги водоснабжения и канализации, стимулирующую приборный учет и экономное расходование воды
 - 2.1.3. Разработать и утвердить эксплуатационные нормы удельного водопотребления в жилом фонде, утечек и расходов воды на собственные нужды
 - 2.1.4. Провести модернизацию и наладку оптимальных режимов работы повысительных насосных станций, центральных тепловых пунктов и отдельно стоящих скважин
 - 2.1.5. Провести поэтажное регулирование давления в водопроводной сети городов и поселков
- 2.2. Повышение уровня технической эксплуатации
 - 2.2.1. Провести диагностику водозаборных скважин, снизивших дебит, с применением телевизионного и геофизического оборудования, разработать и реализовать проекты по их капитальному ремонту.
 - 2.2.2. Провести работы по обнаружению утечек и диагностике водопроводной сети
 - 2.2.4. Провести комплекс технологических и гидрогеологических работ по интенсификации, переоценке эксплуатационных запасов подземных вод и техническому перевооружению действующих водозаборов
- 2.3. Проектирование, строительство и реконструкция объектов водоснабжения

3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБУЕМОГО КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

- 3.2. Контроль безопасности питьевых вод
 - 3.2.1. Разработать систему комплексного контроля безопасности питьевых вод по микробиологическим и химическим показателям с учетом санитарно-технического состояния водного хозяйства
 - 3.2.2. Обеспечить постоянный производственный радиационный контроль питьевых вод в населенных пунктах, относящихся к зонам радиоактивного загрязнения
- 3.3. Создать унифицированный ряд фильтров для локальной и индивидуальной очистки воды с организацией их технического обслуживания
- 3.4. Создать производство и региональную сеть доставки качественной питьевой воды для поселков с повышенным химическим и бактериальным загрязнением питьевой воды
- 3.5. Разработать и осуществить комплекс водоохраных мероприятий с оценкой и прогнозом санитарно-экологического и технического состояния действующих водозаборов городов
- 3.6. Разработать проекты зон санитарной охраны для водозаборов в сельских населенных пунктах
- 3.7. Внедрить метод обезжелезивания подземных вод в водоносном пласте в городах.
- 3.8. Интенсифицировать процесс обезжелезивания на действующих станциях водоподготовки в городах
- 3.9. Провести работы по стабилизационной обработке воды в системах водоснабжения городов
- 3.11. Проектирование, строительство и реконструкция сооружений водоподготовки

4. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ БАЗЫ

- 4.1. Разработать систему нормативов, стандартов, свода технических правил и пособий, регламентирующих изыскание (разведку), проектирование, строительство и эксплуатацию объектов систем питьевого водоснабжения на принципах сближения с общеевропейскими и мировыми стандартами
- 4.2. Разработать систему сертификации объектов питьевого водоснабжения и водных источников

5. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

- 5.1. Провести санитарно-эпидемиологические исследования для оценки и прогноза влияния качества питьевой воды на заболеваемость и продолжительность жизни населения в кризисных и предкризисных районах
- 5.2. Исследовать и оценить условия, эффективность и безопасность для здоровья населения применение диоксида хлора для обеззараживания питьевой воды на примере
- 5.3. Исследовать и разработать рекомендации по эффективному способу борьбы с биокоррозией стальных водоводов и реализовать их на системах водоснабжения городов
- 5.4. Усовершенствовать конструкции регулирующих сооружений (башни, резервуары) с использованием новейших технологий предотвращения вторичного загрязнения и исключением непроизводительных потерь воды
- 5.5. Разработать современные технологии процесса водоподготовки воды из поверхностных источников в городах: Гомель, Минск, Полоцк, Гродно
- 5.6. Провести исследования по деаммонизации воды биологическим методом с разработкой технологического регламента процесса
- 5.7. Разработать, модернизировать и освоить производство:
 - 5.7.1. Мобильных установок для гидродинамической прочистки сетей, диагностирования сетей и скважин, обеззараживания и дезинфекции сетей и сооружений, капитального ремонта и регенерации скважин
 - 5.7.2. Фильтрующих загрузок для сооружений по очистке воды и обсыпок водозаборных скважин
 - 5.7.3. Получение коагулянта из местных материалов для очистки воды
 - 5.7.4. Получение химвеществ для регенерации скважинных фильтров и загрузок сооружений водоподготовки
- 5.8. Освоить выпуск и применение новых дезинфицирующих средств для обработки сооружений и сетей питьевого водоснабжения и обеззараживания воды
- 5.9. Освоить серийное производство станций очистки питьевой воды контейнерного типа полного заводского изготовления
- 5.10. Освоить производство технологического оборудования: насосов (погружных), станций управления, регулирующих емкостей с антикоррозийным покрытием, фильтров водозаборных скважин, запорно-регулирующей арматуры, труб полиэтиленовых
- 5.11. Разработать средства для автоматизации систем управления технологическими процессами в водопроводно-канализационном хозяйстве, установку обследования скважин.

1.2.4. Эффективность программы

Ожидаемый конечный результат Программы к 2005 году – бесперебойное снабжение населения питьевой водой, удовлетворяющей требованиям стандарта качества, в количествах, соответствующих гигиеническим требованиям, будет достигнут при создании Государственной системы управления и планирования водным хозяйством городов и поселков, обеспечивающей эффективный, экологически рациональный, экономически устойчивый и справедливый учет использования и освоения водных ресурсов, а также сохранения целостности водных экосистем.

Реализация намеченных в Программе основных заданий позволит достичь суммарной экономической, социальной и экологической эффективности.

Экономическая эффективность оценивается:

- получением доходов от платежей, способствующих поддержанию устойчивого водоснабжения;
- экономией водных ресурсов, снижающих, в свою очередь, потребление энергоресурсов, а также капитальных вложений на строительство сооружений забора и подготовки воды, а также сооружений по очистке сточных вод.

Только за счет установки водосчетчиков в квартирах и сокращения непроизводительных потерь и утечек воды возможна экономия используемых подземных водных ресурсов до 30%, что позволит сократить расход электроэнергии на 15–18% и значительно снизить капиталовложения в строительство (триллионы рублей), т.е. стабилизировать неоправданный рост мощностей предприятий водоподготовки и очистки сточных вод.

Совершенствование и упорядочение структуры государственного управления водоснабжением и переориентацией “омертвленных” производственных мощностей не позволит избежать новых капиталовложений на строительство производственных баз.

Социальная эффективность определяется повышением уровня жизнеобеспеченности населения, снижением заболеваемости людей, а также уменьшения связанных с этим экономических потерь, обусловленных спадом производства и производительностью труда, миграцией людей.

Социальная эффективность развития сельскохозяйственного водоснабжения несомненна. Оно будет способствовать преобразованию сельских населенных пунктов в благоустроенные поселения с комфортными условиями, улучшатся условия труда и отдыха сельских жителей, больше трудовых ресурсов будет вовлекаться в сельскохозяйственное производство.

Экологическая эффективность обеспечивается за счет уменьшения загрязнения источников питьевого водоснабжения, стабилизации восстановления и оздоровления подземных и поверхностных вод, а также содействия поддержания экологического равновесия, сохранения эстетической ценности водоемов и природных ландшафтов.

1.3 Концепция разработки целевой комплексной программы реконструкции и перспективного развития водного хозяйства конкретных поселений

Цель разработки программы – определить комплекс взаимосвязанных научно-технических, производственных, организационных и экономических мероприятий по обеспечению населения и отраслей экономики качественной питьевой водой, очистке сточных вод, водному благоустройству и охране окружающей среды. Реализация данных мероприятий возлагается на местные исполнительные и распорядительные органы, предприятия комму-

нального хозяйства, промышленности, строительства, научно-исследовательские и проектные институты.

Следует определить пути решения следующих задач:

- сокращение использования питьевой и технической воды на технологические нужды;
- сокращение сброса и достижение нормативного уровня очистки городских и промышленных сточных вод и поверхностного стока с территории города;
- экономное использование питьевой воды;
- сокращение непроизводительных потерь воды;
- повышение качества подаваемой потребителям питьевой воды;
- повышение надежности и эффективности систем водоснабжения и водоотведения;
- повышение эффективности использования установленных мощностей энергетического и механического оборудования систем водопроводно-канализационного хозяйства;
- сокращение удельных норм энергопотребления.

Целевая программа должна включать следующие основные этапы разработки:

- а) оценка водных ресурсов;
- б) анализ водного хозяйства промышленных предприятий;
- в) анализ работы и технического состояния городских (коммунальных и производственных) систем водоснабжения и водоотведения;
- г) система планирования и управления водным хозяйством города;
- д) обобщение материалов о развитии водного хозяйства города;
- е) формирование целей и задач;
- ж) обоснование нормативов водопотребления, водоотведения, условий складирования отходов;
- з) определение порядка взаимодействия и ответственности водопользователей;
- и) составление рекомендаций по очередности осуществления запланированных мероприятий;
- к) разработка комплекса мероприятий;
- л) определение потребностей в ресурсах;
- м) определение эффективности программы.

В программе должны предусматриваться научно обоснованные мероприятия, увязанные по срокам, финансовым, материальным и трудовым ресурсам, которые базируются, в первую очередь, на собственных возможностях города, района, области и республики, промышленных предприятий города. В мероприятиях программы должны максимально использоваться достижения научно-технического прогресса.

1.3.1 Оценка водных ресурсов

Оценка водных ресурсов предусматривает уточнение эксплуатационных и потенциальных ресурсов подземных вод по водоносным горизонтам, гидрогеологическим регионам, в том числе восполняемых; оценка возможности и величины отбора воды из поверхностных и подземных источников; санитарно-гигиеническая оценка воды в естественном состоянии.

Необходимо:

- оценить современное состояние использования всех категорий вод;
- оценить перспективную потребность в воде;
- обосновать процесс гармонического взаимодействия города с водными ресурсами по времени, по капитальным вложениям, вводимым мощностям, водопотреблению и водоотведению;
- рассмотреть возможность создания единой централизованной системы управления хозяйственно-питьевым и промышленным водоснабжением города;
- составить водный баланс по городу и отдельным водным объектам с учетом качества воды;
- дать оценку возможности распределения воды между водопользователями с учетом первоочередного удовлетворения хозяйственно-питьевых нужд населения.

1.3.2. Охрана водных ресурсов от нерационального использования, истощения и загрязнения

Предполагается:

- выявить степень использования питьевой и технической воды, состояние систем водоснабжения и водоотведения;
- определить первоочередные мероприятия по повышению их эффективности и по применению оборотных и повторно используемых систем;
- оценить состояние локальной очистки промышленных и ливневых сточных вод промышленных предприятий, лимиты водопотребления и предельно допустимые концентрации загрязнений, поступающих со стоками в городскую канализацию и водоемы;
- разработать мероприятия по улучшению очистки промышленных и ливневых сточных вод с территорий промышленных предприятий;
- разработать мероприятия по рациональному использованию подземных вод;
- разработать рекомендации по предотвращению истощения ресурсов подземных вод в перспективе с использованием методов искусственного восполнения;
- разработать мероприятия по совершенствованию сооружений забора подземных вод, конструкции и реконструкции существующих водозаборов и очистных сооружений;
- разработать мероприятия по утилизации осадков сточных вод и сточных вод промышленных предприятий;

- разработать мероприятия по улучшению эксплуатации водозаборов;
- разработать мероприятия по сокращению потерь воды при ее транспортировке и использовании;
- разработать мероприятия по совершенствованию учета водопотребления и водоотведения;
- разработать мероприятия по стимулированию экономного использования воды;
- разработать схему водного благоустройства.

1.3.3. Повышение эффективности инженерных систем водоснабжения и водоотведения города

Необходимо:

- разработать мероприятия по интенсификации работы системы водоотведения и достижению нормативного уровня очистки городских сточных вод и поверхностного стока с территории города, а также обработки осадков сточных вод;
- разработать мероприятия по интенсификации работы существующих систем водоснабжения;
- определить очередность создания автоматизированной системы управления технологическим процессом водоснабжения;
- разработать мероприятия по улучшению качества питьевой воды;
- разработать мероприятия, направленные на совершенствование системы учета использования и контроля состояния водных ресурсов.

1.3.4. Разработка мероприятий, определение объемов основных работ, капиталовложений и эффективности

Намечается:

- определить организаций-исполнителей для выполнения основных мероприятий программы;
- изучить возможности изготовления новой техники и оборудования на предприятиях города и республики;
- определить очередность, сроки и стоимость научно-исследовательских, изыскательных, проектных, строительно-монтажных и наладочных работ;
- дать оценку эффективности реализации намеченных мероприятий программы.

Определяются источники финансирования.

1.3.5. Способ реализации результатов

Программа согласовывается с соисполнителями, утверждается муниципалитетом и является плановым документом совершенствования и развития водного хозяйства поселения.

Реализация мероприятий программы осуществляется головным исполнителем – предприятием водопроводно-канализационного хозяйства с соисполнителями, под руководством соответствующей комиссии, которая утверждается муниципалитетом.

В соответствии с программой, исполнители включают в план работ мероприятия и выполняют их в установленные сроки.

По итогам выполнения программы за год производится корректировка и уточнение планов и заданий на следующий год.

2. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ

2.1. Общие требования к проектированию, строительству и реконструкции централизованных и нецентрализованных систем питьевого водоснабжения

Системы питьевого водоснабжения предназначены для обеспечения населения питьевой водой с качеством, соответствующим санитарным требованиям, в необходимом количестве и с требуемым давлением в местах потребления. Проектирование, строительство и реконструкция централизованных и нецентрализованных систем питьевого водоснабжения должно осуществляться на основе:

- целевых государственных, межгосударственных и межрегиональных программ по развитию питьевого водоснабжения, охране и восстановлению водных источников, улучшению качества питьевой воды;
- утвержденных целевых территориальных программ и планов мероприятий по созданию, содержанию и развитию систем питьевого водоснабжения, улучшению качества питьевой воды и рациональному ее использованию;
- генеральных планов развития территорий (населенных пунктов).

При проектировании системы водоснабжения и отдельных ее элементов надлежит учитывать динамику развития водопотребления (рост численности населения, рост запросов потребителей, расширение и развитие промышленности, сельского хозяйства и, при необходимости, садово-паркового хозяйства), а также требования обеспечения надежности при воздействии на них дестабилизирующих факторов природного и техногенного происхождения. В проекте должны предусматриваться прогрессивные технические решения, механизация трудоемких работ, автоматизация технологических процессов и максимальная индустриализация строительно-монтажных

работ за счет применения сборных конструкций, типовых изделий и деталей, в том числе из новых материалов.

Проектирование и строительство систем питьевого водоснабжения должно осуществляться с учетом развития систем водоотведения с обязательным определением и анализом водохозяйственного баланса населенного пункта.

При расширении и реконструкции системы водоснабжения или ее отдельных элементов для получения достоверных исходных данных обязательно должны быть проведены предпроектные исследования существующих сооружений, водоводов и сетей (анализ данных эксплуатации и технической документации, гидравлические, технологические, химические, микробиологические и др. исследования с последующим проведением технико-экономических расчетов). При этом необходимо дать техническую, экономическую и санитарно-экологическую оценку, обосновать степень дальнейшего использования существующих сооружений, водоводов и сетей с учетом затрат на реконструкцию и интенсификацию их работы.

При заборе, подготовке, аккумулировании и транспортировке воды, используемой на питьевые нужды, следует использовать оборудование, материалы и реагенты, а также технологии, имеющие сертификаты соответствия установленным требованиям и разрешения органов санитарного надзора. При этом необходимо применять такие материалы, на которые вода не оказывает воздействия и которые не оказывают отрицательного действия на качество воды.

Для питьевого водоснабжения надлежит максимально использовать ресурсы подземных вод, удовлетворяющие санитарно-гигиеническим требованиям, защищенных от проникновения поверхностных вод непроницаемыми пластами.

Использование подземных вод питьевого качества для целей, не связанных с удовлетворением питьевых, хозяйственно-бытовых и иных нужд населения, а также удовлетворением потребностей пищевой промышленности и животноводства, как правило, не допускается.

Для всех источников и систем питьевого водоснабжения в целях предупреждения их случайного или умышленного загрязнения, засорения и повреждения должны устанавливаться зоны санитарной охраны. Организация зон санитарной охраны, включающая проектирование и эксплуатацию, установление границ территорий (поясов и зон) и режимов охраны вод, а также комплекс санитарно-охранных мероприятий, в том числе ограничений и запретов на различные виды деятельности в пределах каждого пояса, регламентируются санитарными и строительными нормами и правилами.

Дополнительные меры по охране источников и систем питьевого водоснабжения для предупреждения их умышленного загрязнения или нанесения им вреда могут приниматься по решению местных исполнительных и распорядительных органов.

Проектирование систем централизованного питьевого водоснабжения, включая их расширение и реконструкцию, должно осуществляться только специалистами, имеющими специальное образование в области водоснабжения и опыт проектной работы не менее трех лет.

Проектирование систем питьевого водоснабжения могут осуществлять только предприятия и физические лица, имеющие право на проведение этих работ.

Требования к питьевой воде

В питьевой воде не должно содержаться возбудителей болезней, она не должна обладать вредными для здоровья свойствами и должна соответствовать требованиям, предъявляемым органами здравоохранения к питьевой воде. Качество питьевой воды должно соответствовать гигиеническим нормативам перед поступлением ее в распределительную водопроводную сеть, а также в точках водоразбора наружной и внутренней водопроводной сети /5,6, 8/.

В питьевой воде не допускается содержания вредных для здоровья человека веществ, таких как соединения мышьяка, свинца, кадмия, ртути и селена, фенолов, пестицидов, а также моющих, канцерогенных, радиоактивных веществ и минеральных масел.

В питьевой воде не допускается содержание болезнетворных паразитов, бактерий и вирусов.

Питьевая вода должна быть бесцветной, прозрачной, прохладной, без запаха и не иметь привкуса, вызываемого веществами как естественного происхождения (соли железа, сероводород, гумусные вещества, продукты обмена веществ микроорганизмов), так и антропогенного (сточные воды, свалки, загрязнение воздуха, минеральные масла, фенолы и другие органические субстанции, особенно в сочетании с хлором).

В воде не допускается наличия организмов, обнаруживаемых визуально, остатков растительного и животного происхождения, а также нерастворенных органических веществ.

Температура питьевой воды должна находиться в пределах от 5 до 15 °С.

2.2 Системы и схемы питьевого водоснабжения

Системы питьевого водоснабжения должны обеспечивать водопотребление на следующие виды:

- локальные, обеспечивающие технические требования отдельных объектов или водопотребление отдельных районов жилой застройки поселений;
- объединенные, обеспечивающие питьевые и хозяйственно-бытовые нужды населения, производственные нужды и тушение пожаров;

- групповые, обеспечивающие подачу воды нескольким поселениям и отдельным объектам, расположенные на значительных расстояниях друг от друга.

Системы централизованного водоснабжения поселений, в зависимости от местных условий и принятой схемы водоснабжения, должны обеспечивать:

- водопотребление на питьевые и хозяйственные нужды в жилых и общественных зданиях, на нужды коммунально-бытовых предприятий;

- водопотребление на питьевые и хозяйственно-бытовые нужды на предприятиях;

- производственные нужды промышленных и сельскохозяйственных предприятий, где требуется вода питьевого качества или для которых экономически нецелесообразно сооружение локальной системы водоснабжения;

- тушение пожаров;

- собственные нужды станций водоподготовки, промывку водопроводных и канализационных сетей, а также восполнение потерь воды при транспортировке ее по водоводам, магистральным и распределительным сетям.

- производственные нужды предприятий, для которых обосновывается использование воды питьевого качества;

- компенсацию неизбежных потерь воды в сооружениях и трубопроводах различного назначения

- поливку посадок в теплице, парниках и на открытых приусадебных участках для которых экономически обосновывается использование воды питьевого качества;

- поливку и мойку ландшафтно-рекреационных территорий и территорий транспортной инфраструктуры, для которых экономически обосновывается использование воды питьевого качества.

2.2.1 Классификация систем водоснабжения

Системы питьевого водоснабжения следует классифицировать

а) по степени централизации эксплуатации на:

- централизованные, снабжающие питьевой водой всю совокупность застройки населенных пунктов и пригородной застройки;

- централизованные групповые, снабжающие питьевой водой несколько населенных пунктов и (или) отдельные предприятия, расположенные на значительных расстояниях друг от друга;

- нецентрализованные (локальные, местные), снабжающие питьевой водой отдельные районы застройки населенных пунктов и (или) отдельные предприятия;

- индивидуальные, обеспечивающие питьевой водой отдельные усадебные жилые дома

б) по назначению на: коммунальные, производственные, сельскохозяйственные и противопожарные

в) по степени охвата нужд водопотребителей на:

-объединенные, обеспечивающие питьевые и хозяйственные нужды, производственные нужды и тушение пожаров;

-раздельные, обеспечивающие по самостоятельным системам: питьевые и хозяйственные нужды; производственные нужды; нужды на тушение пожаров, которые также могут входить в состав предыдущих систем;

г) по способу подачи и распределения воды на: самотечные (гравитационные), с принудительной подачей воды насосами, комбинированные.

2.2.2 Категории систем водоснабжения

Системы водоснабжения по степени надежности подачи питьевой воды подразделяются на три категории /9/:

I – допускается снижение не более 30% расчетного расхода питьевой воды на срок не более 3-х суток, при этом разрешается не более, чем на 10 мин перерыв в подаче воды или снижение расхода ниже указанного предела для выключения вышедших из строя и включения резервных элементов системы (оборудования, арматуры, сооружений, трубопроводов);

II – допускается снижение не более 30% расчетного расхода подаваемой питьевой воды на срок не более 10 суток, при этом разрешается не более, чем на 6 час перерыв в подаче воды или снижение расхода ниже указанного предела для выключения вышедших из строя и включения резервных элементов системы (оборудования, арматуры, сооружений, трубопроводов);

III – допускается снижение не более 30% расчетного расхода подаваемой питьевой воды на срок не более 15 суток, при этом разрешается не более, чем на 24 час перерыв в подаче воды или снижение расхода ниже указанного предела для выключения вышедших из строя и включения резервных элементов системы (оборудования, арматуры, сооружений, трубопроводов).

Системы водоснабжения населенных пунктов при числе жителей более 50 тыс. чел. следует относить к первой категории, от 5 до 50 тыс. чел. – ко второй категории и менее 5 тыс. чел. – к третьей категории.

Элементы систем питьевого водоснабжения второй категории, повреждение которых может нарушить подачу воды на пожаротушение, должны относиться к первой категории.

2.3. Выбор схемы и системы питьевого водоснабжения из подземных источников

Системы питьевого водоснабжения из подземных источников включают в себя комплекс инженерных сооружений и их элементов, необходи-

мых для забора подземных вод из водоносных горизонтов, подъема, подачи и распределения воды, представленные на рис. 2.1.

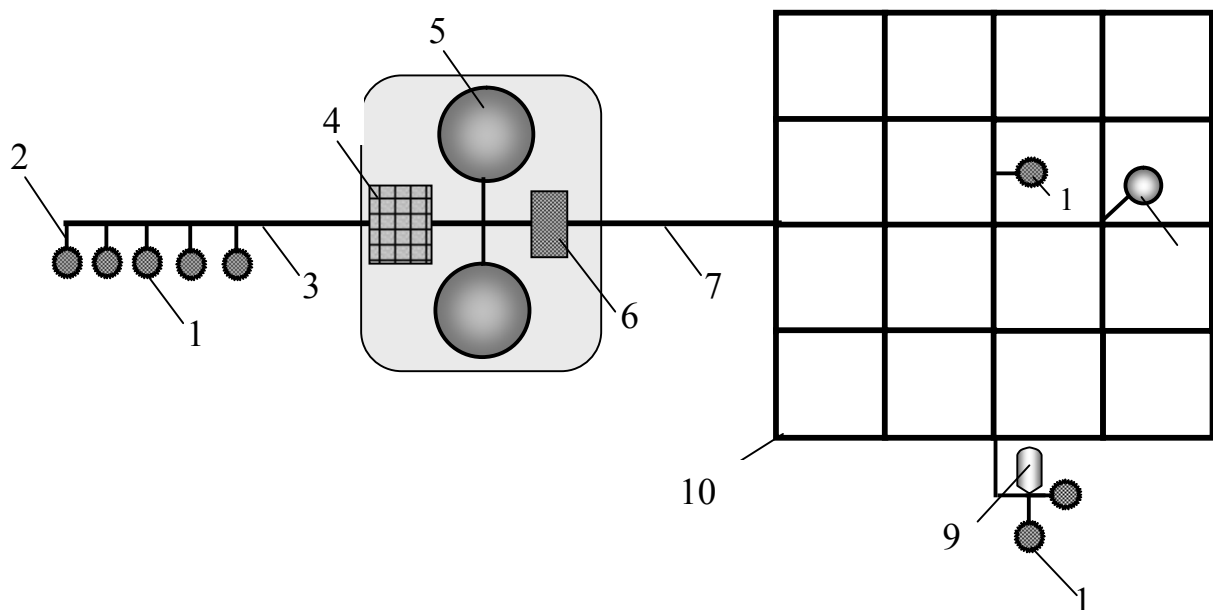


Рис. 2.1. Обобщенная схема системы водоснабжения со скважинными водозаборами:

1 – водозаборные скважины с насосными станциями; 2 – отводной трубопровод; 3 – сборный водовод; 4 – сооружения водоподготовки; 5 – резервуары чистой воды; 6 – насосная станция II подъема; 7 – водоводы; 8 – водонапорная башня; 9 – водовоздушный бак; 10 – водопроводная сеть.

Выбор системы и схемы водоснабжения следует производить на основании сопоставления технико-экономических расчетов возможных вариантов с учетом:

- местных условий и особенностей объектов потребления воды;
- поэтапного развития системы питьевого водоснабжения;
- источников водоснабжения;
- требований к давлениям, количеству и качеству воды;
- надежности подачи воды.

Технико-экономическими расчетами должны быть обоснованы:

- степень централизации системы питьевого водоснабжения;
- источники водоснабжения, использование их для различных потребителей, схемы и технические решения;
- степень охвата нужд водопотребителей;
- зонирование, число зон и их схемы (последовательные или параллельные);
- использование возможности других (не питьевых) систем водоснабжения для полива территорий и зеленых насаждений;

- очередность строительства и ввода по пусковым комплексам.

При разработке схемы водоснабжения необходимо определять:

- общее водопотребление и его неравномерность (годовую, суточную и часовую);
- прогноз развития населенных пунктов (численность жителей, развитие сферы обслуживания, промышленности, сельскохозяйственных объектов);
- потребность в воде на тушение пожаров;
- потребность в воде на собственные и технологические нужды системы питьевого водоснабжения;
- неизбежные потери воды при транспортировании и распределении
- расхода воды на мойку покрытий территорий и поливку в населенных пунктах и предприятиях

Выбор экономически обоснованной схемы водоснабжения на расчетный срок и для каждой очереди строительства необходимо производить на основе расчетов вариантов совместной работы водоводов, водопроводных сетей, насосных станций, регулирующих емкостей и сравнения технико-экономических параметров.

Для систем питьевого водоснабжения населенных пунктов расчеты совместной работы водоводов, водопроводных сетей, насосных станций и регулирующих емкостей следует выполнять для следующих характерных режимов подачи воды:

- в сутки максимального водопотребления для максимального, среднего и минимального часовых расходов, а также для максимального часового расхода с учетом расчетного расхода воды на тушение пожаров;
- в сутки среднего водопотребления для среднего часового расхода;
- в сутки минимального водопотребления для минимального часового расхода.

При необходимости допускается проведение расчетов для других режимов водопотребления, а также отказ от проведения расчетов для одного или нескольких из указанных режимов, если последние не вносят изменений в схему и технические параметры трубопроводов и оборудования.

При расчете сооружений, водоводов и сетей на период тушения пожаров аварийное выключение водоводов и линий кольцевых сетей, а также секций и блоков сооружений не учитывается.

Водозаборные сооружения с водоводами и сооружения подготовки воды должны рассчитываться на средний часовой расход в сутки максимального водопотребления.

При разработке схемы водоснабжения должен быть установлен перечень контрольных параметров (давлений, расходов воды, уровней, потребляемой электроэнергии) и мест определения для последующей систематической проверки соответствия их фактических значений проекту. Для этого предусматривается установка необходимых приборов и аппаратуры.

2.4 Водопотребление

При проектировании систем питьевого водоснабжения, обеспечивающих питьевые и хозяйственные нужды населения, производственные нужды и тушение пожаров, должны соблюдаться требования противопожарных норм.

При проектировании индивидуальных систем питьевого водоснабжения необходимо соблюдать требования строительных норм по проектированию внутреннего водопровода зданий.

При определении общего водопотребления по проектируемой системе водоснабжения необходимо брать за основу прогрессивное удельное водопотребление, ориентированное на рациональное использование воды, базирующееся на фактических данных конкретных поселений (не менее, чем за предшествующие три года) и рассматривать его динамику в зависимости от развития сферы услуг, изменения численности населения, благоустройства территории и организации учета потребления воды.

Водопотребление определяется потребностями, условиями проживания населения, требованиями промышленности и сельского хозяйства и других отраслей. Необходимо также предусмотреть требуемое количество воды для тушения пожаров и на собственные производственные, питьевые и хозяйственные нужды предприятий, эксплуатирующих системы питьевого водоснабжения, а также на компенсацию неизбежных потерь при транспортировании и распределении.

При отсутствии данных по проектируемому объекту допускается применять удельные водопотребления по объектам-представителям водоснабжения, при обосновании и согласовании с органами, уполномоченными осуществлять государственный контроль и надзор в области использования и охраны вод.

2.4.1 Проектные нормы водопотребления на питьевые и хозяйственные нужды

При отсутствии фактических данных по проектируемому объекту и объектам-представителям водоснабжения для определения общего водопотребления населенных пунктов следует использовать проектные нормы водопотребления (среднесуточные за год) на питьевые и хозяйственные нужды населения, приведенные в таблице П.1.1 приложения П1.

Количество воды на нужды учреждений и предприятий социально-гарантированного обслуживания, а также неучтенные расходы при соответствующем обосновании допускается принимать дополнительно в размере 10-20 % суммарного расхода воды на питьевые и хозяйственные нужды населенных пунктов.

Проектные нормы водопотребления на питьевые и хозяйственные нужды для определения расчетных расходов воды в отдельных жилых и общественных зданиях, при необходимости учета сосредоточенных расходов, следует принимать по таблице П1.2 приложения П1.

Проектные нормы расхода воды на мойку покрытий территорий и поливку в населенных пунктах и предприятиях следует принимать по таблице П1.3 приложения П1.

Проектные нормы водопотребления для города Минска допускается увеличивать при обосновании и согласовании с органами, уполномоченными осуществлять государственный контроль и надзор в области использования и охраны вод.

2.4.2 Проектные нормы водопотребления предприятиями на питьевые и хозяйственные нужды

Проектные нормы водопотребления на питьевые и хозяйственные нужды на предприятиях следует принимать по таблице П1.2.

Часовой расход воды на одну душевую сетку на промышленных предприятиях следует принимать не более 500 л, а продолжительность пользования душем после окончания каждой смены - в зависимости от санитарно - гигиенических требований для конкретного производства.

2.4.3 Проектные нормы водопотребления для животных

Проектные нормы водопотребления для животных следует принимать по таблице П1.3 приложения П1. В нормы включены расходы воды на мойку помещений, клеток, посуды, приготовление кормов, охлаждение и другие процессы.

2.4.4 Режимы водопотребления

Режимы водопотребления населенных пунктов по сезонам года, месяцам, дням недели и часам суток должны характеризоваться графиками водопотребления. Графики водопотребления для проектируемого объекта следует применять по фактическим данным по месту расположения объекта конкретного населенного пункта или по объектам-представителям водоснабжения, либо определяться расчетным путем.

При построении расчетных графиков следует определять коэффициенты суточной и часовой неравномерности.

Коэффициенты суточной неравномерности водопотребления-максимальный ($K_{сут.макс}$) и минимальный ($K_{сут.мин}$), учитывающие уклад жизни населения, режим работы предприятий, степень благоустройства зданий и изменения водопотребления по сезонам года и дням недели должны приниматься соответственно $K_{сут.макс} = 1,1-1,3$ и $K_{сут.мин} = 0,7-0,9$.

Коэффициенты часовой неравномерности водопотребления – максимальный ($K_{ч.макс}$) и минимальный ($K_{ч.мин}$) определяют по формулам:

$$K_{ч.макс} = \alpha_{макс} \cdot \beta_{макс}, \quad (2.1)$$

$$K_{ч.мин} = \alpha_{мин} \cdot \beta_{мин}, \quad (2.2)$$

где α - коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия, принимаемый $\alpha_{\max} = 1,2-1,4$; $\alpha_{\min} = 0,4-0,6$;

β - коэффициент, учитывающий количество жителей в населенном пункте, принимаемый по табл. 2.1.

Таблица 2.1.

Коэффициенты часовой неравномерности водопотребления на питьевые и хозяйственные нужды на промышленных предприятиях следует принимать 2,5 — для цехов с тепловыделением более 80 кДж (20 ккал) на 1 м³/ч и 3 — для остальных цехов.

Количество жителей в населенном пункте, тыс. чел	4	6	10	20	50	100	300	1000 и более
$\beta_{\max}$	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1,0
$\beta_{\min}$	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,85	1,0

2.5. Расчетные расходы воды

2.5.1. Суточные расчетные расходы воды

Расчетный (средний за год) суточный расход воды ($Q_{\text{сут.ср}}$), м³/сут, на питьевые и хозяйственные нужды в населенном пункте поселения должен определяться по формуле

$$Q_{\text{сут.ср}} = \frac{k_n \sum q_{\text{жс}} N_{\text{жс}}}{1000}, \quad (2.3)$$

где $q_{\text{жс}}$ - среднесуточная норма водопотребления на одного жителя, л/сут., принимается по табл. А.1 приложения А;

$N_{\text{жс}}$ - расчетное число жителей в районах жилой застройки с различной степенью санитарно-технического оборудования зданий;

k_n — коэффициент, учитывающий нужды учреждений и предприятий социально-гарантированного обслуживания, а также неучтенные расходы принимается в пределах 1,1 – 1,2.

Расчетные расходы воды в сутки наибольшего ($Q_{\text{сут.макс}}$), м³/сут, и наименьшего ($Q_{\text{сут.мин}}$), м³/сут, водопотребления на питьевые и хозяйственные нужды следует определять по формулам

$$Q_{\text{сут.макс}} = K_{\text{сут.макс}} * Q_{\text{сут.ср}}, \quad (2.4)$$

$$Q_{\text{сут.мин}} = K_{\text{сут.мин}} * Q_{\text{сут.ср}}. \quad (2.5)$$

Расход воды на мойку и поливку территории (Q_n), м³/сут., определяется по формуле

$$Q_n = \frac{\Sigma F_n \cdot q_n}{1000}, \quad (2.6)$$

где F_n - площадь территории полива определенного вида, принимается по данным генерального плана населенного пункта, м²;

q_n - норма расхода воды л/сут на м², принимаемая по табл. П1.3 приложения П1 в зависимости от вида поливаемых территорий.

При отсутствии данных по поливаемым площадям расход воды (Q_n), м³/сут, на поливку территорий определяется по формуле

$$Q_n = \frac{q_{н.ж} N_{ж}}{1000}, \quad (2.7)$$

где $q_{н.ж}$ - норма полива из расчета на одного жителя, принимаемая по таблице А.3 приложения А, л/сут;

$N_{ж}$ - количество жителей в населенном пункте, чел.

Расходы воды питьевого качества на производственные нужды промышленных и сельскохозяйственных предприятий следует определять по отраслевым нормам технологического проектирования, а на питьевые и хозяйственные нужды – по количеству работающих на предприятиях.

Расходы воды на содержание и поение скота, птиц и зверей на животноводческих фермах и комплексах необходимо определять по отраслевым нормам, а при их отсутствии – по нормам, приведенным в табл. П1.4 приложения П1, и количеству животных соответствующего вида.

2.5.2 Часовые расходы воды

Максимальный и минимальный часовые расходы воды населением ($Q_{ч.макс}$) и ($Q_{ч.мин}$), м³/ч, определяются по формулам

$$Q_{ч.макс} = \frac{K_{ч.макс} Q_{сут.макс}}{24}, \quad (2.8)$$

$$Q_{ч.мин} = \frac{K_{ч.мин} Q_{сут.мин}}{24}, \quad (2.9)$$

Максимальный суточный расход воды ($Q_{сут.макс}$) следует распределять по часам суток в соответствии с фактическими расходами воды, полученными при обследовании системы водоснабжения, для которой разрабатывается проект реконструкции, а при отсутствии – по данным объектов-представителей водоснабжения.

При отсутствии фактических данных по распределению максимального суточного расхода по часам суток необходимо принимать расчетный трехступенчатый график со средним, максимальным и минимальным периодами водопотребления. Продолжительность периода среднего водопотребления ($T_{ср}$) принимается в пределах 8 – 10 часов. Продолжительность режимов максимального ($T_{макс}$) и минимального ($T_{мин}$) водопотребления определяется по формулам

$$T_{макс} = \frac{(24 - T_{ср}) \cdot (1 - K_{ч.мин})}{K_{ч.макс} - K_{ч.мин}}, \quad (2.10)$$

$$T_{мин} = \frac{(24 - T_{ср}) \cdot (K_{ч.макс} - 1)}{K_{ч.макс} - K_{ч.мин}}, \quad (2.11)$$

Распределение расхода питьевой воды по часам суток на промышленных предприятиях зависит от характера производства, количества рабочих смен и их продолжительности, типа цехов, установленного оборудования и других факторов. Графики водопотребления должны задаваться технологиями предприятий.

При построении расчетных графиков водопотребления следует принимать в проекте такие технические решения, которые обеспечивали бы равномерный режим работы и исключали одновременный максимальный отбор воды из сети различными водопотребителями. Для этого следует предусмотреть регулирующие емкости на крупных промышленных предприятиях или изменять их режим водопотребления.

Для поливки территории и заполнения поливочных машин должна предусматриваться подача воды в специальные регулирующие емкости или через устройства, прекращающие подачу воды при снижении требуемого давления до заданного предела.

Поливку и мойку покрытий проездов и площадей, а также поливку зеленых насаждений необходимо осуществлять в часы минимального и среднего водопотребления.

2.5.3 Расходы воды на производственные, питьевые и хозяйственные нужды предприятий водоснабжения и неизбежные потери воды

Расходы воды на производственные, питьевые и хозяйственные нужды предприятий водоснабжения должны включать в себя:

- технологические расходы воды при заборе, подготовке, подаче, транспортировании и распределении, включая технологические расходы на вспомогательных объектах;
- расходы воды на питьевые и хозяйственные нужды предприятия;
- расходы воды на содержание территорий зон санитарной охраны и сооружений в надлежащем санитарном состоянии.

Технологические расходы воды при заборе, подготовке, аккумулировании, подаче, транспортировании и распределении должны определяться для каждого элемента системы водоснабжения в соответствии с требованиями действующих технических нормативных правовых актов, а при отсутствии – по среднестатистическим данным за последние 2 года предприятий - представителей систем водоснабжения.

Технологические расходы воды водозаборов из подземных источников должны состоять из расходов воды на:

- дезинфекцию и промывку сооружений и водоводов;
- пробную откачку после ремонтно-профилактических работ по восстановлению производительности водозабора.

Технологические расходы воды водозаборов из поверхностных источников из расходов воды на:

- промывку трубопроводов и водоприемных устройств;
- промывку сеток.

Технологические расходы воды на ее подготовку должны включать расходы на:

- приготовление растворов и промывку баков реагентов;
- отвод образующихся осадков;
- дезинфекцию и промывку емкостных сооружений и фильтрующих загрузок;
- дезинфекцию и промывку трубопроводов станции водоподготовки;
- нужды химико-бактериологической лаборатории включая, отбор проб воды;
- нужды охлаждения технологического и вспомогательного оборудования.

Технологический расход воды аккумулирующих сооружений (резервуаров, водонапорных башен) должен включать расход воды на дезинфекцию и промывку

Технологические расходы воды при подаче, транспортировании и распределении воды включают расходы на промывку и дезинфекцию водоводов и водопроводных сетей при проведении профилактических и ремонтно-восстановительных работ.

Расходы воды на питьевые и хозяйственные нужды предприятия водоснабжения включают расходы:

- для рабочего персонала;
- на работу котельной;
- на технологические процессы вспомогательных производств;
- на мойку машин, механизмов и оборудования
- уборку рабочих мест, содержание зданий и зон санитарной охраны в надлежащем санитарном состоянии.

Величина неизбежных потерь воды при заборе, подготовке, подаче, транспортировании и распределении, зависит от вида труб, защиты их от внутренней и внешней коррозии, от протяженности и глубины заложения, грунтовых условий основания под трубы, срока службы, количества арматуры, величины давления, условий эксплуатации. Эту величину следует определять по среднестатистическим фактическим данным за последние 3 года проектируемого объекта водоснабжения или предприятия - представителя системы водоснабжения, а при отсутствии – по таблицам 2. 2 и 2.3.

Таблица 2.2

Системы водоснабжения	Потери, % , не более		
	общие	в сооружениях	в водопроводной сети
Новые	5	1	4
Более 10 лет эксплуатации	10	2	8

Таблица 2. 3

Системы водоснабжения	Потери воды, м ³ / час на 1 км водопроводной сети не более при		
	удельном водопотреблении 25 л/сут. на 1 чел., при количестве вводов до 10 ввод/км и 100 чел./ввод	удельном водопотреблении 100 л/сут. на 1 чел., при количестве вводов до 10 ввод/км, 8 чел./ввод	удельном водопотреблении 200 л/сут. на 1 чел. при количестве вводов до 35 ввод/км 8 чел./ввод
Новые	0,03 – 0,12	0,01 – 0,04	0,07 – 0,26
Более 10 лет эксплуатации	0,12 – 0,18	0,04 – 0,006	0,26 – 0,41

2.5.4 Требуемое давление

Требуемое минимальное избыточное давление в водопроводной сети на вводе в здание ($P_{тр.}$), МПа, относительно поверхности земли при любых режимах водопотребления должно быть $P_{тр.} \geq 0,1$ МПа для одноэтажной застройки населенного пункта.

Для многоэтажной застройки требуемое минимальное избыточное давление следует определять при максимальном часовом расходе как

$$P_{тр.n} = 0,1 + (n-1) \cdot 0,04, \text{ МПа}, \quad (2.12)$$

и при минимальном часовом расходе -

$$P_{тр.n} = 0,1 + (n-1) \cdot 0,03 \text{ МПа}, \quad (2.13)$$

где n - количество этажей в здании.

Для отдельных многоэтажных зданий или их группы, расположенных в районах с меньшей этажностью застройки или на повышенных местах, допускается предусматривать повысительные насосные станции для повышения давления.

Давление в водопроводной сети на вводе в здание не должно превышать 0,6 МПа, при большем давлении для отдельных зданий или районов следует предусматривать установку регуляторов давления или зонирование системы водоснабжения.

Требуемое минимальное избыточное давление в водопроводной сети объединенных и отдельных систем водоснабжения, обеспечивающих тушение пожаров, должно устанавливаться по соответствующим нормативно-техническим документам.

2.6. Месторождения подземных вод

Месторождения подземных вод, как не подверженные отрицательному антропогенному воздействию, большим температурным колебаниям и сохраняющие постоянство своего качества, должны рассматриваться в первую очередь как источник питьевого водоснабжения [1, 2].

Подземные воды береговой инфильтрации поверхностных вод в водоносный пласт (естественным или искусственным путем) через берег

или подошву зависят от качества поверхностных вод, подвержены колебаниям температуры, запаха, вкуса, а также изменению химических и микробиологических свойств. Они требуют обязательной подготовки для питьевых целей.

Искусственное восполнение подземных вод посредством насыщения поверхностной водой месторождений подземных вод необходимо обосновывать только после проведения комплексных гидрогеологических, химико-микробиологических и технологических исследований.

2.7. Водозаборы подземных вод

Водозаборы подземных вод, в зависимости от глубины залегания и мощности водоносных горизонтов, должны проектироваться и строиться при соответствующем обосновании на базе водозаборных скважин или горизонтальных трубчатых водозаборов, исключающих загрязнение воды /10/.

Горизонтальный трубчатый водозабор целесообразно сооружать в открытом котловане при добыче подземных вод из пологих водоносных горизонтов малой мощности до 5 м, подошва которых располагается на уровне не ниже 10 м от уровня поверхности земли.

Проектирование водозаборов подрусловых вод должно проводиться по данным предварительных качественных и количественных исследований подземных вод в сочетании с опытной откачкой воды.

Для необходимой очистки подрусловых вод водозаборные сооружения должны находиться на достаточном расстоянии от берега, которое определяется качеством поверхностных вод, параметрами основания русла и ожидаемым вследствие забора понижением уровня подземных вод.

Искусственное восполнение подземных вод водоносного горизонта должно осуществляться посредством сооружений поверхностной (открытой) или подземной инфильтрации.

При открытых инфильтрационных установках необходимо учитывать наличие водной растительности, которая может привести к трудностям эксплуатации и в некоторых случаях к изменению вкуса воды. На затопляемых территориях данные установки должны быть по возможности защищены от паводка.

Для снижения степени загрязненности и снижения кольматации инфильтрационных бассейнов должна проводиться предварительная подготовка подаваемой воды. Инфильтрационные (поглощающие) скважины следует сооружать в случаях, когда отсутствует возможность размещения инфильтрационных бассейнов при наличии мощных водонепроницаемых поверхностных слоев.

2.8. Сооружения водоподготовки

Для проектирования сооружений водоподготовки обязательным является проведение предварительных микробиологических, биологических, химических и физических исследований сырой воды с учетом местных условий.

Химическое и физическое исследование воды следует проводить с целью определения веществ, присутствующих в воде (качественный и количественный анализ).

Микробиологические и биологические исследования надлежит проводить для установления наличия видов и количества вирусов, бактерий, микроорганизмов, фито- и зоопланктона.

По результатам проведенных исследований должен делаться вывод о последовательности этапов подготовки воды, о принципиальной конструкции сооружений водоподготовки и их размерах. Для определения эффективных процессов очистки и технологических регламентов на месте водозабора должна обязательно отрабатываться технология очистки на опытных (пилотных) испытательных установках.

При проектировании сооружений водоподготовки подземных вод необходимо учитывать возможность изменения качества воды в ходе эксплуатации установок, особенно вследствие возможного перетекания подземных вод с повышенным содержанием коррозионно-активных химических элементов с участков, расположенных в зоне влияния скважины.

2.8.1 Предварительная очистка. Коагулирование, флокулирование, отстаивание и осветление воды в слое взвешенного осадка

Предварительную очистку наиболее загрязненных подземных вод необходимо осуществлять посредством коагулирования и отстаивания в горизонтальных или вертикальных отстойниках или в осветлителях со взвешенным осадком.

2.8.2 Фильтрация воды

В медленных фильтрах для поддержания физических, химических и биологических процессов очистки воды в слоях фильтрующей загрузки скорость фильтрования определяется на стадии предварительных исследований. Регенерация медленных фильтров производится снятием верхнего слоя или смывом загрязнений с поверхности фильтра. Для сохранения биологического действия медленного фильтра не допускается хлорировать воду перед фильтрованием.

В скорых фильтрах, пространственно затопленных или сухих фильтрах, открытой или закрытой (напорные фильтры) конструкции и с однослойной или многослойной (двухслойной) фильтрующей загрузкой, скорость фильтрования должна устанавливаться на стадии предварительных исследований. Подаваемый воздух не должен содержать примесей, которые могут ухудшить качество воды.

При сухом фильтровании вода должна распределяться равномерно по всей поверхности фильтрующего материала, который в объеме остается частично или полностью заполненным воздухом. Этот метод, соединяющий процессы аэрации и фильтрования, следует применять, прежде всего, для удаления из подземных вод аммиака и сероводорода, а также железа и марганца.

2.8.3 Аэрация и дегазация воды

Для обогащения воды кислородом должна производиться ее аэрация установками закрытой или открытой конструкции (открытая или закрытая аэрация). Подаваемый воздух не должен содержать примесей, оказывающих влияние на качество воды.

Открытая аэрация осуществляет посредством распыления, орошения, или каскадного орошения, а также с использованием турбоаэрации и противоточных колонн.

Закрытая аэрации осуществляет с помощью компрессора или инжектора, который подает воздух в закрытую систему с водой.

Для удаления из воды газов (углекислого газа и сероводорода) и веществ с высоким давлением паров (запах, привкус) производится дегазация аналогично процессу открытой аэрации.

2.8.4 Обезжелезивание и обезмарганцевание

Обезжелезивание воды заключается в удалении из подземной воды растворенного двухвалентного железа. Первоначально его окисляют с помощью аэрации кислородом или более сильными окислителями (хлором, окислами хлора, озоном или марганцовокислым калием). Образовавшийся в результате каталитическо-химических и (или) микробиологических процессов нерастворимый гидрат окиси трехвалентного железа удаляют из воды посредством фильтрования на скорых фильтрах или непосредственно в водоносном горизонте (пласте).

В отдельных случаях необходимо предусмотреть регулирование значения pH.

Обезжелезивание воды с высокой концентрацией гуминовых веществ и ионов аммиака должно проводиться только с добавлени-

ем сильных окислителей (хлора, окислов хлора, озона или марганцовокислотой калия) или коагулянтов, а также с одно- или двухступенчатом фильтрованием.

При использовании подземных вод в качестве источника питьевого водоснабжения необходимо рассматривать возможность обезжелезивания воды с попутным удалением марганца и сероводорода непосредственно в водоносном пласте.

Обезмарганцевание, базирующееся на осаждении гидратов окиси марганца после его окисления в результате каталитическо-химических и (или) микробиологических процессов, должно проводиться, равно как и обезжелезивание.

2.8.5 Стабилизационная обработка воды

Для защиты водопроводных труб от коррозии и инкрустации (солеотложения) под действием карбоната кальция нужно предусмотреть стабилизационную обработку воды, необходимость которой устанавливается на основании результатов химического анализа воды и технологических исследований по оценке агрессивности воды.

Стабилизационная обработка воды необходима, следует учитывать изменение качества воды в результате предшествующей обработки (коагулирование, умягчение, обезжелезивание, обезмарганцевание, аэрация и др.)

Для стабилизационной обработки воды должны применяться: открытая аэрация воды, фильтрация через материалы, выделяющие щелочные субстанции, или введение в воду щелочных реагентов (извести, соды или их смеси). При этом следует предусмотреть введение щелочных реагентов в смеситель перед фильтрами и в фильтрованную воду перед вторичным хлорированием.

При стабилизационной обработке воды посредством фильтрования в качестве фильтрующей загрузки следует применять гранулированный карбонат кальция (известняк, мрамор). Доломит (полуобожженный доломит) должен использоваться в установках при нейтрализации воды с высоким значением pH.

При высоком содержании железа (более 5 мг/л) и марганца (более 3 мг/л) требуется отделение процессов обезжелезивания и обезмарганцевания от стабилизационной обработки воды.

Стабилизационная обработка воды с применением гидроокисей (а также соды) должна применяться при производительности установок более 10 тыс. м³/сут.

Для образования защитного слоя на трубах с целью предотвращения коррозии и образования солеотложений необходимо централизованно вводить в определенных случаях пропорцио-

нально расходу воды соли моно- и полифосфорных кислот, соли кремневых кислот или смеси этих веществ.

2.8.6 Умягчение воды

Умягчение воды целесообразно проводить при смешении в одной распределительной сети воды различной жесткости.

При умягчении воды на питьевые нужды надлежит применять реагентные методы (известковый или известково-содовый) и метод частичного натрий-катионирования.

2.8.7 Удаление веществ, придающих воде запах и привкус

Летучие субстанции, влияющие на запах воды, должны удаляться методами окисления с помощью аэрации воды, либо адсорбцией активированным углем (или в сочетании с окислителями).

Эмульгированные и высокомолекулярные растворенные органические вещества, придающие воде привкус, должны удаляться коагуляцией и последующим фильтрованием на скорых фильтрах.

2.8.8 Удаление из воды аммонийных соединений

Удаление аммонийных соединений (NH_4^+ , нитриты NO_2^- , нитраты NO_3^-) из воды должно производиться одним из следующих методов.

- удаление ионов аммония – нитрификацией на сухих фильтрах с несколькими ступенями фильтрования с использованием аммонийокисляющих бактерий);
- удаление нитратов - ионообменом, обратным осмосом, электродиализом и биологической денитрификацией;
- удаление нитритов - окислением с помощью хлора или озона и превращением в нитраты с последующей биологической денитрификацией.

Выбор метода удаления аммонийных соединений должен быть результатом предварительных исследований на пилотной установке и экономическими соображениями.

2.8.9 Обеззараживание питьевой воды

Обеззараживание воды необходимо производить для уничтожения или осаждения возбудителей болезней – простейших (паразитарной природы), бактерий и вирусов и уменьшения числа их колоний в соответствии с санитарным требованиями, предъявляемым к питьевой воде.

Для обеззараживания воды применяются следующие методы: хлорирование (газообразный хлор, раствор гипохлорита натрия, гипохлорит кальция и двуокись хлора), озонирование, ультрафиолетовое облучение, фильтрация через угольные сорбенты, а также другие методы, не ухудшаю-

щие качество питьевой воды. Выбирать тот или иной метод следует на основании технико-экономического расчета и оценки эффективности их обеззараживающего действия, согласно табл. 2.5.

Табл. 2.5

Эффективность обеззараживания отдельных видов микроорганизмов

Метод обеззараживания	Виды микроорганизмов			
	Простейшие (циститы)		Бактерии	Вирусы
	Giardia	Cryptosporidium		
Хлорирование (газообразный хлор, гипохлорит натрия или кальция и двуокись хлора)	Не уничтожает	Не уничтожает	Уничтожает полностью	Уничтожает не полностью
Озонирование	Уничтожает полностью	Не уничтожает	Уничтожает полностью	Уничтожает полностью
Ультрафиолетовое облучение	Уничтожает не полностью	Уничтожает не полностью	Уничтожает полностью	Уничтожает полностью
Фильтрация через угольные сорбенты	Задерживает полностью	Задерживает полностью	Задерживает полностью	Не задерживает

Вода, забираемая из подземных и родниковых источников, в случае, если они в течение продолжительного времени не отвечают санитарным требованиям, должна постоянно подвергаться обеззараживанию.

Установки обеззараживания необходимо проектировать и оборудовать контрольно-измерительными приборами для своевременной диагностики нарушения работоспособности, поломок, повреждений. Следует также предусмотреть резервные установки.

Количество активного хлора, необходимого для обеззараживания, должно определяться в зависимости от качества обрабатываемой воды (содержания органических веществ, соединений аммиака и коллоидов, а также от окислительно-восстановительного потенциала, значения pH, поглощения

хлора, концентрации хлора, температуры) и времени действия определяется по результатам технологических исследований.

Место ввода следует выбирать таким образом, чтобы обеспечивалось быстрое смешивание обеззараживающего средства со всей обрабатываемой водой (со стороны всасывания насоса или на входе резервуара).

Для постоянного обеспечения необходимого содержания хлора в воде должны применяться автоматические установки, регулирующие подачу хлора в зависимости от расхода и качества воды. Данные установки следует оснащать устройствами аварийной сигнализации и отключения при возникновении отклонений и повреждений.

Двуокись хлора, которую получают на месте с помощью специальных установок из хлорита натрия в процессе окисления с хлором или с раствором соляной (серной) кислоты, должна применяться при обработке воды, содержащей фенолы.

Озон, не разложившийся в контактной камере по истечении времени реакции, должен быть удален фильтрацией с применением активированного угля или другими способами его утилизации. После этого необходимо применять также хлорирование воды. Когда используется озонирование, требуется иметь аварийное энергоснабжение или установки хлорирования, работающие независимо от электросети.

Ультрафиолетовое облучение должно применяться для обеззараживания при допустимых для этого метода концентрациях в воде нерастворенных веществ (мутности), железа, марганца и содержании органических веществ.

2.9. Электропотребление, электрооборудование систем питьевого водоснабжения

2.9.1. Основные положения

Выбирать напряжение электродвигателей основных технологических электроприемников и электрооборудования надлежит в зависимости от их мощности, принятой схемы электроснабжения и с учетом перспективы развития проектируемого объекта. Исполнение электродвигателей и электрооборудования должно определяться в зависимости от окружающей среды и характеристик помещения, в котором устанавливается электрооборудование.

Компенсация реактивной мощности должна осуществляться за счет перевозбуждения синхронных электродвигателей, а при их отсутствии – с помощью статических компенсирующих устройств с автоматическим регулированием.

Распределительные устройства (РУ), трансформаторные подстанции (ТП) и щиты управления следует размещать во встраиваемых или пристраиваемых помещениях с учетом возможности их расширения. При обосновании допускается предусматривать отдельно стоящие ЗРУ, ТП и электрощитовые.

Вспомогательные сооружения технологического назначения (станции обслуживания, станции оборотного водоснабжения) должны относиться ко второй категории.

Вспомогательные сооружения обслуживающего назначения следует относить ко второй или третьей категориям в зависимости от назначения (котельные, КНС, ОНС, АБК и др.).

На площадках водозаборных сооружений с зоной санитарной охраны первого пояса (повысительные насосные станции, сооружения очистки воды) с круглосуточным обслуживанием персоналом следует предусмотреть охранное освещение по периметру ограждения: при этом светильники следует устанавливать над ограждением для освещения подступов к ограждению, самого ограждения и части запретной зоны.

2.9.2. Электроснабжение водозаборных сооружений

По степени надежности надлежит относить электроснабжение водозаборных сооружений:

- одиночных насосных станций над скважинами или группы скважин, непосредственно подающих воду (каждая в отдельности) в водопроводную сеть населенного пункта – к третьей категории;
- скважин группового водозабора – ко второй категории;
- комплекса водозаборных сооружений поверхностных вод и насосных станций первого подъема – ко второй категории.

На площадках водозаборных сооружений, работающих в автоматическом режиме, т.е. без постоянного обслуживающего персонала, допускается не предусматривать охранное освещение по периметру.

2.9.3. Электроснабжение насосных станций

Для насосных станций с переменным режимом работы должна предусматриваться возможность регулирования давления и расхода воды, обеспечивающих минимальный расход электроэнергии, с использованием оборудования, изменяющего число оборотов насоса по заданным параметрам насосной станции.

2.10. Строительство систем питьевого водоснабжения

Строительные работы по сооружению системы водоснабжения или ее отдельных элементов должны проводиться по проекту, утвержденному в установленном порядке.

Ведение строительных работ можно доверить только опытным и зарекомендовавшим себя строительным предприятиям, имеющим лицензию на данный вид деятельности.

Выполнение всех видов работ должно постоянно контролироваться предприятием водоснабжения. При отсутствии на предприятии достаточно квалифицированного персонала предприятие водоснабжения уполномо-

вает на это специалиста-эксперта, заключив с ним договор на проведение контроля соответствующего вида строительных работ.

Бурение скважин должно осуществляться исключительно специализированными предприятиями, обладающими достаточным опытом в этой области и современным оборудованием для бурения. В процессе строительства скважин следует соблюдать специальные технические требования и использовать коррозионностойкие материалы.

Системы водоснабжения до ввода в эксплуатацию необходимо очистить:

- для трубопроводов диаметром 900 мм и более посредством осмотра изнутри пролазом,
- для трубопроводов диаметром менее 900 мм посредством откачивания, предварительно проверив их состояние с помощью телеустановки.

Сети питьевого водоснабжения как впервые вводимые в эксплуатацию, так и после проведения ремонтно-профилактических работ, необходимо промыть и продезинфицировать.

После окончания работ и приемки того или иного элемента системы водоснабжения его проект и исполнительные чертежи должны надежно храниться в двух местах – на предприятиях, осуществляющих эксплуатацию, и у организации, производившей строительно-монтажные работы.

2.11. Общие требования к эксплуатации систем централизованного питьевого водоснабжения

К эксплуатационным параметрам, характеризующим эффективность запроектированной и построенной системы водоснабжения, относят удельные капитальные, энергетические и приведенные затраты на 1 м³ подачи воды.

Проект систем питьевого водоснабжения должен содержать требования к эксплуатации согласно [2], обеспечивать бесперебойную подачу воды питьевого качества и включать:

- штатное расписание;
- техническую оснащенность;
- технологический регламент режима работы сетей и сооружений;
- вид и сроки планово-предупредительных и капитальных ремонтов;
- правила техники безопасности.

Системы водоснабжения необходимо постоянно приводить в соответствие с возрастающими требованиями к качеству, объему, напору и эксплуатационной надежности. Необходимо своевременно готовить соответствующие проекты.

На рабочих местах должна находиться схема расположения основных систем и оборудования, включая трубопроводы и места дозирования реагентов. Для обслуживающего персонала как минимум в двух обозримых местах нужно разместить плакаты с правилами техники безопасности и способах предотвращения несчастных случаев. На водопроводной станции соот-

ветствующие технические правила должны всегда находиться в распоряжении рабочего персонала.

При использовании химикатов необходимо особенно четко выполнять специальные положения, правила, регулирующие обращение с ними. Требуется также наличие защитного снаряжения, как респираторы, противогазы, очки и защитная одежда, а также их регулярный контроль и проверка пригодности. Защитное снаряжение для работы с хлором и озоном не должно находиться непосредственно в помещениях дозирующего оборудования. Снаряжение следует храниться вблизи этих помещений, чтобы в случае необходимости можно было быстро и безопасно его получить.

В озоновых установках, а также в дозирочных и складских помещениях для хлора и аммиака должен осуществляться контроль воздуха с помощью сигнальных приборов.

Все необходимые данные для контроля и регулирования работы с точки зрения гигиены, техники безопасности и экономичности (химические анализы, биологические и микробиологические исследования, данные по количеству, уровню и давлению воды, расход химикатов и энергии) должны быть документально оформлены. Целесообразно сосредотачивать все измерительно-регистрирующие устройства на центральном пульте.

Согласно условиям поставки воды, потребители воды обязаны эксплуатировать водопроводные системы зданий таким образом, чтобы исключались отрицательные обратные воздействия на водопроводную сеть.

2.11.1. Эксплуатация головных сооружений

Очистку (регенерацию) водозаборных скважин и промывку сооружений водоподготовки и хранения воды (аэрационные установки, скорые и медленные фильтры, резервуары) следует проводить через определенные интервалы времени без нарушения водоснабжения. Данные процессы должны сопровождаться документированием технического обслуживания, а также возможного текущего и капитального ремонта.

Против биологической кольматации фильтров водозаборных скважин должны применяться меры профилактики – периодическое дезинфицирование.

Свойства и применение химикатов, используемых для очистки воды, должны соответствовать сертификатам, разрешающим применять их в питьевом водоснабжении. Необходимо использовать химикаты только гарантированного качества и их обеспечить надлежащее хранение с соблюдением требований действующих нормативно-технических документов.

При медленной фильтрации воды ни в одном месте фильтра не допускается превышение установленной скорости. Скорость работы фильтров должна быть по возможности равномерной.

После нового заполнения фильтра, дозагрузки песка и каждой очистки, а также после каждой остановки работы фильтра первый фильтрат не допускается отводить в резервуар чистой воды или поставлять потребителю, пока фильтрат не будет отвечать требованиям к питьевой воде по физико-

химическим показателям. Полностью или частично опорожненный медленный фильтр должен заполняться во избежание включения воздуха медленно и снизу.

Очистку скорых фильтров следует производить посредством промывания водой под напором и со сжатым воздухом. При промывке фильтра следует учитывать:

- сопротивление фильтра;
- обозначившийся разрыв фильтра;
- срок работы фильтра на основании экспериментальных исследований (например, опасность преждевременного застоя);
- эксплуатационные условия.

Фильтрат, получаемый сразу после промывки фильтра, следует удалять до тех пор, пока не будет достигнут эффект очистки. Необходимо обеспечить равномерную работу фильтров. Перед каждым прекращением работы фильтр надлежит промывать.

После кольматации инфильтрационного бассейна, в результате чего фильтруется незначительное количество воды, следует производить его очистку посредством снятия верхнего слоя шлама. Снятый материал нужно немедленно удалить из фильтровального бассейна. Периодически бассейн должен дополняться новым песком.

Массовый рост водорослей необходимо предотвращать или замедлять посредством прерывистого режима работы инфильтрационного бассейна, применения окислителей или регулирования значения pH.

Подача воды в системы питьевого водоснабжения не допускается при отсутствии установок обеззараживания воды или неэффективности процесса обеззараживания.

При ухудшении качества воды в системе питьевого водоснабжения по гигиеническим показателям установка обеззараживания должна быть немедленно включена в работу.

При загрязнении воды в распределительных системах нужно установить причину и принять меры для устранения загрязнений. Для этого необходимо предпринять усиленную промывку соответствующих участков и их дезинфекцию с помощью передвижных установок в соответствии с требованиями [2].

2.11.2 Эксплуатация установок хлорирования

Количество добавляемого хлора должно определяться целью подготовки воды.

Негерметичность емкостей и трубопроводов с газообразным хлором определяют с помощью лакмусовой индикаторной бумаги (при соприкосновении с газообразным хлором она краснеет) или при помощи ваты (ветоши), смоченной водным раствором аммиака (при взаимодействии с хлором аммиак выделяет дым белого цвета, хорошо различимый визуально).

При методе с использованием двуокиси хлора установка должна работать таким образом, чтобы дозирование ClO_2 в воду составляло не более 0,1

мг/л на соответственно 0,13 мг/л NaClO_2 . При прекращении добавления хлора или кислоты дозирование хлорита натрия должно быть немедленно прекращено. Во избежание самовозгорания не допускается контакт хлорита натрия с легко воспламеняющимися органическими веществами.

2.11.3 Эксплуатация озонаторных установок

Количество добавляемого озона определяет целью подготовки воды.

Для защиты установок производства озона от повреждений необходимо, чтобы воздух в них был безупречно сухим. Все элементы и узлы установок для производства озона должны тщательно контролироваться.

При появлении в результате озонирования воды запаха и привкуса их следует устранять посредством последующего фильтрования через активированный уголь.

При образовании микроорганизмов в процессе подключения к установке озонирования фильтра с активированным углем должно осуществляться последующее обеззараживание воды (например, с применением хлора).

2.11.4. Эксплуатация трубопроводной сети

Для водопроводной сети города (поселка) следует вести кадастр и составлять план (исполнительную схему) трубопровода, в которые периодически будут вноситься поправки. В них этих документах должны указываться положение труб относительно опорных точек, размеры и материал труб, арматура на трубопроводе. Масштаб плана трубопроводной сети должен быть 1:1000 или 1:500. Копию данного плана нужно передать эксплуатационной организации.

Для определения потерь воды эксплуатационная организация должна иметь измерительное оборудование как для воды, подаваемой станциями, так и для воды, поставляемой потребителям. Кроме того, требуется определение забора воды из гидрантов с помощью устанавливаемых на них счетчиков воды. При эксплуатации следует также определять количество воды, расходуемое на промывку трубопроводов и на пожарные цели. Чтобы обнаружить утечки, необходимо иметь поисковые устройства.

Следует обеспечивать надлежащий уход и поддержание в рабочем состоянии всей предохранительной, запорно-регулирующей и водозаборной арматуры на сетях, а также контролировать трубопроводную сеть на наличие химических и бактериологических загрязнений (особенно трубопроводов с небольшими скоростями движения воды и тупиковых участков). При обнаружении загрязнений должна проводиться промывка соответствующих участков трубопровода и, при необходимости, очистка и дезинфекция. Необходимо также установить причину загрязнения.

Чтобы иметь возможность быстро устранить повреждения водопроводной сети, необходимо иметь на складе запас трубопроводов (по номенклатуре, отдельно по материалам и размерам), а также запорной арматуры и деталей, включая соединительные элементы.

При проведении любых ремонтных работ следует вести документальные записи о виде и объемах повреждений, причинах повреждений и способах их устранения. Кроме того, требуется осуществить детальное обследование внутреннего и внешнего состояния труб, запорно-регулирующей арматуры, гидрантов и т.п. и, при необходимости, лабораторное исследование образцов.

При проектировании сетей следует обязательно предусмотреть места ввода инструментов для промывки и очистки, а также ввода реагентов для дезинфекции.

3 Состав и схемы скважинных водозаборов

3.1 Условия выбора состава сооружений скважинного водозабора

Состав сооружений и элементов скважинного водозабора определяется природными и другими условиями территории размещения водозабора с учетом критерия надежности подачи воды и потребности в резерве. К основным условиям можно отнести следующие:

- глубина залегания подземных вод,
- качество воды,
- мощность водозабора,
- удаленность источника водоснабжения от потребителя,
- количество потребителей,
- система водоснабжения (централизованная или нецентрализованная).

3.2 Основные элементы скважинного водозабора

Основными элементами скважинного водозабора являются: источник (водоносный пласт, горизонт), водозаборные скважины, насосные станции, трубопроводы, водоводы и запасно-регулирующие емкости, сборные водоводы и водоводы 1-го подъема.

Водоносный пласт (горизонт) месторождений подземных вод характеризуется следующими показателями:

- условиями залегания (глубиной, мощностью, формой и площадью распространения);
- литологическим составом слагающих его пород и граничащих с ним как в плане, так и в вертикальном разрезе;
- фильтрационными параметрами (коэффициент фильтрации, проницаемость, пьезопроводность);
- химическим составом подземных вод;
- естественными ресурсами на период запроектированной эксплуатации водозабора;
- условиями питания и разгрузки (неограниченный пласт, полуограниченный открытый, и др.);

- степень гидравлической связью со смежными водоносными горизонтами и поверхностными водами.

Водозаборные скважины характеризуются глубиной, производительностью (дебитом), конструкцией (включая параметры фильтров и бесфильтровых водоприемных частей), а также способом бурения.

Насосные станции I и II подъема характеризуются различными типами павильонов (наземные, подземные и заглубленные), различными типами водоподъемного оборудования и составом арматуры (обвязки).

С помощью водоподъемного оборудования (в насосных станциях) осуществляется подъем воды из скважины и подача ее по трубопроводам и сборным водоводам в запасно-регулирующие емкости и сооружения водоподготовки (при необходимости).

Основной элемент водоподъемного оборудования - насос, характеризуется производительностью, напором, мощностью, КПД, сроком службы. Схем

дительно-
го дей-

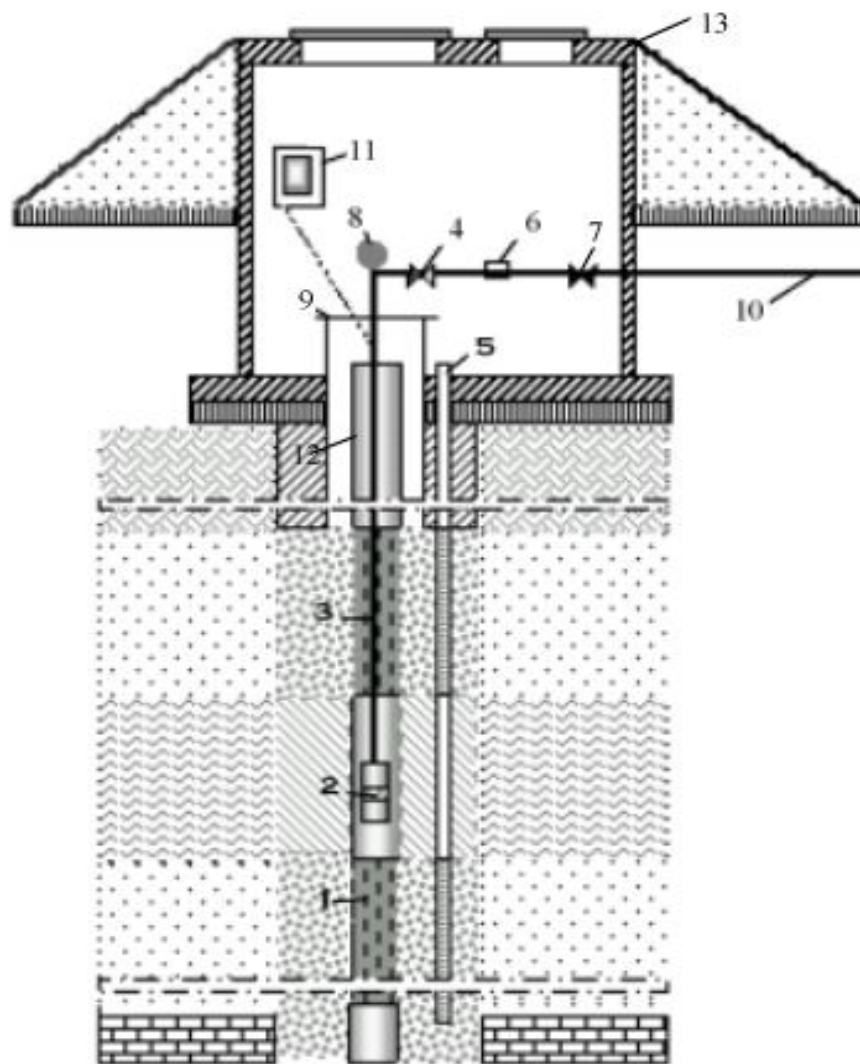


Рис. 3.1 Схема обустройства водозаборной скважины

1-фильтр; 2-погружной насос; 3-водоподъемная колонна труб; 4-обратный клапан; 5-пьезометр; 6-водомер; 7-задвижка; 8- манометр; 9-оголовок; 10 – соединительный трубопровод; 11-станция управления; 12- обсадная труба;

Трубопроводы, сборные водоводы и запасно-регулирующие емкости.

Трубопроводы и водоводы характеризуются материалом труб, диаметром, длиной и связанным с этими параметрами гидравлическим сопротивлением.

Запасно-регулирующие емкости (резервуары, контррезервуары, водонапорные башни, водовоздушные баки) характеризуются объемами для запаса воды, материалами, из которых они изготовлены, и назначением.

3.3 Схемы скважинных водозаборов

В зависимости от природных и других местных условий (глубина залегания подземных вод, качество воды, мощность водозабора, удаленность источника от потребителя, количество водопотребителей и др.) схема сооружений и взаимное расположение отдельных ее элементов могут меняться.

Скважинами должен осуществляться отбор воды в водозаборах:

- береговых, в которых водоносные горизонты имеют гидравлическую связь с постоянными поверхностными водотоками;
- из артезианских бассейнов;
- из ограниченных (закрытых и полужакрытых) водоносных пластов;

Схема расположения водозаборных скважин, их количество и параметры определяются с учетом экологических требований на основе гидрогеологических и технологических расчетов, для нескольких вариантов, по которым производится технико-экономическое сопоставление и выбор наиболее рационального варианта.

Определение схемы размещения водозаборных скважин на местности является весьма важной частью проекта водозабора. Она должна быть наиболее эффективной в гидрогеологическом и экологическом отношении, а также и экономичной по протяженности коммуникаций.

Схема размещения может быть линейной или площадной и, насколько позволяют гидрогеологические условия, наиболее компактной. Плановое расположение отдельных сооружений скважинных водозаборов может быть подразделено на следующие схемы (рис. 3.2) линейный ряд скважин расположением головных сооружений соответственно в начале водозабора и в середине; площадная схема водозаборов с двумя рядами скважин с расположением головных сооружений в начале или в середине водозабора; произвольная схема расположения скважин; кольцевая схема расположения скважин.

К примеру, при необходимости подготовки (обработки) воды (обезжелезивание) комплекс сооружений расширяется, и наоборот, при отсутствии необходимости в подготовке (обработке) воды надобность в соответствующих сооружениях отпадает.

При применении обезжелезивания «в пласте» оборудование для этого метода подготовки воды может размещаться в насосной станции I подъема.

Схемы сооружений и элементов систем водоснабжения могут существенно меняться в зависимости от многих факторов

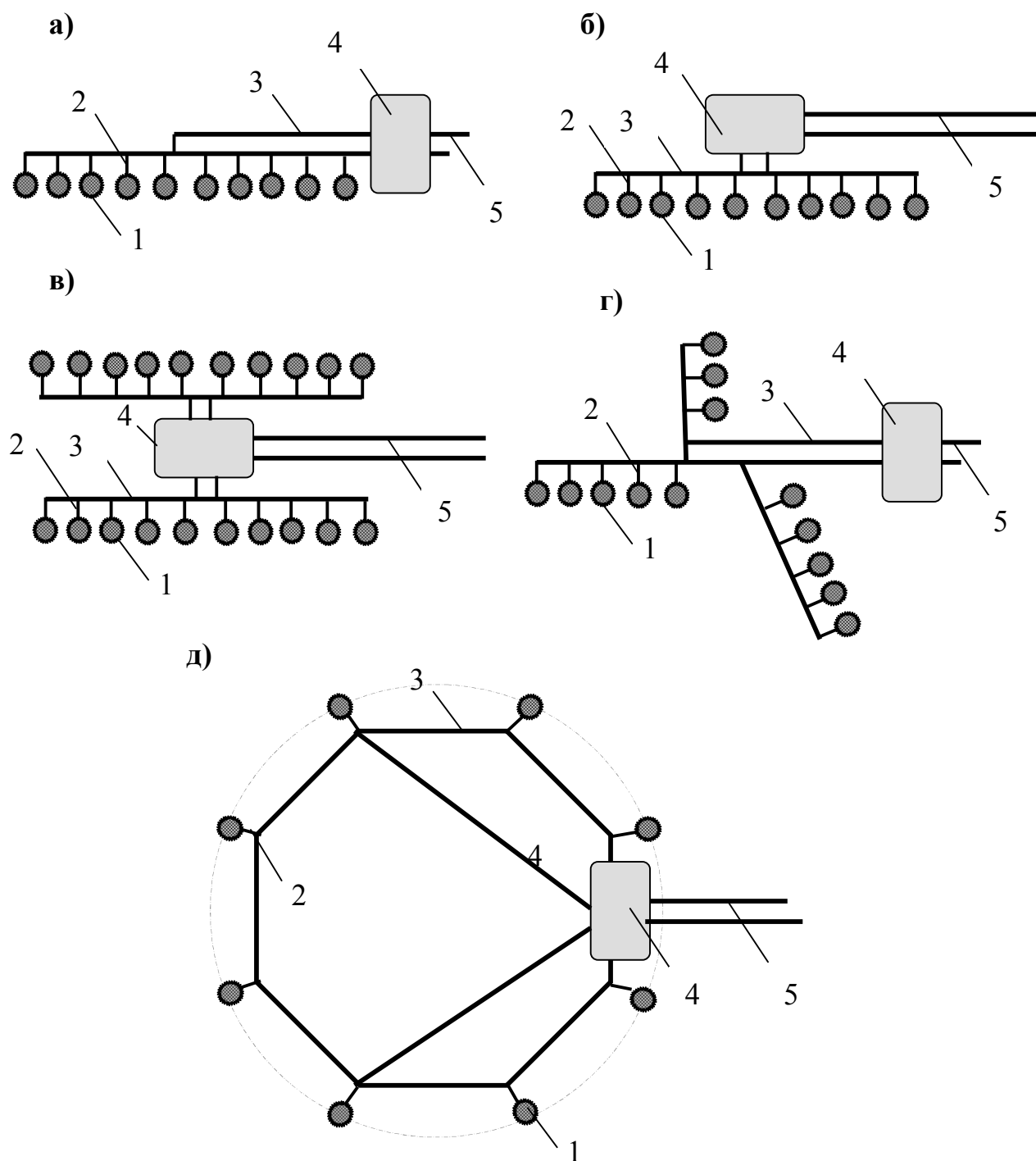


Рис. 3.2 - Плановые схемы скважинных водозаборов

1- водозаборные скважины с насосными станциями I подъема; 3-сборный водовод; 2-отводной трубопровод; 4-головные сооружения водозабора; 5 – водовод;

а, б - линейный ряд скважин с расположением головных сооружений соответственно в начале водозабора и в середине; в - площадная схема водозаборов с двумя рядами скважин с расположением головных сооружений в начале или в середине водозабора; г - произвольная схема расположения скважин; д - кольцевая схема расположения скважин.

При значительном удалении водопотребителей от источника водоснабжения и большом перепаде высот в рельефе местности может потребоваться строительство насосных станций третьего, четвертого подъема и т.д. Обобщенная схема проектирования сооружений и элементов централизованных и нецентрализованных систем водоснабжения за счет использования подземных вод (скважинных водозаборов) и мероприятий по защите подземных вод от загрязнения и истощения приведена на рис.3.3.

4. Порядок проектирования нового строительства и реконструкции скважинных водозаборов

4.1. Задачи и основные требования к проектированию

Основными задачами проектирования скважинных водозаборов являются:

- выбор и обоснование места размещения водозабора;
- выбор экономичного варианта типа, состава и схемы размещения элементов водозабора;
- выбор наиболее рациональных методов выполнения работ по сооружению водозабора;
- расчет производительности и понижений уровня подземных вод в течение срока эксплуатации водозабора;
- расчет зоны влияния проектируемого водозабора и взаимодействия с ближайшими проектируемыми и существующими водозаборами;
- оценка влияния водозабора на окружающую природную среду и разработка природоохранных мероприятий;
- оценка влияния проектируемого водозабора на перетекание подземных вод между возмущенными(каптируемым) и смежными водоносными горизонтами и последующее гидрохимическое смешение этих вод;
- оценка и прогноз качества подземных вод и при необходимости разработка мероприятий по их санации и водоподготовке;
- расчет зон санитарной охраны (ЗСО) и разработка мероприятий по защите подземных вод от загрязнения и истощения;
- разработка рекомендаций по рациональной эксплуатации и ремонту водозабора.

Требования к выбору источников питьевого водоснабжения для централизованных и нецентрализованных систем питьевого водоснабжения устанавливаются нормативными правовыми актами в области питьевого водоснабжения.

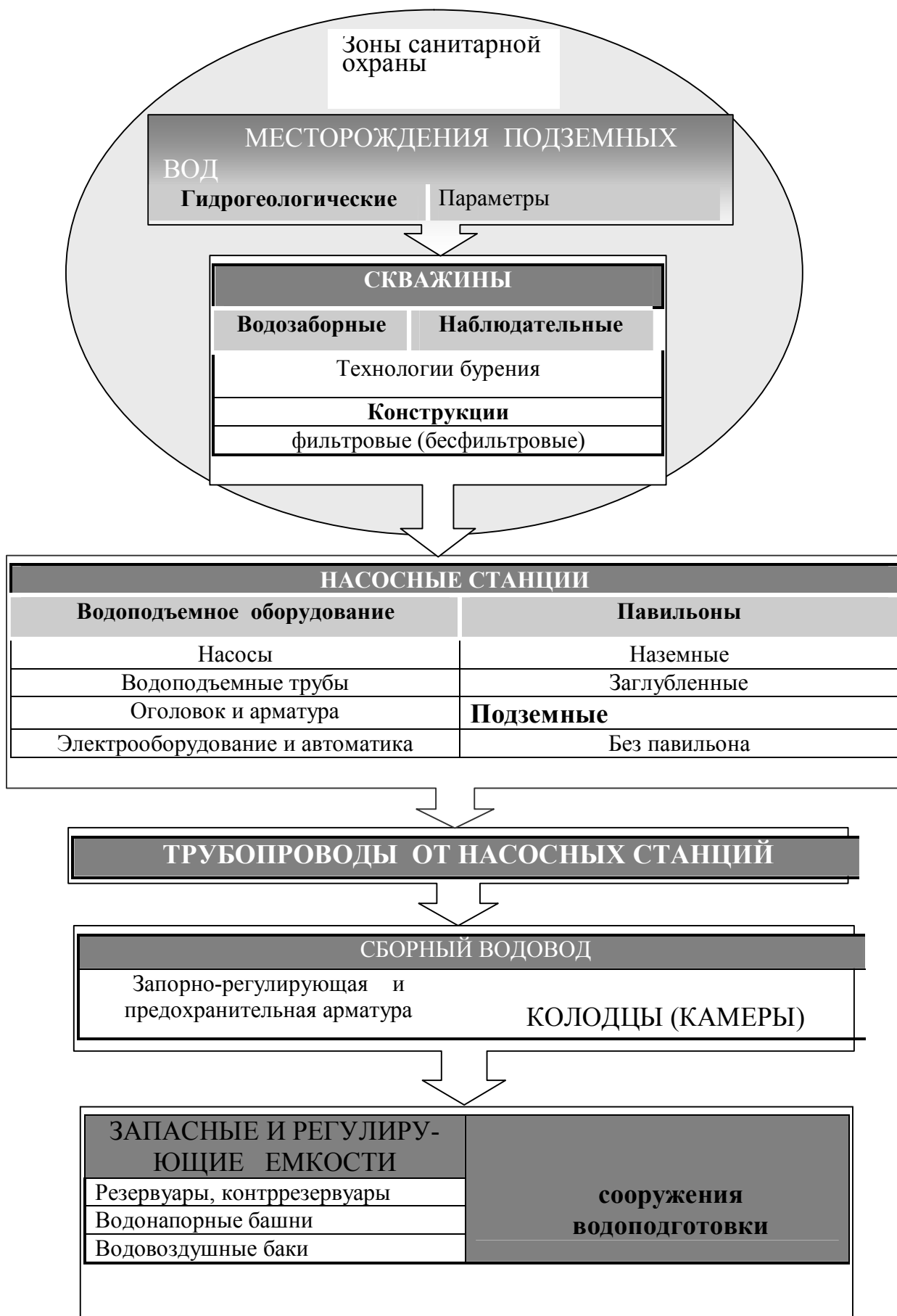


Рис. 3.3 Схема проектирования объектов и элементов скважинного водозабора

Проектирование, строительство и реконструкция централизованных и нецентрализованных систем питьевого водоснабжения осуществляется в соответствии с расчетными показателями генеральных планов населенных мест, со строительными и санитарными нормами и правилами, экологическими требованиями, государственными стандартами и согласовываются с органами государственного управления по природным ресурсам и охране окружающей среды, органами государственного санитарного надзора и другими органами государственного управления в соответствии с действующим законодательством.

Использование подземных вод питьевого качества для целей, не связанных с удовлетворением питьевых, хозяйственно-бытовых и иных нужд населения, а также удовлетворением потребностей пищевой промышленности и животноводства, как правило, не допускается.

В районах, где отсутствуют необходимые поверхностные водные источники и имеются достаточные запасы подземных вод питьевого качества, органы государственного управления по природным ресурсам и охране окружающей среды могут разрешать использование этих вод для целей, не связанных с питьевым или хозяйственно-бытовым водоснабжением населения, удовлетворением потребности пищевой промышленности и животноводства.

Предпроектная и проектная документация по размещению, строительству новых и реконструкции существующих предприятий и других объектов, влияющих на состояние вод, подлежит государственной экологической экспертизе. Строительство новых и реконструкция существующих предприятий и других объектов по проектам без положительного заключения государственной экологической экспертизы запрещается.

Для всех источников и систем питьевого водоснабжения (кроме систем питьевого водоснабжения транспортных средств) независимо от форм собственности в целях предупреждения их случайного или умышленного загрязнения, засорения и повреждения устанавливаются ЗСО.

Проект зон санитарной охраны источников и систем питьевого водоснабжения должен разрабатываться с использованием данных санитарно-топографического обследования территорий, намеченных к включению в эти зоны, а также соответствующих гидрогеологических, гидрологических, инженерно-геологических и топографических материалов.

Санитарно-эпидемиологические требования к организации и эксплуатации зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения определяются СанПиН.

Все скважины на воду, не подлежащие дальнейшему использованию, должны быть ликвидированы в установленном порядке.

Проектная документация должна разрабатываться преимущественно на конкурсной основе, в том числе через подрядные торги (тендеры)

Разработка проектно-сметной документации на строительство водозабора подземных вод с учетом поэтапного его развития выполняется по договору между заказчиком и проектной организацией.

4.2 Условия выбора подземных вод в качестве источника водоснабжения для проектирования скважинных водозаборов

Добыча подземных вод, являющихся труднодоступными источниками водоснабжения, с помощью водозаборных скважин имеет ряд специфических особенностей, которые должны учитываться при проектировании и бурении.

При выборе места расположения скважинных водозаборов должны учитываться: особенности гидрогеологических условий с учетом допустимого взаимодействия проектируемых скважин с действующими; санитарные и экологические требования, исключающие загрязнение и истощение подземных вод; экономические требования, обеспечивающие максимальное приближение скважин к потребителю и их компактное размещение; геологические требования; условия рельефа местности, исключающие затопление устья скважины грунтовыми и паводковыми водами; другие требования, обусловленные местными условиями.

При проектировании водозаборов подземных вод должен учитываться прогноз изменения гидрогеологических и других природных условий, а также качеств подземных вод. В отличие от поверхностных водных источников признаки загрязнения и истощения подземных вод обнаруживаются значительно медленнее, спустя продолжительное время

В условиях эксплуатации водозаборов нередко наблюдается ухудшение состава отбираемой воды, поэтому при проектировании водозаборов подземных вод необходимо ориентироваться не только на показатели качества воды, определенные на участке водозабора в период изысканий, но и на прогноза возможного изменения качества воды во времени. Это особенно важно для районов с неоднородным химическим составом подземных вод, а также для районов с наибольшей вероятностью загрязнения подземных вод.

Прогноз качества воды во времени необходим для определения рационального режима эксплуатации и срока действия водозабора, а также размеров ЗСО.

Подземные воды в качестве источника питьевого водоснабжения в зависимости от назначения могут быть приняты для проектирования при следующих условиях:

- запасы подземных вод удовлетворяют потребности в воде или имеется возможность их искусственного пополнения;
- качество воды удовлетворяет санитарно-гигиеническим требованиям СанПиН;
- качество воды при отклонении от указанных норм может быть доведено до требуемой кондиции различными способами водоподготовки;
- вода с отклонением от норм по отдельным ингредиентам своего химического состава по разрешению органов здравоохранения может быть подана водопотребителям;
- имеется возможность создать ЗСО водозабора в соответствии с требованиями СанПиН;
- использование подземных вод для водоснабжения в каждом конкретном случае наиболее экономично по сравнению с использованием других источников воды;

- независимо от технико-экономических соображений использование подземных вод задано специальными условиями водоснабжения.

Для производственного водоснабжения качество воды с водоподготовкой или без нее должно соответствовать требованиям технологии данного производства и обеспечивать надлежащие санитарно-гигиенические условия работы.

4.3 Проектирование резерва подачи воды.

Водозаборы для централизованных систем питьевого, производственного или иного водоснабжения по требуемой надежности подачи воды потребителю делятся на три категории. В зависимости от категории надежности устанавливаются допустимые снижения объемов подачи воды и перерывов в подаче воды в пределах установленных сроков.

Снижение подачи воды или перерывы в ее подаче потребителю возникают в результате неполадок в сооружениях и элементах систем водоснабжения.

На скважинном водозаборе к наиболее распространенным неполадкам и причинам снижения подачи и перерывов в подаче воды можно отнести следующие:

- поломки насосов;
- обрывы водоподъемных труб;
- - разрушения фильтров скважин и пескование скважин;
- кольматация фильтров и прифильтровой зоны;
- отключение (плановое или внеплановое) скважин для регенерации фильтров и прифильтровых зон.

При плановом выключении из работы отдельных скважин для ремонта или при аварийной ситуации для гарантированного обеспечения потребителей водой необходимо иметь резерв (запас) скважин и насосов.

Количество резервных скважин и насосов зависит от категории системы водоснабжения и количества рабочих скважин. В табл. 4.1 показан резерв для скважинных водозаборов.

Таблица 4.1

Резерв для скважинных водозаборов.

Количество рабочих скважин на водозаборе.	Категория систем водоснабжения					
	Количество резервных скважин на водозаборе.			Количество резервных насосов на складе.		
	I	II	III	I	II	III
От 1 до 4	1	1	—	1	1	1
От 5 до 12	2	1	—	1	1	1
От 13 и более	20*	10*	—	10*	10*	10*

* Исчисляется в % количества рабочих скважин с округлением в большую сторону.

Расположение резервных скважин зависит от схемы водозабора и гидро-геологических условий и должно обосновываться технико-экономическими расчетами. Иногда допускается перевод скважин на форсированный режим

работы (с большей производительностью) или с одновременной эксплуатация рабочей и резервной скважин (с учетом их взаимного влияния).

Резервные скважины на водозаборах подземных вод должны периодически включаться в работу на срок от 1 до 5 сут для поддержания их в рабочем состоянии, о чем необходимо специально указать в проекте водозабора (в инструкции по его эксплуатации).

4.4 Стадии и этапы проектирования скважинных водозаборов

4.4.1 Общие положения

Проектирование водозаборных скважин для систем централизованного и нецентрализованного водоснабжения и мероприятий по охране подземных вод от загрязнения и истощения осуществляется на основе сбора, обобщения и анализа исходных данных и материалов предварительных изысканий и исследований.

Этапы или стадийность проектирования скважинных водозаборов, включая проекты по защите подземных вод от загрязнения и истощения, и очередность проектирования сооружений и элементов систем водоснабжения зависят от многих факторов.

Основные из них:

- степень изученности и сложности природных и гидрогеологических условий района размещения водозабора;
- санитарно-эпидемиологические и экологические условия;
- величина водопотребления и требуемое качество воды;
- требуемая система водопотребления (централизованное или нецентрализованное водоснабжение);
- техническая сложность, размеры и перспективы развития объектов водоснабжения;
- виды работ (новое строительство, расширение, реконструкция, ремонт или ликвидация существующих водозаборов);
- требования к режиму эксплуатации водозаборных сооружений и к надежности подачи воды потребителям;
- интенсивность потока подземных вод из смежных водоносных горизонтов в каптируемый;
- наличие или отсутствие перетекания подземных вод между смежными (по разрезу) водоносными горизонтами в зоне действия водозабора.

Проектная документация разрабатывается в две (архитектурный проект и строительный проект) или одну (строительный проект с выделением утверждаемой архитектурной части) стадии.

Специфика работ по сооружению водозаборов подземных вод не позволяет безоговорочно перенести на эти работы, предусмотренные общестроительными нормами.

Для проектирования вновь строящихся водозаборов подземных вод, расширения, реконструкции и капитального ремонта действующих водозаборных сооружений требуется комплексное изучение природных условий района (участка) намечаемых работ и получение достаточных материалов для разработки экономически обоснованных проектных решений с учетом рационального использования водных ресурсов и охраны окружающей среды

Проектированию крупных водозаборов, водозаборов для централизованных систем водоснабжения должны предшествовать работы по разведке месторождения подземных вод.

В общем случае разведка месторождения подземных вод источников водоснабжения выполняются в следующей последовательности: поиски, предварительная разведка, детальная разведка и эксплуатационная разведка.

4.4.2 Оценка запасов подземных

Оценку запасов подземных вод следует производить на основании материалов разведки и утвержденных эксплуатационных и прогнозных ресурсов подземных вод /11, 12/.

Эксплуатационные запасы подземных вод по степени изученности подразделяются на разведанные – категории А, В, С₁ и предварительно оцененные – категория С₂.

Разведанные месторождения считаются подготовленными для промышленного освоения при соблюдении следующих условий:

- балансовые запасы утверждены комиссией по запасам полезных ископаемых;
- утвержденные эксплуатационные запасы должны иметь соотношение различных категорий согласно действующей «Классификации эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод»

Целесообразная степень изученности месторождений, подготовленных для промышленного освоения, должна определяться в зависимости от сложности гидрогеологических условий, а также от затрат средств и времени, требуемых на производство разведочных работ.

Месторождения или участки крупных месторождений по сложности гидрогеологических условий подразделяются на следующие группы:

- первая (1) – месторождения (участки) с простыми гидрогеологическими, гидрохимическими условиями со спокойным залеганием водоносных горизонтов, выдержанных по мощности и строению, однородных по фильтрационным свойствам водовмещающих пород, что определяет возможность экономически эффективной разведки на месторождениях (участках) этой группы запасов категории А;
- вторая (2) – месторождения (участки) со сложными гидрогеологическими условиями вследствие невыдержанности мощности и строения водоносных горизонтов и неоднородности фильтрационных свойств водовмещающих пород;
- третья (3) – месторождения (участки) с очень сложными гидрогеологическими условиями вследствие сильной изменчивости мощности и строе-

ния водоносных горизонтов и фильтрационных свойств водовмещающих пород или ограниченного (очагового) распространения водоносных горизонтов, а также с весьма сложными гидрохимическими условиями.

Запасы месторождений второй группы должны разведываться в основном по категории В и частично по категории А, так как разведка по этой категории нецелесообразна из-за низкой эффективности и высокой стоимости геологоразведочных работ.

Запасы месторождений (участков) третьей группы должны разведываться в основном по категории В и, частично, категории С₁.

Выявленные в процессе поисков запасы категории С₂ следует учитывать при составлении схем комплексного использования и охраны вод, водохозяйственных балансов и при планировании дальнейших разведочных работ на подземные воды.

При отсутствии разведанных запасов для водозаборов с производительностью до 5000 м³/сут выбор и обоснование водоисточника допускается производить по имеющимся материалам поисков, а также разведки, выполненной для любого другого назначения в данном районе, и данным об общем геологическом и гидрогеологическом строении, выдаваемым государственными органами геологической службы.

При оценке подземных водоисточников дополнительно необходимо учитывать:

- соответствие запасов потребности в воде, а при недостаточных запасах – возможность их увеличения до расчетной потребности путем искусственного пополнения;
- наличие разрешения органов государственного управления по природным ресурсам и охране окружающей среды на использование подземных вод для производственного водоснабжения или орошения сельскохозяйственных угодий.

Состав, объем и детальность изыскательских работ в каждом конкретном случае следует определять исходя из:

- степени сложности природных условий района размещения водозаборов;
- гидрогеологической изученности района;
- величины водопотребления;
- стадии проектирования и требуемой системы водоснабжения объекта (централизованная или нецентрализованная).

Материалы изысканий и обследования района (участка) для проектируемого строительства новых, или реконструкции действующих водозаборных сооружений должны быть достаточными для разработки экономически и технически обоснованных решений с учетом рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Выбор источника водоснабжения должен производиться с учетом требований, предъявляемых потребителями к качеству воды и условиям эксплуатации (постоянный или периодический водоотбор, допустимые понижения напоров и т.д.) в соответствии с ГОСТ 2761.

4.4.3 Геофизические исследования

Особое место при проведении разведочных работ занимают геофизические исследования водозаборных скважин, которые следует проводить для:

- определения геолого-литологического разреза скважины и оценки фильтрационных свойств пород;
- определения геометрических параметров скважины;
- оценки технического состояния и точного определения расположения обсадных труб;
- определения направления и скорости движения промывочной и пластовой жидкостей;
- зоны поглощения;
- интервалов и качества цементирования обсадных колонн.

Геофизические исследования обязательны в процессе проведения разведочных работ, разведочно-эксплуатационного бурения и предпроектных исследований и должны быть предусмотрены в проектной документации (см.табл.4.1).

4.4.4 Этапы проектирования

Проектирование крупных водозаборов, как правило, осуществляется в два этапа:

Первый этап – разведка со сметными расчетами стоимости.

Второй этап – строительный проект со сметными расчетами стоимости.

Для разведки месторождения подземных вод необходимо бурение значительного количества скважин различных типов (поисковые, разведочные, разведочно-эксплуатационные, наблюдательные) и выполнение большого объема опытных работ. Пробуренные на этапе изысканий скважины, имеющие необходимые эксплуатационные показатели по дебиту и качеству воды в дальнейшем включаются в эксплуатацию в качестве постоянно действующих водозаборных сооружений.

На этапе разработки проекта системы водоснабжения в целом может быть выделена очередность проектирования тех или иных сооружений водозабора.

На этом этапе выполняются проектно-изыскательские работы для определения границ ЗСО и прогноза качества воды во времени.

Проектирование использования и охраны подземных вод может также осуществляться и в составе проектов, к примеру, проектов крупных объектов промышленности или сельского хозяйства.

Проектирование водозаборов для систем нецентрализованного водоснабжения (одна - три скважины, включая резервные) и одиночных водозаборных скважин, как правило, выполняется без предварительных изысканий в один этап – строительный проект со сводными сметными расчетами стоимости.

Таблица 4.1

Условия применения методов геофизических исследований водозаборных скважин

Методы исследований			Скважина			
			в рыхлых породах		в трещиноватых, терригенных, химических и органогенных породах	
			без обсадных труб	с обсадными трубами	без обсадных труб	с обсадными трубами
Геофизические методы исследования	Электрический каротаж	естественного электрического поля (ПС)	обязательно		обязательно	обязательно
		кажущихся сопротивлений (КС)	обязательно		обязательно	
	Радиоактивный каротаж	гамма каротаж (ГК)	обязательно	при необходимости	обязательно	при необходимости
		гамма-гамма каротаж (ГГК)	обязательно	при необходимости	обязательно	при необходимости
		нейтронный каротаж (НК)	обязательно	при необходимости	при необходимости	при необходимости
	Кавернометрия и профилометрия			обязательно		обязательно
	Скважинная расходометрия			обязательно		обязательно
	Оптические методы исследования			обязательно		обязательно
Химические исследования		обязательно	обязательно	обязательно	обязательно	
Микробиологические исследования		обязательно	обязательно	обязательно	обязательно	

Проектирование одиночных скважин на воду и скважин для нецентрализованной системы водоснабжения на территориях, где разведочные работы для оценки запасов подземных вод не проводились, обосновываются данными об общем геологическом и гидрогеологическом строении района проектирования водозабора с использованием материалов по опорным скважинам.

Одиночные скважины на воду (без предварительной разведки в точке их заложения), как правило, должны проектироваться как разведочно-эксплуатационные. Это объясняется экономическими соображениями и тем, что данные опробования разведочной скважины не всегда могут быть экстраполированы на скважину большего диаметра, т.к. водоотдача зависит не только от гидрогеологических условий участка, но и от конструкции скважины и, в особенности, ее водоприемной части.

Одиночные водозаборные скважины также проектируются как разведочно-эксплуатационные на сложных по геологическому строению, гидрогеологическим и гидрохимическим условиям участках.

В проекте разведочно-эксплуатационной скважины совмещаются работы по разведке, опробованию и сооружению водозабора.

Разведочно-эксплуатационная скважина может быть переведена в эксплуатационную, если опробование вскрытого водоносного горизонта и исследование химико-бактериологического состава воды по заключению органов санитарного надзора дали положительные результаты. Объемы проб воды, виды анализа и определений приведены в Приложении П2

Проект любой разведочно-эксплуатационной скважины должен рассматриваться только как проект бурения и опробования скважины, но не как проект водозаборного сооружения в завершенном виде, так как в процессе бурения в технологию и конструкцию скважины вносятся коррективы применительно к реально встреченным условиям.

Проект бурения разведочно-эксплуатационной скважины на участке проектирования водозабора в целом представляет собой самостоятельный технический документ.

Фактические материалы по пробуренной и опробованной разведочно-эксплуатационной скважине, проверенные и подписанные проектной организацией (авторами проекта), являются основным техническим документом для проектирования остальных сооружений и элементов скважинного водозабора.

Этап проектирования скважинного водозабора на базе данных разведочно-эксплуатационной скважины, переведенной в эксплуатационную, выполняется в две очереди:

- первая очередь – проект разведочно-эксплуатационной скважины,
- вторая очередь – строительный проект водозабора в целом.

Проекты скважин на воду, проекты по охране источников водоснабжения от загрязнения и истощения, как правило, являются составной частью проекта системы водоснабжения объекта за исключением следующих случаев:

- проектирование скважин взамен вышедших из строя;
- проектирование дополнительных рабочих или резервных скважин на существующих водозаборах;
- разработка проектов на реконструкцию (капитальный ремонт) скважин;
- проектирование ЗСО для действующих водозаборов, не имеющих установленных ЗСО или проектирование новых границ ЗСО в случаях, возникших или предстоящих изменений эксплуатации источников водоснабжения.

Этапу собственно проектирования водозабора предшествуют предпроектные работы, включающие:

- сбор исходных данных с заключением о гидрогеологических условиях;
- санитарно-техническое обследование объекта водоснабжения.

Если на схемах планировочных ограничений в генеральных планах застройки территории и различных объектов зоны санитарной охраны источников водоснабжения не показаны, то на стадии выбора площадки для проектно-изыскательских работ под строительство водозабора определяется возможность создания ЗСО. Определяются ориентировочные границы ЗСО и возможные источники загрязнения.

- технико-экономическое обоснование инвестиций в строительство проектируемого водозабора на основании схемы размещения всех сооружений и элементов системы водоснабжения.

Этапы и очередность проектирования в каждом конкретном случае вытекают из решения геологической службы при выдаче заказчику согласования (гидрогеологического заключения) на забор подземных вод.

Гидрогеологическое заключение является исходным документом для проектирования, определяет возможность использования подземных вод как источника водоснабжения и содержит рекомендации по проектированию.

В зависимости от изученности и сложности гидрогеологических условий района (участка) проектирования водозабора, определяемой по *Приложение В*, в заключении излагаются рекомендации по видам работ, необходимых для получения проектной производительности водозабора, указываются параметры намеченного к использованию водоносного горизонта, качество воды, типы

проектируемых скважин (разведочные, разведочно-эксплуатационные, эксплуатационные и др.), перечень опорных скважин и гидрогеологических отчетов (материалов исследований), по району (участку) проектирования водозабора.

В заключении согласовываются ориентировочные границы ЗСО и предлагается методика расчета окончательных границ ЗСО с указанием перечня необходимых работ.

В соответствии с договором и заданием на проектные работы на стадии проектирования скважинных водозаборов могут быть выделены виды или комплексы строительных работ.

При проектировании скважинных водозаборов необходимо учитывать решения, принятые в утвержденной градостроительной документации - региональных планах, генеральных планах поселений и территорий, деталь-ных планах части поселений, промышленных и других функциональных зон.

Кроме этого, необходимо учитывать условия, изложенные в программах и генеральных схемах комплексного использования и охраны водных ресур-сов конкретного региона.

Проектирование новых и расширение существующих водозаборов осуществляется при наличии решения соответствующего органа исполни-тельной власти.

4.5 Особенности проектирования и сооружения водозаборных скважин

При проектировании скважин для размещения бурового агрегата необходимо предусмотреть отвод земельных участков от 0,04 до 0,12 га, размеры которых зависят от типа бурового агрегата.

При проектировании водозаборных скважин необходимо учитывать условия их расположения от магистральных газопроводов и нефтепрово-дов, от автомобильных дорог межгосударственного и республиканского значения согласно Таблиц 4.2-4.4. .

Таблица 4.2
Расположения скважин от магистральных газо- и нефтепроводов

Условный диаметр, мм	Расстояние, м					
	Магистральные					
	Газопроводы класса		Нефтепроводы и нефте-продуктопроводы класса			
	I	II	IV	III	II	I
300 и не менее	30	30	30	-	-	-
Св. 300	-	50	-	-	-	-
» 300 до 500	-	-	-	30	-	-
» 300 » 600	50	-	-	-	-	-
» 500 » 1000	-	-	-	-	30	-
» 600 » 800	100	-	-	-	-	-
» 800 » 1000	150	-	-	-	-	-
» 1000 » 1200	175	-	-	-	-	-
» 1000 » 1400	-	-	-	-	-	50
» 1200 » 1400	200	-	-	-	-	-

Таблица 4. 3

Расположения водозаборных скважин от автодорог

Участки дороги	Расстояние, м
Построенные в обход городов с перспективной численностью населения свыше 250 тыс. чел.	150
То же, численностью до 250 тыс. чел. и на подъездах к областным и крупным промышленным центрам.	100
На остальном протяжении дорог.	50

Таблица 4.4

Расположения водозаборных скважин от линий электропередач

Напряжение в линиях электропередачи, кВ	Расстояние, м	Напряжение в линиях электропередачи, кВ	Расстояние, м
До 1	2	150 – 220	25
1 – 20	10	330 – 550	30
35	15	750 - 800	40
110	20		

Месторасположения скважин следует устанавливать путем закрепления их устья реперами. На них должны быть составлены акт и схема, в которой указывается привязка скважины к имеющимся на местности трем постоянным ориентирам (строения, существующие скважины и т.д.), расположенным вблизи или в координатах.

В проектах водозаборных скважин наряду с конструкцией, требованиями к бурению, оборудованию и опробованию приводится перечень основных материалов, необходимых для сооружения скважин (фильтровая колонна; обсадные трубы и башмаки; породоразрушающий инструмент, вода, глина; реагенты, необходимые для приготовления буровых растворов; цемент и другие тампонажные материалы; песчано-гравийные смеси).

К проектам водозаборных скважин глубиной более 500 м разрабатываются:

- *Проект производства работ (ППР)*

в котором указываются:

- * подготовительные работы;
- * технология бурения, оборудования и опробования скважины;
- * работы по демонтажу бурового оборудования и благоустройству территории;
- * мероприятия по технике безопасности.

- *Проект организации строительства (ПОС).*

- *Строительный и генеральный план и технологическая карта.*

При сооружении водозаборных скважин глубиной до 500 м могут быть использованы типовые ППР. Проекты производства работ разрабатываются специализированными буровыми организациями или по заданию подрядной организации (исполнителя буровых работ) – генеральной проектной организацией.

Бурение не может быть начато без геолого-технического наряда (ГТН), ППР и ПОС, в котором излагается порядок согласования действий заказчика и подрядчика на строительном объекте.

В процессе бурения скважин все виды работ и основные показатели (проходка, диаметр бурового инструмента, крепление и извлечение труб, цементация, замеры уровней воды и другие операции) следует отражать в буровом журнале. При этом следует отмечать наименование пройденных пород, цвет, плотность (крепость), трещиноватость, гранулометрический состав пород, водоносность, наличие и величину пробки при проходке плывунов, появившийся и установившийся уровень воды всех встреченных водоносных горизонтов, поглощение промывочной жидкости. Замер уровня воды в скважинах при бурении следует производить перед началом работ каждой смены. В фонтанирующих скважинах уровни воды следует измерять путем наращивания труб или замером давления воды.

В процессе бурения в зависимости от фактического геологического разреза допускается в пределах установленного проектом водоносного горизонта корректировка буровой организацией глубины скважины, диаметров и глубины посадки технических колонн без изменения эксплуатационного диаметра скважины. Диаметр эксплуатационной колонны может быть изменен только по согласованию с проектной организацией. Внесение изменений в конструкцию скважины не должно ухудшать ее санитарного состояния и производительности.

Глина, вода, буровые растворы с применением различных компонентов и гравийные обсыпки, используемые при сооружении скважин на воду должны иметь санитарно-гигиенические сертификаты.

При наличии агрессивных вод должна предусматриваться антикоррозионная защита обсадных труб или применяться трубы из материалов стойких к коррозии.

Для обеспечения предусмотренного проектом гранулометрического состава материала обсыпки фильтров скважин глинистые и мелкопесчаные фракции должны быть удалены отмывкой, а перед засыпкой отмытый материал следует продезинфицировать.

Обнажение фильтра в процессе его обсыпки следует проводить путем поднятия колонны обсадных труб каждый раз на 0,5 – 0,6 м после обсыпки скважины на 0,8 – 1 м по высоте. Верхняя граница обсыпки должна быть выше рабочей части фильтра не менее чем на 5 м.

Проверка технического состояния вновь сооружаемых и существующих скважин в зависимости от конструкции осуществляется различными методами:

- наливками воды и наблюдением за изменением уровня; опрессовкой (закачкой воды под давлением);

- специальными геофизическими методами (акустическими методами, кавернометрия, расходометрия, термометрия др.);

- индикаторными (красители, химические вещества и др.) и другими методами.

При применении перечисленных методов выполняется проверка:

- Исправности (герметичности) обсадных колонн и наличия цемента в затрубном пространстве;

- Фактической высоты цементного камня в затрубном и межтрубном пространстве скважины и качества межпластовой изоляции;

- Затрубного движения воды, мест притока пластовых вод в скважину и их минерализации;

- Глубины расположения, мощности зон поглощения и интенсивности поглощения;

- Искривления ствола скважины;

- Интервала установки обсадных колонн и фильтров;

- Качества сальников.

- Положения металлических предметов в скважине;

- Глубины скважины.

При проектировании самоизливающихся скважин цементацию всех обсадных колонн и качество цементации надлежит проверять геофизическими методами или способом нагнетания воды; для тампонажа необходимо применять расширяющийся цемент.

Кондуктор следует оборудовать отводом для слива воды и последующего отведения за пределы участка; при этом должны быть приняты меры к недопущению размыва поверхности земли.

Устье самоизливающейся скважины по окончании бурения необходимо оборудовать задвижкой и штуцером для манометра.

Водозаборная скважина, подлежащая ликвидационному тампонажу, прочищается до забоя и хлорируется.

Ствол скважины в пределах водоносного слоя засыпается чистым песком, а вышележащая часть забрасывается глиной, заливается глинистым раствором или цементом.

Обсадные трубы по возможности извлекаются. На ликвидационный тампонаж составляется акт с участием представителя санитарной службы.

После завершения работ по бурению и опробованию (включая сдачу проб воды на анализы) устье скважины должно быть закрыто металлической крышкой, приваренной к обсадной трубе на период строительства насосной станции (до начала работ по монтажу водоподъемного оборудования).

Глубина скважины проверяется по данным каротажной диаграммы или по контрольному спуску бурового инструмента.

Верхняя часть эксплуатационной колонны труб должна выступать не менее чем на 0,5 м над полом наземного павильона или подземной камеры.

Габариты павильона и подземной камеры в плане следует принимать из условия размещения в нем электрооборудования и контрольно-измерительных приборов (КИП).

Высоту наземного павильона и подземной камеры надлежит принимать в зависимости от габаритов оборудования, но не менее 2,4 м.

4.6. Исходно-разрешительная документация

Исходные данные для проектных работ, предшествующих стадиям архитектурного и строительного проекта, должны содержать следующие материалы:

- техническое задание с указанием водопотребителей и мест их размещения, а также потребное количество воды на расчетный срок и перспективу, требования к качеству воды;

- топографические карты и планы различных масштабов:

- а) от 1:100000 для отдельных объектов – при разработке генеральных планов промышленных узлов, схем размещения проектируемых промышленных предприятий;

- б) от 1:1000 до 1:10000 – при разработке проектов детальной планировки;

- в) от 1:10000 до 1:25000 – при составлении генеральных планов планировки городов и других населенных пунктов;

- г) от 1:25000 до 1:100000 – при разработке проектов районной планировки;

- д) от 1:100000 до 1:300000 – при разработке схем районной планировки;

- данные о наличии месторождений подземных вод по имеющимся материалам разведки, а также по данным гидрогеологических изысканий, выполненных для любого другого назначения;

- гидрогеологические данные о возможности расширения действующих водозаборов и результатов работ, выполненных на стадии эксплуатационной разведки.

К исходным данным при разработке проектов использования подземных вод на стадиях архитектурный и строительный проект надлежит относить следующие материалы:

- техническое задание, выданное заказчиком (водопотребителем или генеральным проектировщиком) и служащее юридической основой для проектирования;

- результаты разведки подземных вод в районе размещения водопотребителя и данные об утверждении эксплуатационных запасов;

- разрешение на использование подземных вод для данного вида водоснабжения;

- топографический план участка будущего водозабора;

- оценка возможных изменений качества подземных вод под влиянием природных и техногенных факторов;
- данные о возможном влиянии отбора подземных вод проектируемым водозабором на экологическое состояние природных комплексов прилегающей к водозабору территории;
- данные об инженерно-геологических условиях участка размещения водозабора и отдельных его сооружений;
- сведения о наличии в районе размещения проектируемого водозабора современных физико-геологических явлений и процессов;
- результаты обследования технического состояния и режимов работы действующего водозабора при его расширении или реконструкции;
- сведения о местных строительных материалах, их запасах и качестве;
- топографический план участка расположения водозабора для решения задач по размещению головных сооружений, их компоновке, взаимному расположению связывающих сооружения коммуникаций (трубопроводов, подъездных дорог, линий электроснабжения, связи и управления) и по общей вертикальной планировке участка водозабора, который должен быть следующих масштабов:
 - а) от 1:100000 до 1:50000 – для общего обзора местности и учета сложившейся на ней природной и хозяйственной ситуации;
 - б) от 1:2000 до 1:1000 в виде полосы шириной 200-500 м – для проектирования линейных водозаборов;
 - в) от 1:5000 до 1:2000 – для проектирования отдельных скважин и групповых скважинных водозаборов на участках площадью более 5 км²;
 - г) от 1:2000 до 1:1000 – для участка площадью от 1 до 5 км²;
 - д) 1:1000 – для участка площадью от 0,5 до 1 км²;
 - е) 1:500 – для участка площадью менее 0,5 км²;
- прогноз изменения качества подземных вод под влиянием природных и техногенных факторов, который должен содержать:
 - а) оценку возможности притока подземных вод другого качества снизу, сверху или со стороны;
 - б) условия водоотведения стоков и складирования отходов ближайших к водозабору промышленных предприятий;
 - в) данные об имеющихся шламохранилищах, накопителях, испарительных бассейнах, составе складируемых в них стоков и отходов, режима их эксплуатации, конструктивных особенностях этих сооружений (наличие в них противофильтрационных и защитных устройств, геолого-литологические и гидрогеологические условия размещения);
 - г) данные о возможности влияния отбора подземных вод проектируемым водозабором на экологическое состояние природных комплексов на прилегающей к водозабору местности;
- данные об инженерно-геологических условиях участка и агрессивности среды размещения водозабора и отдельных его сооружений, характеризующие физическое состояние и физико-механические свойства грунтов;

- наличие в районе размещения проектируемого водозабора особых физико-геологических явлений, а также особых инженерно-геологических условий (просадочность, набухаемость, пучение грунтов, подтопление, подработка территории) с указаниями о возможном их негативном влиянии;

- результаты обследования технического состояния и режимов работы действующего водозабора при его расширении или реконструкции;

4.6.1. Порядок представления и состав исходных данных

Состав исходных данных для проектирования скважинных водозаборов определяется этапом (очередностью) проектирования и, в зависимости от конкретных условий размещения элементов системы водоснабжения по требованию местного органа управления архитектурной и градостроительной деятельностью, может быть дополнен соответствующими заключениями и согласованиями.

Необходимые исходные данные для проектирования представляются заказчиком. Ответственность за качество и достоверность представленных исходных данных для выполнения проектных работ несет заказчик. Некоторые из перечня необходимых исходных данных могут быть разработаны или получены разработчиком проекта по договору с заказчиком.

4.6.2. Исходные данные для проектирования водозаборных скважин

Исходными данными для проектирования водозаборных скважин являются следующие документы.

- Письмо-заказ на разработку проектно-сметной документации с указанием реквизитов заказчика;
- Задание на проектирование (составляется в соответствии с утвержденными проектами планировки и застройки поселений или других функциональных зон и проектами детальных планировок). Форма задания приведена в приложении ПЗ.
- Обоснование инвестиций в строительство данного объекта.
- Акт выбора земельного участка для бурения скважин с учетом возможности организации зон санитарной охраны. Выбор участка должен быть выполнен при наличии топографической основы (топографической карты) и генплана территории вокруг участка заложения скважины.
- Заключение территориального органа санитарного надзора по отводу земельного участка, включая данные о существующих источниках загрязнения.
- Экологические условия для проектирования.
- Заключение территориального органа государственного пожарного надзора.
- Решение местного органа исполнительной власти о предварительном согласовании места размещения объекта (об утверждении акта выбора земельного участка).

- Перечень водопотребителей и (или) расчет водопотребления с учетом перспективы, с четкой и достаточно полной расшифровкой водопотребления и характеристикой существующего водоснабжения.
- Акты обследования существующих скважин на территории проектирования водозабора. Акты составляются и подписываются представителями специализированной организации, выполняющей обследование, территориального центра гигиены и эпидемиологии и владельцем скважины. К актам прилагаются данные по анализам воды. Форма акта обследования приведена в Приложении П4.
- Генплан участка заложения скважин.
- Архитектурно-планировочное задание.
- Топографический план (копия из карты землепользования) объекта водоснабжения (масштаб 1:10000) с нанесением проектируемых и всех существующих скважин с их точной координатной привязкой и с паспортными номерами; с сетями водопроводов и с указанием мест размещения запасно-регулирующих емкостей, и др. геодезические материалы.
- Имеющиеся материалы инженерных изысканий и обследований на участке размещения объекта водоснабжения, топографическая съемка подземных коммуникаций или исполнительные чертежи существующих коммуникаций.
- Гидрогеологическое заключение республиканских органов геологии о возможности использования подземных вод как источника водоснабжения с рекомендациями по проектированию скважин и зон санитарной охраны. В заключении проектируемым скважинам присваиваются номера. К заключению прилагается справка о наличии или отсутствии полезных ископаемых на территории проектируемого водозабора.
- В отдельных случаях для разработки проектов скважин на воду требуются дополнительные материалы:
 - согласование с территориальными органами коммунального хозяйства при проектировании скважин в поселениях и на предприятиях при наличии централизованного водоснабжения или разведанных запасов подземных вод (водозаборов);
 - согласование с органами «Проматомнадзора» при проектировании скважин в районах горнодобывающих предприятий и на территориях залегания полезных ископаемых;
 - дополнительные согласования при проектировании скважин для водоснабжения автозаправочных станций (АЗС) с органами геологии и санитарного надзора;
 - задание на разработку тендерной документации;
 - другие материалы.

4.6.3. Исходные данные для проектирования зон санитарной охраны источников водоснабжения

Определение границ поясов ЗСО подземных источников водоснабжения для различных гидрогеологических условий проводится в соответствии с методиками гидрогеологических расчетов, согласованными с органами государственного санитарного надзора.

Заказчик представляет уполномоченному органу государственного санитарного надзора ориентировочные границы ЗСО и возможные источники загрязнения.

Подписанный акт о выборе площадки на основе положительного заключения органа государственного санитарного надзора.

Проект ЗСО должен входить в состав проекта скважинного водозабора.

После перевода разведочно-эксплуатационной скважины в эксплуатационную, на основе фактических данных границы ЗСО уточняются и все материалы по ЗСО в виде приложения к паспорту скважины передаются заказчику. Заказчик согласовывает представленные материалы по ЗСО с заинтересованными организациями в соответствии с требованиями СанПиН.

Организация выполнения санитарных мероприятий в пределах поясов ЗСО осуществляется органами местного самоуправления.

4.6.4. Исходные данные для разработки проектов по реконструкции и капитальному ремонту эксплуатационных скважин

- Письмо-заказ на разработку проектно-сметной документации с указанием реквизитов заказчика;
- Задание на проектирование;
- Обоснование инвестиций в работы по реконструкции или капитальному ремонту объекта водоснабжения;
- Акты обследования эксплуатационных скважин, подлежащих реконструкции или капремонту, включая обследования состояния насосных станций и ограждений ЗСО строгого режима (Приложение 3). К актам обследования прилагаются результаты анализов воды.

Акты составляются и подписываются представителями специализированной организации, территориального органа Госсаннадзора и владельца объекта водоснабжения;

- Согласование с территориальным органом архитектуры;
- Расчет водопотребления или перечень водопотребителей с характеристикой существующей системы водоснабжения и с указанием конкретных потребителей воды из подлежащей реконструкции (капремонту) скважины;
- Топографический план (копия карты землепользования) объекта водоснабжения (масштаб 1:10000) и другие геодезические материалы. На плане должны быть нанесены: проектируемые и существующие скважины с их точной координатной привязкой и с паспортными номерами; с сетями водопроводов и с указанием мест размещения запасно-регулирующих емкостей;

- Гидрогеологическое заключение республиканских органов геологии для проектных работ по реконструкции скважин.
- Экологические условия на проектирование.

4.6.5. Исходные данные для разработки проектов на санитарно-техническую ликвидацию (тампонаж) скважин

- Письмо-заказ на разработку проектно-сметной документации с указанием реквизитов заказчика;
- Задание на проектирование. Форма задания приведена в Приложении П5;
- Обоснование инвестиций в работы по тампонажу скважин;
- Акт обследования скважин, подлежащих тампонажу.

Заявление владельца скважины на ее ликвидацию может быть обосновано как актом обследования с заключением комиссии о необходимости ликвидации скважины, так и предписаниями органов государственного управления по природным ресурсам и охране окружающей среды, органов Госсаннадзора или республиканских органов геологии.

В процессе сооружения (проходки) скважин ликвидационный тампонаж их осуществляют организации, выполняющие их проходку. К примеру, поисковые и разведочные скважины, ненужные для дальнейшего использования или эксплуатационные на воду скважины с недостаточным дебитом или неправильной конструкцией, восстановление которых невозможно.

Ликвидация заброшенных скважин, собственника которых установить невозможно, осуществляется по решению местных исполнительных и распорядительных органов.

5. Состав и согласование проектной документации

Сооружение скважин на воду весьма специфический вид работ и состоит из сложного взаимосвязанного комплекса разведочных, гидрогеологических, геофизических, горнодобывающих и строительно-монтажных работ и поэтому к проектированию и согласованию этого комплекса работ также предъявляются особые требования.

Общепринятыми требованиями к проектной документации независимо от специфики работ являются следующие.

- Оформление проектной документации должно быть выполнено с учетом требований ГОСТ 21.101.
- Хранение и передача проектной документации разработчиком заказчику выполняется в соответствии с требованиями соответствующего нормативного документа.
- Состав проектной документации в каждом конкретном случае уточняется заказчиком и разработчиком в договоре на проектирование.

5.1 Определение состава, порядка разработки и согласования проектной документации

Состав, порядок разработки и согласования проектной документации для сооружения скважинных водозаборов определяется как с учетом специфики буровых работ, так и с учетом того, что проект на сооружение водозаборной скважины, который, в свою очередь, определяется многими факторами и является самостоятельным техническим документом при проектировании системы водоснабжения в целом. Состав проекта по использованию и охране подземных вод зависит от задания на проектирование и этапа проектирования

Проектная документация на бурение скважины на воду должна быть четко сформулирована, лаконична и с акцентированием внимания исполнителя на геологические и гидрогеологические особенности района (участка) расположения скважины. Проект должен быть прост в исполнении, экономичен, разработан с учетом получения дешевой воды, при применении современных технологий, материалов, конструкций, изделий и узлов, разрешенных организациями органами здравоохранения к применению в системах питьевого и хозяйственного водоснабжения.

В случаях, когда бурение водозаборной скважины намечается в районах с достаточной степенью гидрогеологической изученности, позволяющей определить параметры конструкции скважины для получения проектного количества и заданного качества воды – скважина проектируется как эксплуатационная.

На участках с невыдержанными гидрогеологическими и гидрохимическими условиями или в слабо изученных в гидрогеологическом отношении районах скважины проектируются как разведочно-эксплуатационные, глубина и конструкция которых корректируются в процессе бурения и опробования.

Проектная документация на сооружение скважинного водозабора должна состоять из текстовой и графической частей с приложением необходимых исходных данных и разрешительных документов.

Текстовая часть проекта скважины состоит из пояснительной записки и исходных материалов, используемых при проектировании.

Графическая часть содержит проектный геолого-технический разрез, генеральный план и схемы с нанесенными границами ЗСО.

Каждый раздел проекта должен содержать сведения, достаточные для обоснования размещения скважины, способа бурения, глубины, конструкции и т.д.

5.2 Содержание проекта водозаборной скважины

Проект водозаборной скважины должен состоять из следующих разделов.

Введение.

- 1. Краткая характеристика гидрогеологических условий района проектируемого водозабора.*
- 2. Способ бурения и конструкция скважины.*
- 3. Освоение и опробование скважины.*
- 4. Охрана природных условий.*
- 5. Организация работ и продолжительность строительства.*
- 6. Сметная документация.*
 - 6.1 Сводный сметный расчет стоимости строительства.*
 - 6.2 Локальные сметы.*
- 7. Подготовка скважины к сдаче в эксплуатацию.*
- 8. Предварительные рекомендации по эксплуатации скважины.*
- 9. Список литературы.*

Приложения.

- Исходно-разрешительная документация
- Геолого-технический разрез скважины, генплан участка и копия из карты землепользования с нанесенными проектируемыми объектами и с контурами ЗСО.

Во введении приводятся следующие сведения.

Общие сведения о потребителе, для которого проектируется скважина с описанием существующей системы водоснабжения. Исчерпывающая характеристика существующих на объекте источников водоснабжения и других сооружений водозабора, их местоположение, взаимосвязь и техническое состояние; необходимость ремонта, реконструкции, возможность использования существующих источников в дальнейшем или их ликвидация и т.д.

Потребность в воде, основанная на расчете водопотребления по соответствующим нормам с учетом требуемого качества воды и разрешения на спецводопользование. Кроме этого необходимо учитывать перспективу развития объекта или сокращение объемов водопотребления.

Точное местоположение проектируемой скважины, ее координаты или кратчайшее расстояние от вполне определенных ориентиров. Абсолютная отметка скважины.

Перечень материалов, на основе которых составлен проект, и перечень основных использованных при проектировании нормативных документов.

Наличие лицензии на право проектирования водозаборных скважин.

Перечень элементов системы водоснабжения, включенных в проект (разведочный ствол, скважина, водоподъемное оборудование, ограждение зоны строгого режима и т.д.).

Кроме того во введении определяются этапы (очередность) работ.

В проект должна быть внесена запись ответственного за разработку лица (главного инженера проекта), удостоверяющая тот факт, что проектная документация разработана в соответствии с межгосударственными и национальными нормами и стандартами.

В разделе «*Краткая характеристика гидрогеологических условий района проектируемого водозабора*» приводятся следующие сведения.

Характеристика подлежащих проходке горных пород – предварительного геолого-литологического разреза с указанием геологических индексов, глубины залегания, мощности различных прослоев пород, литологическим описанием пород с выделением водоносных горизонтов (пластов) и указанием положения уровней воды, ориентировочных дебитов, понижений и удельных дебитов скважин.

На основе гидрогеологического заключения, выданного органами геологии, и данных по опорным скважинам и (или) иных материалов приводится более детальное описание предлагаемого к эксплуатации водоносного горизонта, пласта (пластов), включающее следующие характеристики:

- площадь распространения, глубина залегания и характер взаимодействия с ближайшими водоносными горизонтами (пластами);
- литология водовмещающих пород;
- пьезометрические уровни;
- понижение, дебит, удельный дебит;
- начальный динамический уровень и динамический уровень на конечный срок эксплуатации скважины, при этом необходимо учитывать возможные взаимодействия ближайших скважин.
- основные предполагаемые физико-химические и бактериологические показатели подземных вод и возможности их изменения.

К разделу прилагаются таблицы данных по опорным скважинам и их геологические разрезы.

Раздел завершается выводами об условиях возможности получения требуемого количества подземных вод заданного качества. При необходимости проектируются мероприятия по очистке и подготовке воды.

В разделе «*Способ бурения и конструкция скважины*» обосновывается способ бурения скважины и элементы ее конструкции.

Условиями для определения конструкции скважины и способа бурения являются:

- - производительность скважины, определенная проектным заданием;
- - тип водоподъемного оборудования и связанный с ним эксплуатационный диаметр скважины;
- - глубина залегания водоносного горизонта и его мощность;
- - характеристика слагающих водоносный горизонт пород и его водообильность;
- - степень сложности геологических и гидрогеологических условий района работ, к примеру, наличие в разрезе разбухающих пород, поглощающих буровые растворы пород или валунно-галечных отложений;
- - количество и качество исходных материалов, имеющих в распоряжении разработчика проекта;
- - перспективность развития объекта водоснабжения.

При разработке конструкции скважины определяются диаметры бурения; диаметры и количества обсадных колонн, материал обсадных труб и тип соединения; интервалы затрубного и межтрубного цементаж и тампонирувания.

Определяется вид водоприемной части скважины (фильтровая, бесфильтровая), тип и размеры фильтровой колонны, требования к фильтрам. Требования к материалу гравийной обсыпки (при необходимости).

Приводятся расчеты по фильтрам и гравийной обсыпке.

Тип и размеры открытой водоприемной части бесфильтровых скважин.

В конструкции скважины кроме основных элементов – обсадных колонн и типа водоприемной части должны быть предусмотрены следующие элементы и условия: тип сальника, тип оголовка скважины; возможность замера дебита, уровня и отбора проб воды; возможность выполнения ремонтно-восстановительных работ.

Обосновывается тип водоподъемного оборудования с указанием основных параметров.

Излагаются возможные непредвиденные обстоятельства при проходке скважины, которые могут повлиять на конструкцию проектируемой скважины, и допускаемые корректировки глубины и конструкции разведочно-эксплуатационной скважины.

В разделе описывается методика и способы уточнения геологического разреза и выбора интервалов установки фильтров.

Намечается программа геофизических работ в процессе сооружения скважины и при завершении ее строительства для проверки качества цементаж и целостности обсадных колонн, местоположения рабочей части фильтра и глубины скважины.

В необходимых случаях обосновывается разработка конструкции скважины в двух вариантах – для разных способов бурения, если оба способа бурения приемлемы для данных условий.

В разделе должны быть изложены допустимые в процессе бурения коррективы и условия изменения предусмотренных проектом конструкций и глубин скважин.

К разделу прилагается геолого-технический разрез (ГТР) с перечнем основных материалов, необходимых для сооружения скважины.

В разделе «*Освоение и опробование скважины*» излагаются вопросы подготовки скважины для постоянной эксплуатации:

- способы освоения (восстановления водоотдачи) водоносного горизонта (пластов) – техника и технология освоения (гидростатические, гидродинамические, реагентные, комбинированные и др. методы);
- виды и назначение откачек;
- режим проведения пробных откачек (число понижений, величина

понижений и их последовательность, производительность откачек при каждом понижении, общая продолжительность откачек), выбор допустимого понижения;

- порядок и методика прокачек при использовании нескольких водоносных слоев. зависимость методики прокачек от длины рабочей части фильтра. особенности и порядок прокачек и откачек бесфильтровых скважин;
- типы водоподъемного оборудования, применяемого при прокачках и откачках;
- приборы и приспособления, применяемые для замеров уровней и определения дебитов; объемы мерных емкостей, требуемая точность замеров;
- порядок отбора проб воды;
- порядок наблюдений за ходом пробных откачек скважины и регистрации наблюдений.

Раздел «*Охрана природных условий*» содержит мероприятия по охране природных условий в процессе сооружения и при эксплуатации скважины, и включает:

- требования к территории для размещения бурового оборудования, инструмента, материалов, вспомогательных и временных сооружений;
- мероприятия по сохранению и использованию для благоустройства растительного слоя почвы на территории производства буровых и строительных работ;
- санитарно-технические требования к конструкции скважины (оголовки, устья, затрубные пространства скважины и др.);
- мероприятия по отводу подземных вод при производстве откачек.
- мероприятия по утилизации бурового шлама и отработанного бурового раствора;
- проект зон санитарной охраны и санитарно-оздоровительные мероприятия в поясах ЗСО с указанием потенциальных загрязнителей в этих зонах.

Раздел «*Организация работ и продолжительность строительства*» разрабатывается в соответствии с требованиями строительных норм «Организация строительного производства» с учетом специфики буровых работ и включает:

- требования в части обязательных согласований и заключений по проекту водозаборной скважины;
- требования, предъявляемые к организациям предприятиям, выполняющим буровые работы;
- перечень конкретных документов, необходимых к началу буровых и строительных работ (правила производства работ, геолого-технический наряд, правила по технике безопасности и т.д.);

- условия и порядок внесения изменений и корректировок в документацию до начала и в процессе работ;
- перечень требований к площадке строительных работ;
- взаимоотношения (обязанности и ответственности) заказчика: до начала работ, в процессе подготовки и в период производства работ;
- определение продолжительности работ по строительству водозаборной скважины со ссылкой на нормативную документацию.

Раздел «Сметная документация» является пояснительной запиской к сводному сметному расчету стоимости строительства и содержит следующие сведения:

- ссылка на территориальный район, в котором осуществляется сооружение скважины;
- метод составления сметной документации (ресурсный, ресурсно-индексный, базисно-индексный, базисно-компенсационный или метод банка данных о стоимости объектов-аналогов);
- ссылки на действующие на момент разработки сметной документации основные нормативные положения и указания по определению стоимости строительства и составлению сметной документации;
- нормы накладных расходов и плановых накоплений;
- допускаемые корректировки и уточнения сметных цен и возможности применения уточненных цен для взаиморасчетов между подрядчиками и заказчиками.
- порядок составления смет на дополнительные работы и затраты;
- условия пересчета стоимости строительства при уточнении методов выполнения и объемов работ;
- порядок определения затрат труда, машин и материалов в случаях осложнений, происшедших не по вине исполнителя буровых работ;
- порядок изыскания средств для компенсации обоснованного увеличения сметной стоимости отдельных видов работ;
- возможности и условия расходования части резерва, остающейся в распоряжении заказчика;
- порядок включения в акты приемки выполненных работ налогов и отчислений;
- другие сведения, характерные для данного вида работ.

На разных этапах составления сметной документации состав и объем ее может изменяться по согласованию между участниками инвестиционного процесса.

В разделе «Подготовка скважины к сдаче в эксплуатацию» приводится следующий перечень материалов и документации, которые оформляются подрядчиком в процессе и при завершении сооружения скважины для предъ-

явления приемочной комиссии, а также мероприятия по подготовке к сдаче в эксплуатацию непосредственно скважины.

- Сертификаты, технические паспорта или другие документы, удостоверяющие качество материалов, конструкций и деталей, применяемых при производстве строительно-монтажных работ.

- Акты скрытых работ и документы по отдельным выполненным в процессе сооружения скважины работам:

- акт на заложение скважины;
- акты на установку фильтра и цементацию обсадных колонн;
- сводная каротажная диаграмма с результатами ее расшифровки и заключением организации, выполнившей геофизические работы;
- геологический разрез с конструкцией скважины, скорректированный по данным геофизических исследований;
- журнал наблюдений за откачкой воды из водозаборной скважины;
- данные о результатах химических, бактериологических анализов и органолептических показателей воды. заключение санитарно-эпидемиологической службы;
- образцы пройденных пород и гравийной обсыпки (если используется).

Вся документация до сдачи заказчику должна быть согласована с организацией – непосредственным разработчиком проекта данной скважины. Проектная организация на основе представленных материалов при положительных результатах буровых работ согласовывает паспорт скважины. Форма паспорта скважины приведена в Приложении П6.

В случаях, когда проектная документация разработана организацией, выполняющей буровые работы, исполнительная документация до сдачи скважины должна быть согласована с органом экспертизы, выдавшим заключение на проект данной скважины.

По окончании бурения разведочно-эксплуатационной скважины, испытания ее откачкой и после сдачи проб воды на анализы верх эксплуатационной колонны должен быть закрыт металлической крышкой.

При положительном заключении органов территориально-санитарного надзора о возможности использования полученной из данной разведочно-эксплуатационной скважины воды скважина из разряда разведочно-эксплуатационной может быть переведена в эксплуатационную.

Скважина должна быть оборудована приборами для замера уровней воды, давления в водоводе, дебита и приспособлениями для отбора проб воды.

На устье скважины должен быть установлен герметический оголовок; в помещении насосной станции (на обсадной трубе или на ином месте) должны быть нанесены: номер скважины, наименование буровой организации и год бурения.

Предприятие, осуществляющее буровые работы, должна передать скважину заказчику в соответствии с правилами приемки объектов в эксплуатацию с паспортом, согласованным с проектной организацией и с рекомендациями по ее эксплуатации.

После окончания строительства полного комплекса водозабора (скважина, насосная станция над скважиной, водовод, линии электропередач и т.д.) скважина подлежит опробованию в режиме эксплуатации с целью проверки работы оборудования. Эксплуатационная откачка выполняется при постоянном дебите (на одно понижение) в течение 2-3 суток. В процессе эксплуатационной откачки проводятся замеры уровней и дебита скважины водомером с периодичностью 1 час. Результаты наблюдений (замеров) оформляются в виде акта.

Перед сдачей - приемкой скважины в эксплуатацию заказчик (владелец скважины) обязан выделить ответственное за эксплуатацию лицо для прохождения инструктажа в специализированной водохозяйственной организации.

Раздел *«Предварительные рекомендации по эксплуатации скважины»* содержит краткие предварительные рекомендации по эксплуатации скважины, которые должны быть уточнены и дополнены после бурения, обустройства и опробования скважины в эксплуатационном режиме. Результаты наблюдений (замеров) за работой скважины и водоподъемного оборудования в составе полного комплекса сооружений водозабора оформляются в виде акта.

Скважина должна быть введена в эксплуатацию в возможно короткие сроки после завершения ее сооружения.

Для потребителей, не допускающих перерыва в подаче воды, или при наличии резервных скважин, продолжительность непрерывной работы принимается равной 24 ч.

Производительность водозабора определяется в зависимости от системы водоснабжения (система водопровода с одним подъемом воды без водонапорной башни, с одним подъемом с водонапорной башней, с различными системами противопожарного водоснабжения и т.д.).

В процессе эксплуатации скважины должна быть обеспечена регистрация наблюдений за работой скважины и водоподъемного оборудования.

В специальном журнале должны фиксироваться: техническое обслуживание и ремонтные работы скважины, водоподъемного и электротехнического оборудования; замена водоподъемного оборудования; другие виды работ.

В начальный период скважина должна эксплуатироваться с производительностью, не превышающей указанной в паспорте. Со временем показатели работы скважины снижаются (дебит, удельный дебит и т.д.), поэтому перед заменой водоподъемного оборудования необходимо определять ее фактические параметры.

Кроме этого в рекомендациях по эксплуатации скважины должны быть изложены следующие требования:

- периодичность и порядок контроля качества воды (определяется территориальными органами санитарного надзора на основании требований СанПиН;
- сроки выполнения технического обслуживания оборудования;

- периодичность работ по восстановлению производительности скважины и методы регенерации в зависимости от коррозионных и других свойств подземных вод;
- условия содержания насосной станции и выполнение санитарно-оздоровительных мероприятий в зонах санитарной охраны (к паспорту скважины должны прилагаться уточненные, на основе фактических данных о скважине, размеры ЗСО и мероприятия в ЗСО).

Раздел должен содержать рекомендации владельцу скважины (водозабора) на случай выхода скважины из строя или значительного ухудшения ее работы, включая ухудшение качества воды.

5.3. Содержание проекта зон санитарной охраны источника водоснабжения

Границы ЗСО определяются для проектируемых, используемых и реконструируемых источников водоснабжения.

Организация разработки проекта ЗСО и выполнение санитарных мероприятий в пределах ее поясов осуществляются органами местного самоуправления.

Содержание разделов проекта ЗСО зависит от гидрогеологических условий района размещения источника водоснабжения, санитарного состояния участка, этапа проектирования и других факторов.

Проект ЗСО состоит из следующих разделов

Введение.

1. *Гидрогеологическая характеристика района размещения источника (источников) водоснабжения.*
2. *Качество подземных вод.*
3. *Определение границ поясов ЗСО.*
4. *Приложения:*
 - 4.1 *Исходные данные).*
 - 4.2 *Проект решения территориальных органов самоуправления.*
 - 4.3 *Графические материалы.*

Во *введении* должны содержаться следующие сведения:

- Характеристика объекта водоснабжения (наименование, местоположение, тип и цель водоснабжения, технология производства, наличие стоков и канализации, размещение скважин применительно к рельефу и т.д.).
- Наличие или отсутствие материалов гидрогеологических, гидрологических, санитарных, микробиологических исследований.
- Данные о перспективах строительства объекта водоснабжения или о сокращении водопотребления.
- Возможность схематизации и осреднения по основным расчетным параметрам реальной гидрогеологической обстановки для обоснования проекта ЗСО источника водоснабжения путем аналитических расчетов или возмож-

ность применения для расчетов ЗСО данных по территориям с аналогичными гидрогеологическими условиями.

Схематизация допускается в относительно простых гидрогеологических условиях и для предпроектной документации (на стадии выбора участка для сооружения водозаборной скважины).

- Перечень действующих нормативных документов, использованных при проектировании ЗСО.

Раздел «*Гидрогеологическая характеристика района размещения источника водоснабжения*» должен содержать следующие данные:

- Гидрогеологические данные участка с учетом возможного взаимовлияния подземных и поверхностных вод. Характеристики водоносных и водопорных пород, степень защищенности используемых водоносных пластов, расположение областей питания и распространения водоносных горизонтов, направление потоков подземных вод и т.д.

- Характеристика проектируемых или существующих водозаборных скважин (глубины, конструкции, геологические разрезы, пьезометрические уровни, дебиты, понижения и т.д.).

- Требования к проектируемым скважинам и возможность улучшения конструкций действующих скважин с учетом влияния загрязнения с поверхности или решение об их ликвидации.

- Санитарное состояние источника водоснабжения.

В разделе «*Качество подземных вод*» приводятся ожидаемые показатели качества подземных вод для вновь строящихся скважинных водозаборов и фактические данные по существующим источникам.

Сведения по качеству воды эксплуатационных скважин на момент их сдачи в эксплуатацию и за весь период эксплуатации.

Рекомендации по очистке и подготовке воды (при необходимости).

Раздел «*Определение границ поясов зон санитарной охраны*» содержит:

- Обоснование методики расчетов размеров и конфигураций ЗСО в зависимости от конкретных гидрогеологических условий, режима эксплуатации водозабора и рекомендаций, выданных комиссией по санитарному обследованию территории размещения источников водоснабжения.

- Расчет ЗСО.

- Условия обоснования возможности уменьшения (при необходимости) размеров поясов ЗСО по согласованию с заинтересованными организациями.

В отдельных случаях для водозаборов, расположенных на территории объекта, исключающего возможность загрязнения почвы и подземных вод, а также для водозаборов, расположенных в благоприятных санитарно-технических и гидрогеологических условиях, границу первого пояса ЗСО допускается приблизить к водозабору по согласованию с местными органами санслужбы на расстояние 15 или 25 м соответственно для защищенных или недостаточно защищенных водоносных пластов.

В особо трудных местных условиях при установлении надлежащих границ второго и третьего поясов их размеры в порядке исключения могут

быть уменьшены или эти пояса могут быть объединены при условии разработки специальных защитных мероприятий и при условии, что качество подземных вод от этого не ухудшится.

Указанные изменения, внесенные в процессе проектирования и план санитарных мероприятий, должны быть согласованы с санитарной службой и органами местного самоуправления.

- Перечень санитарных мероприятий в первом, втором и третьем поясах ЗСО.

- Правила и режим хозяйственного использования территорий, входящих в зону санитарной охраны всех поясов.

Приложения к проекту ЗСО.

К текстовой части проекта ЗСО прилагаются графические материалы и проект решения органов самоуправления с перечнем определенных мероприятий, согласованных с землепользователями, с указанием сроков их исполнения, исполнителей и источников финансирования.

В графические материалы включаются:

- ситуационный план с границами второго и третьего поясов ЗСО с нанесенными источниками и элементами системы водоснабжения в масштабе 1:10000 – 1:25000;
- план первого пояса ЗСО в масштабе 1:500 – 1:1000;
- план второго и третьего поясов ЗСО в масштабе 1:10000 – 1:25000;
- гидрогеологические профили по характерным направлениям в пределах области питания водозабора в тех случаях, когда для определения ЗСО были использованы данные по скважинам.

5.4 Содержание разделов проекта реконструкции и капитального ремонта водозаборной эксплуатационной скважины

Основанием для разработки проектной документации на реконструкцию (капремонт) является акт обследования с рекомендациями по его реконструкции или восстановлению с диагностикой технического состояния водозаборной скважины и, в первую очередь, ее водоприемной части.

Техническое состояние водозаборных скважин определяется специальными геофизическими методами (кавернометрия, инклинометрия, скважинное фотографирование, скважинное телевидение, расходометрия, резистивиметрия и др.)

Основанием для реконструкции скважины может быть также и заключения органов санитарной службы в тех случаях, когда использование того или иного водоносного горизонта (пласта) невозможно из-за ухудшения качества воды.

Проектно-сметная документация на реконструкцию или капремонт состоит из следующих разделов

Введение.

1. Краткая характеристика гидрогеологических условий района работ.
2. Конструкция скважины, качество подземных вод и наземные со-

оружения.

3. Результаты обследования.

4. Состав работ по реконструкции (капремонту) объекта.

5. Освоение и опробование скважины.

6. Охрана природных условий.

7. Организация и продолжительность работ.

8. Сметная документация.

8.1 Сводный сметный расчет стоимости реконструкции (капремонта).

8.2 Локальные сметы.

9. Подготовка скважины к сдаче в эксплуатацию.

10. Предварительные рекомендации по эксплуатации скважины.

11. Список литературы.

12. Приложения.

12.1 Исходно-разрешительная документация (см. гл.7 п.7.5 настоящего Пособия).

12.2 Копия паспорта скважины.

12.3 ГТР скважины.

Содержание разделов проекта: «Введение», «Краткая характеристика гидрогеологических условий», «Освоение и опробование скважины», «Охрана природных условий», «Организация и продолжительность работ», «Сметная документация», «Подготовка скважины к сдаче в эксплуатацию» и «Предварительные рекомендации по эксплуатации скважины» аналогично содержанию соответствующих разделов при проектировании вновь сооружаемых водозаборных скважин с учетом специфики работ по реконструкции (капремонту)

Раздел «Конструкция скважины, качество подземных вод и наземные сооружения» должен содержать следующие данные:

- Паспортный номер скважины, подлежащий реконструкции (капремонту), год ее сооружения, наименование организации, выполнившей буровые работы, способ бурения, глубина скважины.
- Краткую характеристику и интервал залегания используемого водоносного горизонта (пласта).
- Диаметр и интервал установки эксплуатационной колонны.
- Описание водоприемной части скважины (фильтровая, бесфильтровая), дебит, удельный дебит, статический и динамический уровни.
- Характеристики водоподъемного оборудования.
- Ссылка на документы, из которых получены перечисленные данные (данные на момент сдачи скважины).
- Данные по качеству подземных вод при сдаче скважины в эксплуатацию со ссылкой на лабораторию, выполнившую физико-химические и бактериологические исследования проб воды.
- Характеристику насосной станции, ограждения ЗСО строгого режима, электрооборудования на момент сдачи скважины.

Раздел «*Результаты обследования*» содержит сведения, изложенные в акте обследования включая:

- сроки работы скважины, изменения в конструкции, кем, когда и какие виды ремонтных работ выполнялись на скважине.
- основные показатели работы скважины и качества подземных вод на момент обследования по сравнению с первоначальными, т.е. при сдаче скважины в эксплуатацию.
- состояние водоприемной части скважины.
- состояние насосной станции, ограждение ЗСО, водоподъемного оборудования и электрооборудования.
- причины, вызвавшие необходимость выполнения работ по реконструкции (капремонту) скважины.

Раздел «*Состав работ по реконструкции (капремонту) объекта*» содержит детальный перечень намечаемых работ:

- Работы, выполняемые непосредственно в скважине (демонтаж, монтаж водоподъемного оборудования, бурение, замена труб, фильтров и т.д.).
- Рекомендации на случай невозможности извлечения обсадных труб, фильтров и т.д.
- Ожидаемые результаты работ (параметры скважины, дебит, удельный дебит, уровни, качество воды и рекомендуемое водоподъемное оборудование).
- геолого-технический разрез с указанием расхода основных материалов
- Работы по восстановлению наземных сооружений (насосная станция, ограждение ЗСО).
- Перечень организаций-подрядчиков, намечаемых для выполнения различных видов работ.

5.5 Содержание разделов проекта ликвидационного тампонажа скважины

Работы по санитарно-технической ликвидации (тампонажу) буровых скважин выполняются с целью - предупреждения и устранения загрязнения или истощения подземных вод через скважины, непригодных для дальнейшего использования по техническим, санитарным или каким-либо другим причинам (включая предотвращение перемешивания между собой вод различных горизонтов, имеющих разные напоры и различные химические составы).

Форма задания на проектирование ликвидации скважины приведена в Приложении П7.

Содержание проекта ликвидации (тампонажа) водозаборной скважины следующее.

1. Общие положения.
2. Состав и технология работ.
3. Расчет материалов для выполнения тампонажных работ.

4. Особые условия производства тампонажных работ.

5. Организация и продолжительность работ.

6. Сметная документация.

6.1 Сводный сметный расчет стоимости работ.

6.2 Локальные сметы.

7. Приложения.

7.1 Исходно-разрешительная документация

7.2 Геолого-технический разрез.

7.3 Акт на тампонаж скважины.

.Раздел «Общие положения» содержит:

- ссылки на документы, на основании которых выполняется проектирование работ по ликвидации скважины;
- перечень видов работ (ликвидация скважины, разборка насосной станции, разборка ограждения ЗСО и т.д.);
- порядок утверждения и выдачи ГТР на ликвидацию скважины.

Раздел «Состав и технология» работ содержит:

- перечень и очередность работ по ликвидации скважины в соответствии с установленными санитарно-техническими требованиями (чистка, промывка, дезинфекция ствола скважины и т.д.;
- порядок проверки герметичности цементных мостов
- требования к устанавливаемому знаку на месте затампонированной скважины, свидетельствующему о выполненной работе по ликвидации скважины;
- перечень работ по разборке насосной станции и ограждения с указанием возможности дальнейшего использования материалов, остающихся после их разборки;

В разделе указывается исполнитель этих работ (заказчик или подрядчик).

В разделе «Расчет материалов для тампонажных работ» приводится расчет материалов (дезинфектант, глина, песчано-гравийный материал, цемент, вода) как для тампонажа скважины, так и для создания специальной «подушки» над устьем скважины.

Общее количество материалов, необходимых для выполнения ликвидационного тампонажа, приводится в ГТР.

В разделе «Особые условия производства тампонажных работ» излагаются условия выполнения работ по ликвидации скважины при невозможности выполнения предусмотренных проектом работ по извлечению обсадных труб или фильтров (полное или частичное извлечение), т.е. при вынужденном изменении методики тампонажных работ.

Содержание разделов «Организация и продолжительность работ» и «Сметная документация» аналогично содержанию соответствующих разделов проекта вновь сооружаемой скважины с учетом специфики тампонажных работ.

6 КОНСТРУКЦИИ И МЕТОДЫ БУРЕНИЯ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН

Водозаборная скважина является основным элементом скважинного водозабора и от качества ее проектирования и качества строительства зависит работа водозабора в целом. Дефекты в конструкции и нарушения в работе скважины приводят к перебою работы всей системы снабжения водой того или иного объекта.

Водозаборная скважина должна отвечать двум основным требованиям: обеспечить заданное количество воды с качеством, соответствующим составу воды выбранного водоносного горизонта и быть надежной в эксплуатации. В практике сооружения скважин на воду наиболее широкое применение получили конструкции скважин, представленные на рис. 6.1, и способы бурения: ударно-канатный и вращательный с прямой или обратной промывкой.

Небольшое количество водозаборных скважин бурится шнековым, колонковым и комбинированным способами.

6.1 Конструкция водозаборной скважины

Конструкцию водозаборных скважин следует выбирать исходя из общих геологических и гидрогеологических условий участка размещения водозабора:

- глубин залегания водоносных горизонтов, подлежащих вскрытию и эксплуатации;
- литологии пород, слагающих водоносный горизонт;
- необходимого диаметра скважины и наибольшей технико-экономической целесообразности способа бурения в данных конкретных условиях.

Технико-экономическая целесообразность применения того или иного способа бурения скважин должна определяться по совокупности трех показателей:

- качество и долговечность скважины;
- срок строительства;
- стоимость строительства.

В случаях, когда не представляется возможным согласовать все три показателя, решающим должен быть, как правило, первый показатель.

Проектная глубина скважины должна назначаться в зависимости от глубины и мощности водоносного горизонта, принятого для эксплуатации подземных вод, а ее начальный и конечный диаметры – в зависимости от размеров и конструкции фильтра, насоса, намечаемого к установке, и способа бурения.

Конструкция водозаборной скважины – это схема ее устройства, в которой указываются:

- Диаметры бурения. Начальный, промежуточный и конечный диаметры породоразрушающего инструмента (долота, коронки, шнеки и др.);

• Диаметры, глубины спуска и количество обсадных колонн с указанием материалов, из которых они изготовлены и типов соединения;

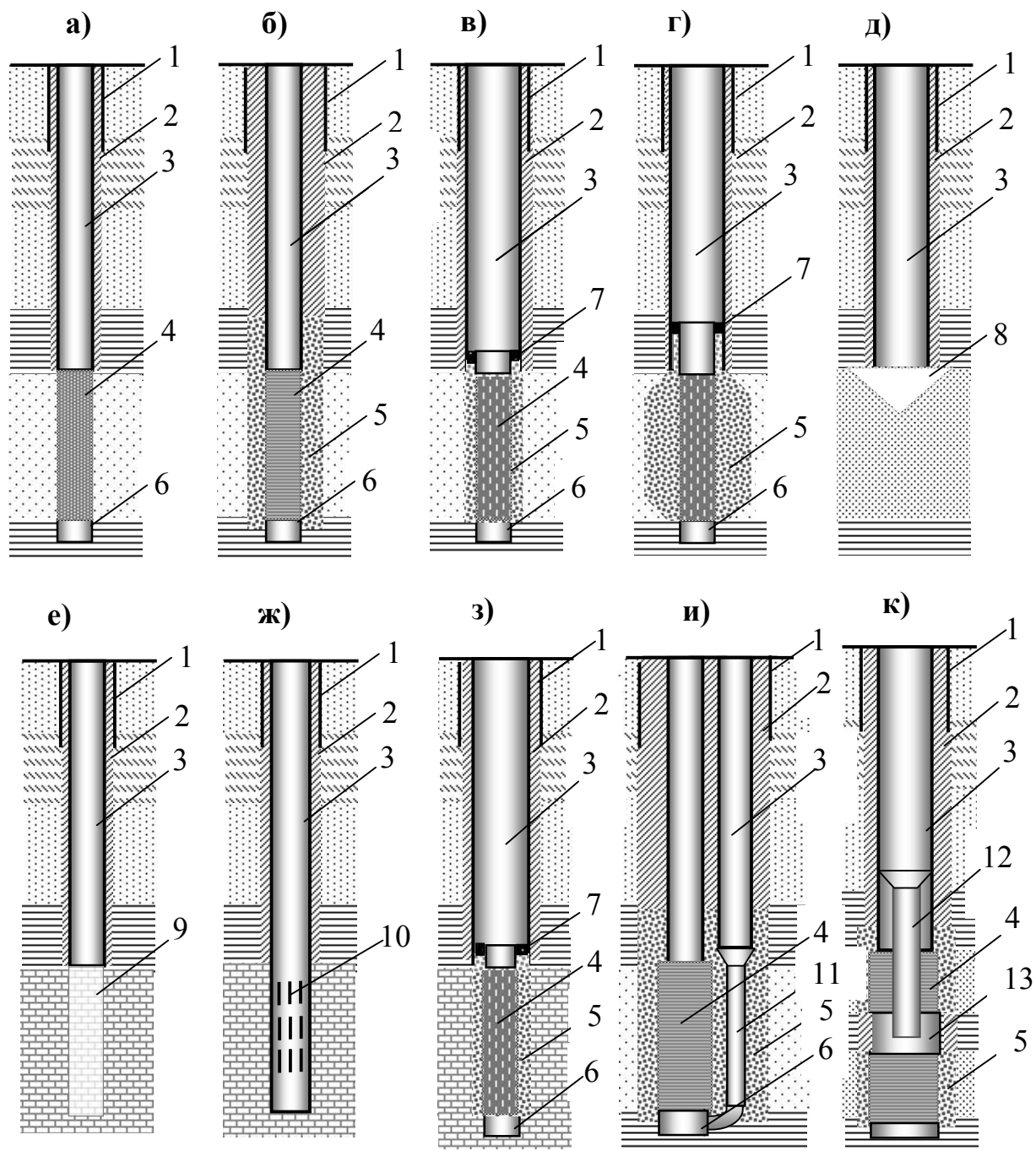


Рисунок 6.1 Типовые конструкции водозаборных скважин

а – одноколонная с сетчатым фильтром; **б** – одноколонная с фильтром с проволоочной обмоткой и гравийной обсыпкой; **в** – с фильтром, установленным в потай и гравийной обсыпкой; **г** – с фильтром, установленным в потай и расширенным контуром гравийной обсыпки; **д** – бесфильтровая скважина в рыхлых породах; **е** – бесфильтровая скважина в скальных породах;

ж – с опорным каркасом в скальных породах; **з** – с фильтром, установленным в скальных породах и гравийной обсыпкой; **и** – двухколонная скважина; **к** – с регулированием притока по длине фильтра.

1 – кондуктор; 2 – цементация; 3 – обсадная труба; 4 – фильтр; 5 – гравийная обсыпка; 6 – отстойник; 7 – сальник; 8 – каверна; 9 – ствол без фильтра; 10 – фильтр трубчатый с отверстиями (щелевыми или круглыми); 11 – обводная труба; 12 – труба для регулирования притока воды по длине фильтра.

- Виды и размеры водоприемной части скважины (фильтровые, бесфильтровые);
- Глубина скважины;
- Места, интервалы и способы тампонирования или цементирования затрубных и межтрубных пространств;
- Варианты обустройства устья и забоя скважины, типы сальников и приспособления для замеров уровней воды, дебитов и отбора проб воды;
- Приспособления для спуска и подъема фильтров.

Скважина состоит из следующих основных элементов: направляющая колонна, кондуктор, промежуточные колонны (технические колонны обсадных труб), эксплуатационная колонна, цементная или иная защита и водоприемная часть.

Фильтровая колонна (в неустойчивых водоносных породах) состоит из рабочей части, надфильтровой колонны с сальником (при необходимости) и отстойника.

При выходе надфильтровой трубы до поверхности земли (эксплуатационная колонна), а также при оборудовании водоносного горизонта в скальных трещиноватых породах перфорированными трубами (фильтрами) устройство сальника не требуется.

Если водоносные породы устойчивы или если в кровле водоносных песков залегают устойчивые породы, проектируются бесфильтровые скважины.

Обоснование конструкции является наиболее важным элементом проектирования скважины.

Выбор правильной, рациональной конструкции скважины должен базироваться на требованиях соответствующих строительных норм с учетом опыта сооружения и эксплуатации водозаборных скважин в районе размещения водозабора или в аналогичных условиях (сроки службы, сложности при эксплуатации, характер ремонтных работ и т.д.).

При выборе конструкции скважины определяющими факторами являются физико-механические свойства горных пород, слагающих геологический разрез; гидрогеологические условия; способ бурения (технические средства). Кроме этого необходимо учитывать требования к эксплуатации скважины, требования к санитарной охране, а также возможность производства ремонтно-восстановительных работ при эксплуатации скважины.

Глубина скважины определяется условиями залегания намеченного к эксплуатации водоносного горизонта – положением кровли и мощности вмещающей толщи.

Начальный и конечный диаметры скважины зависят от конструкции водоприемной части скважины, насоса и способа бурения.

Крепление стенок скважин при бурении и на период их эксплуатации обычно выполняется обсадными стальными муфтовыми и электросварными трубами. Трубы с тонкими стенками 7 – 8 мм следует применять при сво-

бодной посадке их в скважину, а с толщиной стенок 10 – 12 мм – при принудительной.

Спуск обсадных труб в скважину выполняется с целью:

- закрепления устья скважины для предохранения его от размыва промывочной жидкостью и отвода жидкости в желоба и отстойники (направляющая труба);
- закрепления неустойчивых пород и поддержания заданного направления ствола скважины (кондуктор);
- крепления стенок скважины;
- тампонирования для исключения проникновения поверхностных вод и перетоков из различных водоносных пластов (межпластовая изоляция) и санитарной защиты подземных вод;
- перекрытия поглощающих пластов;
- подвески водоподъемного оборудования.

Крепление скважины обычно выполняется несколькими колоннами обсадных труб, при этом башмаки колонн обсадных труб, как правило, должны находиться в водоупорных породах; башмак эксплуатационной колонны – в водоносной породе.

Разницу в диаметрах между предыдущей и последующей колоннами обсадных труб следует принимать не менее 100 мм.

В зависимости от диаметров обсадных колонн, типа соединения и толщины стенок обсадных труб, намечаемого выхода колонн, размеров расширителей, потребности в цементации, методики гравийной обсыпки фильтров и потребности в сальниках разница в диаметрах между предыдущей и последующей колоннами менее 100 мм должна быть в каждом конкретном случае обоснована в проекте на сооружение или реконструкцию (капремонт) скважины.

Максимальная длина одной колонны обсадных труб (выход колонн обсадных труб) зависит от их диаметра, характера проходимых горных пород и технологии работ.

При свободном спуске обсадных труб в породах разных типов выход колонн может быть более 1000 м.

При принудительной посадке колонн в зависимости от их диаметра, характера пород и применяемого оборудования выход может колебаться от 15 до 40 и более метров. Для однородных толщ пород выход колонны увеличивается, а при частом переслаивании пород различного литологического состава, особенно при чередовании рыхлых и связных пород, выход колонн резко уменьшается.

Выход колонн при ударно-канатном бурении может быть увеличен при применении вибротехники или при использовании технологии бурения с применением защитной тиксотропной рубашки.

При свободной посадке колонны труб можно применять неметаллические трубы с обязательной затрубной цементацией (указания по применению неметаллических труб для крепления скважин излагаются в специальных инструкциях изготовителя труб).

Диаметр эксплуатационной колонны труб в скважинах следует принимать с условием возможности монтажа насосов. При установке насосов с погружными электродвигателями диаметр эксплуатационной колонны принимается согласно требований каталогов заводов-изготовителей данных насосов.

Колонны обсадных труб для временного (при бурении) закрепления стенок скважины должны извлекаться. В колоннах обсадных труб для постоянной эксплуатации скважин должно производиться извлечение свободного конца труб, при этом верхний обрез обсадной трубы, остающейся в скважине, должен находиться выше башмака предыдущей колонны не менее чем на 3 м. Кольцевой зазор между оставшейся частью колонны и предыдущей колонной обсадных труб должен быть зацементирован или заделан путем установки сальника.

В сложных гидрогеологических условиях для перекрытия не закрепленных направляющей колонной водоносных пластов или пород, склонных к обвалам и поглощению промывочной жидкости, в конструкции скважины надлежит предусматривать установку дополнительных колонн обсадных труб.

6.2 Выбор способов бурения при проектировании водозаборных скважин

Способ бурения при проектировании водозаборных скважин выбирается исходя из общих геологических и гидрогеологических условий участка размещения водозабора, глубины скважины, необходимого диаметра скважины и наибольшей технико-экономической целесообразности способа бурения в данных конкретных условиях.

Технико-экономическая целесообразность применения того или иного способа бурения скважин определяется по совокупности показателей: качество и долговечность скважины, продолжительность сооружения, стоимость сооружения. В случаях, когда не представляется возможность согласовать все три показателя, решающим должен быть, как правило, первый показатель.

Наиболее полным показателем для оценки способа бурения и конструкции скважины является удельные приведенные затраты 1 м³ добываемой воды.

При выборе способа бурения водозаборных скважин следует руководствоваться рекомендациями, приведенными в таблице 6.1

Способы бурения имеют определенные преимущества или недостатки,

Ударно-канатный способ бурения (рис. 6.2) рекомендуется при:

- сооружении скважин глубиной до 150 м;
- бурении скважин на территориях со слабо изученными геологическим строением и гидрогеологическими условиями;
- необходимости предварительного и отдельного опробования водоносных горизонтов в процессе бурения;

- бурении на слабонапорные и безнапорные водоносные горизонты любой мощности;
- бурении скважин в относительно нетвердых породах и в валунно-галечниковых отложениях;
- работе на территориях, на которые затруднительна доставка глины и воды для промывки скважин в процессе бурения.

Роторное бурение с прямой промывкой (рис. 6.3) рекомендуется применять при следующих условиях:

- при бурении скважин в районах с хорошо изученными геологическими и гидрогеологическими условиями;
- при наличии напорных водоносных горизонтов в геологическом разрезе;
- при возможности выполнения скважинного каротажа;
- при возможности проведения эффективной разглинizations и освоения водоносного горизонта или проходке водоносного горизонта с промывкой чистой водой или безглинистыми буровыми растворами;
- при необходимости бурения глубоких скважин (более 100 – 150 м);
- при возможности организации непрерывного и недорогого снабжения буровой установки водой и глиной.

Роторное бурение с обратной промывкой (рис. 6.4) может быть рекомендовано в следующих случаях:

- при необходимости бурения высокодебитных скважин большого диаметра;
- при необходимости ускорить проходку скважин и до минимума снизить расход обсадных труб;
- для обеспечения надежного устройства мощных гравийных обсыпок с целью исключения пескования скважин.

Увеличение контура гравийной обсыпки существенно увеличивает водозахватную способность скважины, понижает входные скорости и, как следствие, уменьшают суффозионные явления и химический кольматаж.

Породоразрушающий инструмент – буровые долота и желонки различных конструкций – выбираются с учетом крепости буримых горных пород (Классификация горных пород по группам в зависимости от трудности и способа бурения скважин, а также по их устойчивости, приведены в СНиП IV.)

Диаметр долот и желонки при ударно-канатном бурении водозаборных скважин следует принимать:

- в устойчивых горных породах – на 100 мм больше максимально выступающих соединительных деталей (муфты, фланцы и т.д.) диаметра обсадных труб;
- в неустойчивых породах – на 6 мм меньше внутреннего диаметра обсадных труб;
- при проходке водоносных песков – диаметр желонки на 100 мм меньше внутреннего диаметра обсадных труб.

Диаметр долот при вращательном бурении водозаборных скважин следует принимать:

- в любых категориях буримых горных пород – на 100 мм больше диаметра обсадных труб;
- иное соотношение между диаметрами долот и намечаемых к посадке обсадных колонн должно быть обосновано в проекте.

Для увеличения диаметра скважины в намечаемом интервале ее глубины в зависимости от категории и устойчивости пород применяются различные типы расширителей, включая конусные башмаки-расширители, применяемые при ударно-канатном бурении.

Диаметры расширителей определяются проектом.

Необходимость бурения разведочного ствола (пилот-скважины) на месте проектируемых водозаборных скважин определяется проектом.

Проектная организация на основе гидрогеологического заключения, выданного геологической службой Республики Беларусь, определяет интервалы бурения разведочного ствола и комплекс геофизических исследований.

Диаметр разведочного ствола должен быть не более 151 мм (достаточным для спуска и подъема каротажных зондов и скважинных приборов).

В скважинах, пробуренных ударным способом, геофизические исследования выполняются в основном только для контроля качества скважины или для решения некоторых специальных задач.

Цементирование скважин (тампонаж затрубного или межтрубного пространства) выполняется в зависимости от конкретных гидрогеологических условий или на всю глубину скважин, или в определенных интервалах с учетом требований охраны подземных вод от загрязнения и истощения.

Основные цели цементирования скважин:

- изоляция скважин от проникновения в них поверхностных вод;
- изоляция эксплуатируемого водоносного горизонта от других водоносных горизонтов (разобщение водоносных горизонтов);
- закрепление обсадных труб;
- предохранение от возможных обвалов рыхлых пород и проникновения их в водоприемную часть скважины;
- создание цементных мостов в скважине;
- предохранение обсадной колонны труб от смятия внешним давлением;
- изолирование обсадных труб от коррозии.

Кроме этого цементация применяется для изоляции пластов, поглощающих буровые растворы в процессе бурения и при ликвидации непригодных в дальнейшей эксплуатации скважин.

Цементация затрубного пространства в основном выполняется в скважинах, пробуренных роторным способом.

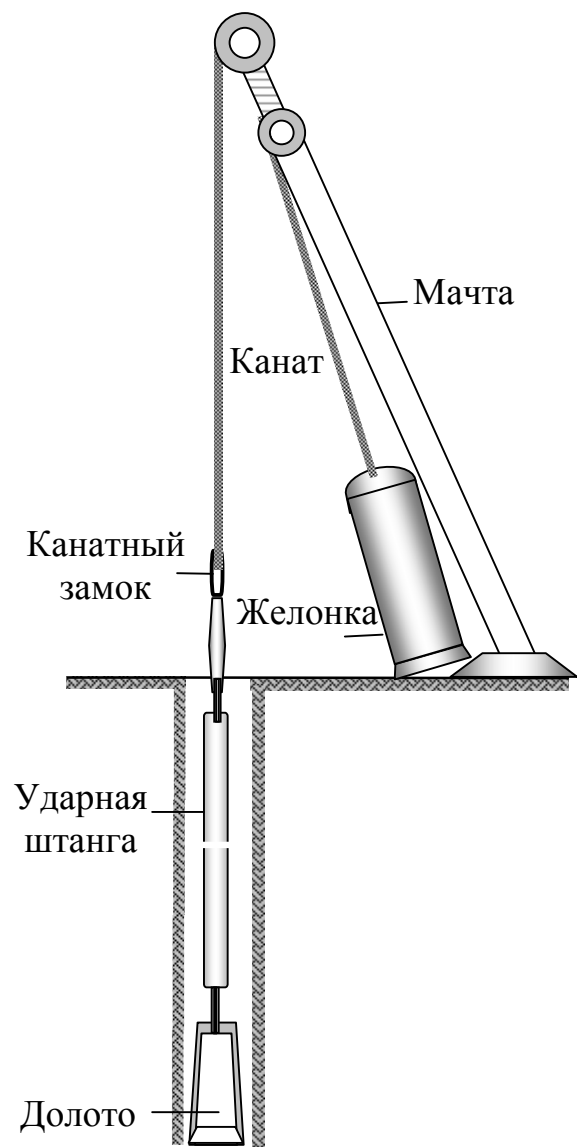


Рис. 6.1 Ударно-канатное бурение

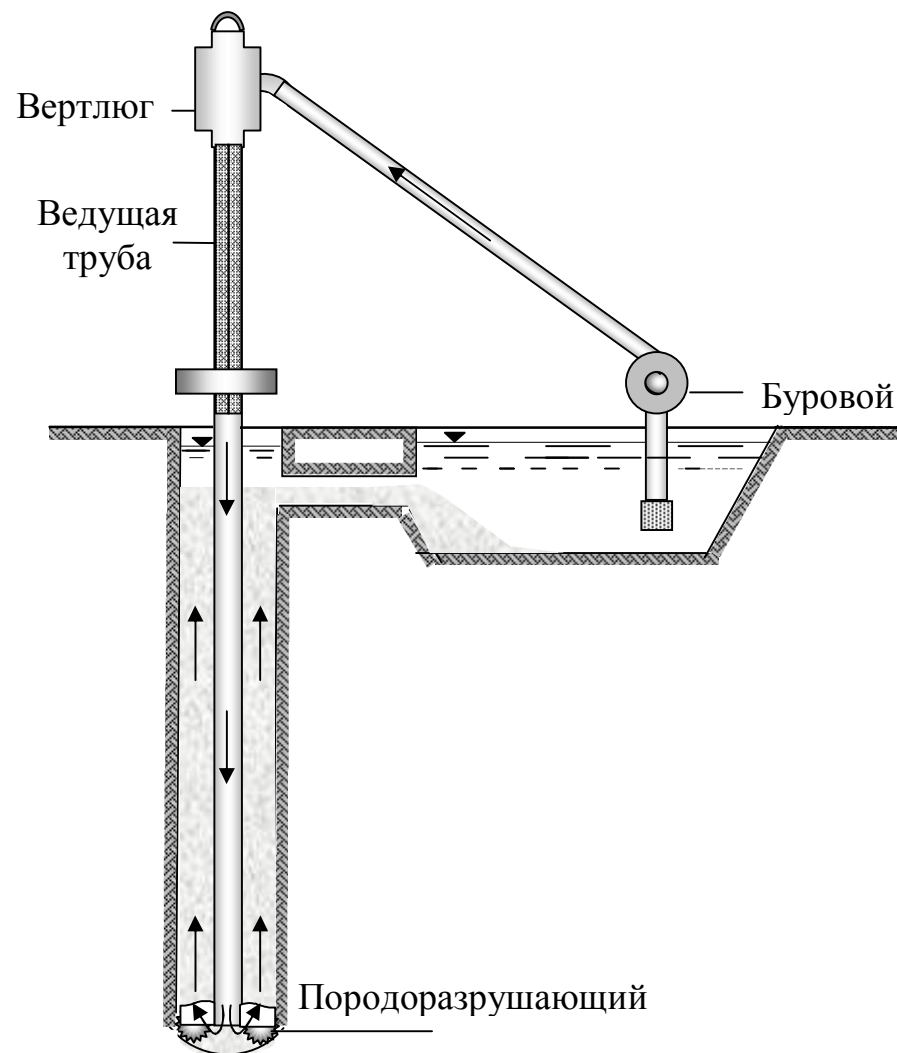


Рис. 6.2 Бурение с прямой промывкой

Таблица 6.1

Рекомендуемые конструкции фильтров и методы бурения водозаборных скважин

Горные породы водоносных горизонтов	Гравийная обсыпка	Фильтры водозаборных скважин	Методы бурения
1. Неустойчивые рыхлые (пористые) крупнообломочные породы: 1.1 Галечниковые и щебенистые (более 50% частиц крупнее 10 мм, $K_{\phi}=70-500$); 1.2 Гравийные и дресвяные (более 50% частиц крупнее 2 мм, $K_{\phi}=30-70$)	не требуется не требуется	Каркасно-стержневые и трубчатые фильтры из металлических и полимерных материалов с отверстиями (круглыми, прямоугольными, горизонтальными и вертикальными щелями), Фильтры штампованные с отверстиями “мост.” Фильтры кольцевые из полимерных материалов.	1. Ударно-канатный с опережением забоя вспомогательной колонной обсадных труб и последующим обнажением фильтра, $H=100\text{м.}$ Под защитой тиксотропной рубашки, $H=150\text{м.}$ 2. Вращательный с прямой промывкой, $H=600\text{м.}$
2 Неустойчивые рыхлые (пористые) песчаные породы (пески): 2.1 Гравелистый (более 25% частиц крупнее 2 мм), $K_{\phi}=15-30$) 2.2 Крупный (более 50% частиц крупнее 0,5 мм, $K_{\phi}=10-15$) 2.3 Средний (более 50% частиц крупнее 0,25 мм, $K_{\phi}=5-10$) 2.4 Мелкий (более 75% частиц крупнее 0,1 мм, $K_{\phi}=2-5$) 2.5 Пылеватый (более 75% частиц крупнее 0,1 мм, $K_{\phi}=0,1-2$)	не требуется возможна обязательна обязательна обязательна	Каркасно-стержневые и трубчатые фильтры из металлических и полимерных материалов с отверстиями (круглыми, прямоугольными, горизонтальными и вертикальными щелями), с (без) дополнительной водоприемной поверхностью из антикоррозионных материалов (проволочная обмотка, сетка, фильтрующая оболочка). Для всех суффозионноустойчивых песчаных пород при наличии крепкой устойчивой кровли – бесфильтровые скважины с водоприемной полостью.	1. Ударно-канатный с опережением забоя вспомогательной колонной обсадных труб и последующим обнажением фильтра, $H=100\text{м.}$ Под защитой тиксотропной рубашки, $H=150\text{м.}$ 2. Вращательный с прямой промывкой, $H=600\text{м.}$ 3. Вращательный с обратной промывкой, $H=200\text{м.}$ 4 Комбинированный с прямой и обратной промывкой, $H=600\text{м.}$

Продолжение таблицы 5

Горные породы водоносных горизонтов	Гравийная обсыпка	Фильтры водозаборных скважин	Методы бурения
3. Слабоустойчивые пористо-трещиноватые, химические и органогенные породы: 3.1 Песчаники, известняки и доломиты, мел и уголь (крупнопористые, трещиноватые и кавернозные, $K_{\phi}=70-500$) 3.2 Песчаники средне- и крупнозернистые, пористые известняки и доломиты, сланцы пористые и трещиноватые, $K_{\phi}=10-70$) 3.3 Песчаники тонко- и мелкозернистые, алевролиты и аргиллиты с малой трещиноватостью, $K_{\phi}=1-10$	не требуется не требуется возможна	Без фильтра. Каркасно-стержневые и трубчатые фильтры из металлических и полимерных материалов с отверстиями (круглыми, прямоугольными, горизонтальными и вертикальными щелями), с (без) дополнительной водоприемной поверхностью из антикоррозионных материалов (проволочная обмотка, сетка, фильтрующая оболочка) Фильтры штампованные с отверстиями типа “мост”.	1. Ударно-канатный Открытым забоем без крепления трубами, $H=150\text{м}$. 2. Вращательный с прямой промывкой, $H=600\text{м}$. 3. Вращательный с обратной промывкой, $H=200\text{м}$.
4. Устойчивые трещиноватые, химические и органогенные породы: 4.1 Песчаники, известняки, сланцы, граниты, гнейсы, порфириды, и сиениты с крупными пустотами, кавернами и зонами разлома, $K_{\phi}=50-200$ 4.2 Песчаники, известняки, сланцы, граниты, гнейсы, порфириды, сиениты и сильнотрещиноватые с вертикальными и горизонтальными трещинами $K_{\phi}=10-50$ 4.3 Песчаники, известняки, сланцы, граниты, гнейсы, порфириды, сиениты $K_{\phi}=1-10$	не требуется не требуется не требуется	Без фильтра.	1. Ударно-канатный Открытым забоем без крепления трубами, $H=150\text{м}$. 2. Вращательный с прямой промывкой, $H=600\text{м}$.
Примечание - K_{ϕ} —коэффициент фильтрации, м/сут; H - максимальная глубина бурения, м.			

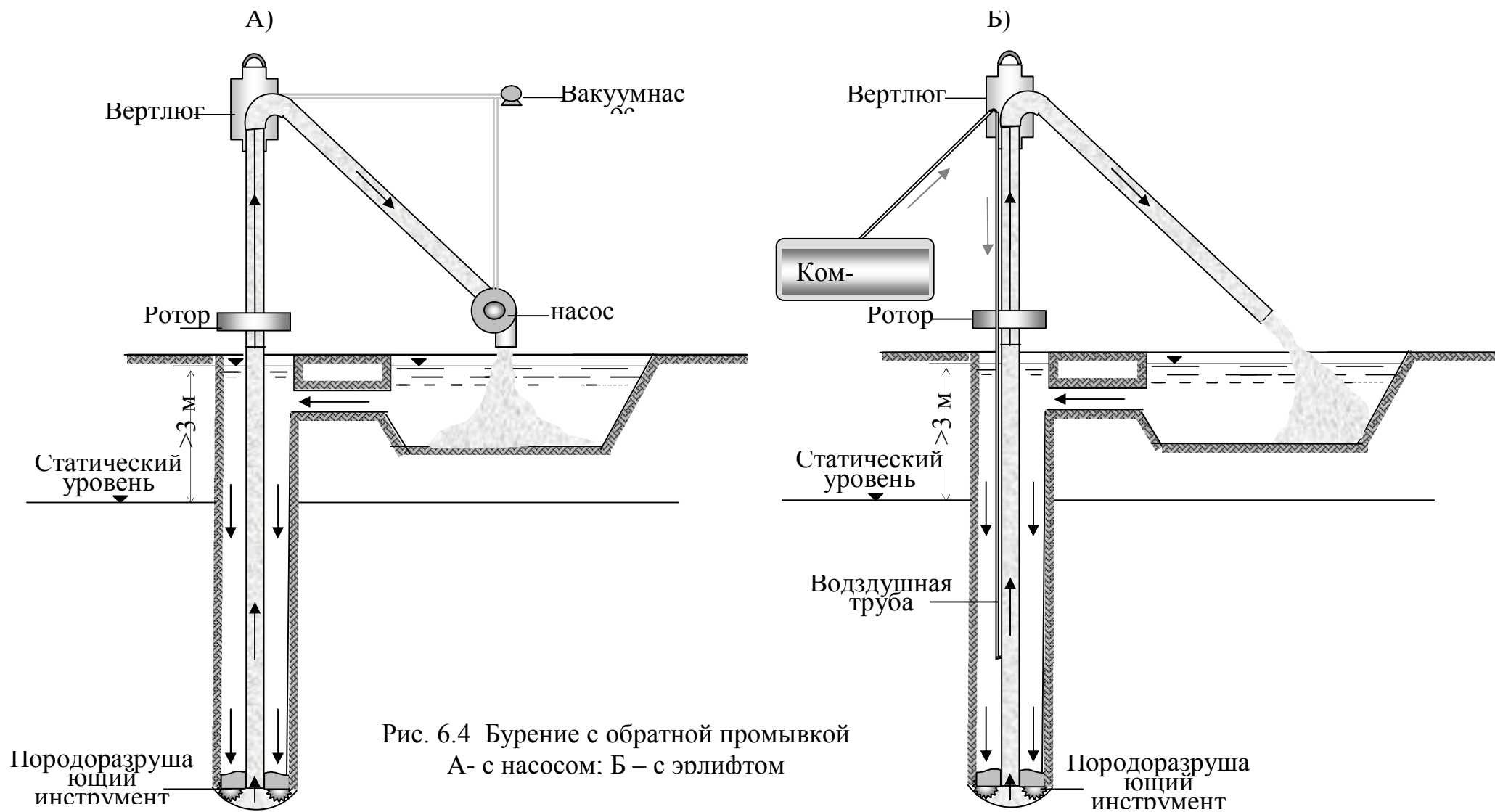


Рис. 6.4 Бурение с обратной промывкой
А- с насосом; Б – с эрлифтом

При ударно-канатном бурении для изоляции скважин, кроме межтрубной цементации, могут применяться следующие способы:

- подбашмачная цементация обсадной колонны труб при условии создания каверны на забое скважины;
- задавливание или забивка обсадной колонны труб в слой естественной глины.

Вид и интервалы цементации и изоляции скважин определяется проектом.

В сложных гидрогеологических условиях при проектировании скважин следует учитывать непредвиденные обстоятельства, в результате которых может произойти потеря диаметра бурения, т.е. задаваться конечным диаметром скважины, большим на один очередной диаметр против нормального расчетного.

6.3 Водоприемная часть скважины

Наиболее важным элементом конструкции водозаборной скважины является водоприемная часть, которая в зависимости от состава, состояния и свойств водоносного горизонта и водоупорных пород может быть бесфильтровой или оборудованной фильтрами различных типов.

6.3.1 Бесфильтровые скважины

В зависимости от свойств горных пород различают бесфильтровые скважины в устойчивых или в рыхлых водоносных породах. Если для устройства водоприемной части в устойчивых водоносных породах (открытого ствола) не требуется каких-то особых условий, то для устройства бесфильтровой водоприемной части скважины в рыхлых породах требуется ряд условий:

- наличие мощной и прочной кровли – толщи устойчивых пород, перекрывающих водоносные пески (известняки, песчаники, мергели и др.) или искусственное укрепление кровли;
- водоносный горизонт должен обладать достаточным напором;
- возможность точной фиксации глубины залегания и мощности пород кровли намечаемого к эксплуатации водоносного горизонта;
- достаточно высокие требования к точности посадки обсадной колонны относительно устойчивой кровли и степени разработки водоприемной полости (воронки);
- в недостаточно изученных районах необходимо бурение разведочных стволов с полным отбором керна для изучения свойств (крепости и др.) пород кровли.

Водоприемная часть бесфильтровой водозаборной скважины в рыхлых породах представляет собой воронку (каверну) под устойчивыми, перекрывающими водоносные пески, породами.

Дебит скважины «на каверну» в основном зависит от радиуса воронки и в меньшей степени от ее глубины.

В переслаивающихся толщах горных пород (переслаивание рыхлых песков и плотных пород) можно проектировать и сооружать бесфильтровые скважины с несколькими кавернами вдоль ствола скважины.

Бесфильтровые водозаборные скважины в рыхлых породах отличаются максимальными удельными дебитами, малой металлоемкостью и более низкими эксплуатационными затратами.

При проектировании бесфильтровых скважин в рыхлых водоносных породах следует учитывать следующие обстоятельства:

- водозаборные скважины «на каверну» могут сооружаться только в напорных водоносных горизонтах;
- погружной насос должен устанавливаться выше воронки, динамический уровень в процессе эксплуатации скважины не должен доходить до кровли воронки.

Проектирование бесфильтровых скважин в рыхлых водоносных породах необходимо выполнять в соответствии с /13/.

6.3.2 Фильтровые скважины

Гидрогеологические условия чаще всего обуславливают необходимость оборудования водозаборных скважин фильтрами, основное назначение которых заключается в том, чтобы удерживать стенки скважин от обрушения, обеспечивая при этом свободный пропуск воды в ствол скважины.

Фильтр водозаборной скважины в рыхлых неустойчивых породах следует рассматривать как вспомогательный каркас, предназначенный для формирования естественного фильтра из горных пород на его внешней поверхности.

При этом процессе, после формирования естественного фильтра в конце опытной откачки, не должен происходить вынос песчаных частиц.

При оборудовании фильтра в песках отсутствие пескования в процессе освоения скважины и прокачек следует считать отрицательным явлением, так как в этих условиях не образуется естественного фильтра, а создается уплотненная среда с малой водопроницаемостью, которая вызывает большие сопротивления при входе воды в фильтр и приводит в конечном итоге к увеличению расходов на эксплуатацию скважины.

Учитывая длительность работы скважины, интенсивность водоотбора, качество подземных вод и режим работы водозаборной скважины, фильтры должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать поступление воды в скважину с минимальными гидравлическими сопротивлениями;
- обладать необходимой механической прочностью, обеспечивающей установку фильтров на проектную глубину с учетом допустимой нагрузки от импульсного воздействия для разрушения кольматирующих отложений;

- обеспечивать поступление воды в скважину без механических примесей за исключением периода строительных откачек;
- быть устойчивыми против коррозии и инкрустации (солеотложению);
- гарантировать долговечность эксплуатации не менее 25 лет.
- материал фильтров должен быть безопасным в санитарно-гигиеническом отношении для использования в питьевом водоснабжении
- обеспечивать ремонтпригодность фильтров с применением устройств по их регенерации химическими, механическими, импульсными и комбинированными способами.

При установке фильтров во временных скважинах и в скважинах, рассчитанных на непродолжительный период работы (менее 2–3 лет), снижаются требования к материалам и их антикоррозионной защите, одновременно допустимо уменьшение скважности и размеров проходных отверстий.

В зависимости от гидрогеологических условий, глубины залегания и видов пород водоносных пластов рекомендуется применять следующие типы и конструкции фильтров:

- каркасно-стержневые;
- трубчатые с щелевыми или круглыми отверстиям;
- с проволоочной обмоткой;
- сетчатые;
- трубчатые с штампованными отверстиями типа «мост»;
- полимерные кольцевые.

Тип фильтра следует подбирать таким образом, чтобы коэффициент водопроницаемости его был бы равен или превышал коэффициент водопроницаемости водоносных пород или гравийных обсыпок.

Наиболее рациональными, обладающими рядом технико-экономических преимуществ по сравнению с другими конструкциями фильтров, являются каркасно-стержневые фильтры. Одинарная фильтрующая поверхность (профилированная проволока) доступна для химической и механической чистки, так как отсутствуют мертвые пространства между фильтрующей и опорной поверхностями /14-17/.

Расход металла на стержневой каркас примерно вдвое меньше, чем на перфорированный трубный.

Фильтры на стержневых каркасах рекомендуется применять в скважинах глубиной до 200 м.

Типы, конструкции и размеры фильтров выбираются в зависимости от характера породы водоносного горизонта, глубины скважины, дебита и режима эксплуатации в соответствии с таблицей 6.1.

Фильтровая колонна состоит из рабочей части с надфильтровой трубой и отстойником.

Диаметр фильтра при ударно-канатном бурении должен быть:

- Меньше внутреннего диаметра обсадных труб, в которые он спускается перед обнажением или меньше диаметра долота при спуске в открытый ствол в устойчивых породах – не менее чем на 50 мм;

- Другие соотношения диаметров обсадных труб открытых стволов скважин и фильтров должны обосновываться в проектах.

Диаметры фильтров при роторном бурении должны быть меньше диаметра долота не менее чем на 100 мм.

Другие соотношения диаметров долот и фильтров при роторном бурении должны быть обоснованы в проекте скважины.

Длину рабочей части фильтра для получения максимально возможного дебита теоретически следует выбирать исходя из следующих условий:

а) Однородный напорный водоносный горизонт:

- При мощности водоносного пласта до 15-20 м длина фильтра должна составлять 80-90 % мощности пласта;

- При мощности пласта более 20 м длина фильтра должна быть равна 80% мощности пласта.

б) Неоднородный напорный водоносный горизонт:

- Фильтр следует устанавливать в наиболее водопроницаемом участке водоносной толщи, определенном на основе геофизических данных, ситовых анализов, телевизионных или фотографических работ, лабораторных определений коэффициента фильтрации водоносного пласта (фармации).

в) Однородный безнапорный водоносный горизонт:

- Фильтр следует устанавливать ниже $1/3$ водоносной формации.

г) Неоднородный (с частым переслаиванием) безнапорный горизонт:

- Фильтр следует устанавливать в самом низу формации, в песках с наибольшим коэффициентом фильтрации, на $1/3$ мощности водоносного горизонта.

Для получения заданного дебита или, к примеру, для определения параметров фильтра для скважин с небольшим дебитом интервал установки рабочей части фильтра определяется проектом и уточняется в процессе проходки скважины в соответствии с документацией, геофизическими и иными исследованиями.

При расчете фильтров определению подлежат их длина, диаметр, скважность и размер проходных отверстий. Перечисленные параметры фильтра определяются с таким расчетом, чтобы входные скорости не превышали 1,5 – 2 м/мин.

При определении общей длины рабочей части фильтра соединительные муфты между секциями фильтров не учитываются.

Диаметр фильтра устанавливается исходя из проектного дебита скважины с учетом возможности при необходимости устройства гравийной обсыпки. Диаметр каркаса фильтра следует принимать не менее 100-150 мм с целью возможности выполнения различных способов ремонтных работ. Скорость движения воды в водоподъемных трубах не должна превышать 1,5-2 м/с.

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

Длина надфильтровых труб зависит от конструкции, глубины, дебита скважины и литологического состава водоносного горизонта:

а) Когда фильтр установлен на общей колонне, т.е. на колонне, доведенной до устья скважины – длина направляющей колонны максимальная (в этом случае надфильтровая труба одновременно является эксплуатационной колонной).

б) Когда фильтр установлен впотай, верхняя часть надфильтровой трубы должна находиться:

- при глубине скважины до 50 м – выше башмака эксплуатационной колонны не менее чем на 3 м;
- при глубине скважины более 50 м – выше башмака эксплуатационной колонны не менее чем на 5 м;
- при любой глубине скважины, если водоносный горизонт представлен плывунами и мелкозернистыми песками – не менее 5 м.

Между эксплуатационной колонной и надфильтровой трубой при необходимости должен быть установлен сальник (пеньковый, деревянный, резиновый, цементный и др.).

Длина отстойников в фильтровых колоннах, как правило, должна приниматься 0,5-1 м и не более 2 м.

Отстойник в основном предназначен для установки фонарей-центраторов и закрепления приспособлений для извлечения фильтров.

где D_{50} - средний диаметр зерен гравийной обсыпки у каркаса фильтра, м;

ν - кинематический коэффициент вязкости воды, $\text{м}^2/\text{с}$

u - средняя допустимая скорость притока воды в фильтр, $\text{м}/\text{с}$.

Для температуры воды $t = 10^\circ$ - $\nu = 0,00000131 \text{ м}^2/\text{с}$, $D_{50} = 2,5 \text{ мм}$

$$u = \frac{60 \cdot 0,00000131}{0,0025} = 0,031 \text{ м}/\text{с}$$

Вычисляем скорость притока воды в фильтр исходя из выражения

$$v_{\text{вх}} = \frac{Q}{F} = \frac{60}{1,77} = 33,9 \text{ м}/\text{ч} = 0,0094 \text{ м}/\text{с},$$

где рабочая площадь фильтра $F = \eta D_{\text{ф}} l_{\text{ф}} = 0,20 \cdot 3,14 \cdot 0,188 \cdot 15 = 1,77 \text{ м}^2$

Режим фильтрации соответствует ламинарному. Фильтр работает в требуемом режиме и соответствует $v_{\text{вх}} < u$.

Параметры гравийной обсыпки могут также определяться согласно [4] с учетом факторов физико-механического состояния песка продуктивного пласта наряду со скоростью фильтрации и режимом откачки.

6.3.3 Конструкции фильтров водозаборных скважин

Фильтры каркасно-стержневые

Фильтры каркасно-стержневые ФКС изготавливаются из стержней прутковой стали марок Ст3, Ст5 и Ст7 по НД (в агрессивной водной среде - из нержавеющей стали), приваренных по образующей к соединительным патрубкам и опорным кольцам по длине фильтра для жесткости каркаса. Основные параметры фильтров каркасно-стержневых приведены в таблице 6.2 и на рис. 6.5 Соединительные патрубки и опорные кольца изготавливаются из стальных труб по ГОСТ 632 и ГОСТ 8732. Соединительные патрубки должны иметь резьбу по ГОСТ 632 и ГОСТ 8732, или фаску под сварку, или стопорное соединение по НД.

Таблица 6.2

Основные параметры фильтров каркасно-стержневых

Наименование параметра		Значение параметра, мм									
Диаметр фильтра наружный, D_{ϕ}		109	122	151	170	196	247	305	357	413	462
Диаметр патрубков и опорных колец, D_{Π}		89	102	127	146	168	219	273	325	377	426
Длина патрубка	верхнего, $l_{\text{в}}$	200	200	300	300	300	300	300	300	300	300
	нижнего, $l_{\text{н}}$	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200
Ширина опорного кольца, b		30	30	30	30	30	30	30	30	50	50
Расстояние между кольцами, a		200	200	200	200	250	250	300	300	350	350
Диаметр стержня, d_c		10	10	12	12	14	14	16	16	18	18
Количество стержней, шт		8	8	10	12	14	16	16	20	24	32
Примечание - Длина фильтра - L_{ϕ} должна быть не менее 1 м и не более 5 м.											

Фильтры трубчатые стальные с отверстиями (щелевыми ФТСЩ или круглыми ФТСК)

Фильтры изготавливаются из стальных труб: обсадных - по ГОСТ 632, электросварных - по ГОСТ 10706, стальных бесшовных - по ГОСТ 8732. Длина фильтра не должна превышать 5 м.

Отверстия (щелевые или круглые) выполняются в трубах в шахматном порядке. Щелевые отверстия должны иметь ширину 10 - 30 мм и длину 30 - 100 мм и располагаются продольно по длине трубы. Расстояния между щелями по горизонтали рассчитывается исходя из параметров щели и принятой скважности фильтра с учетом прочностных характеристик. Расстояния между щелями по вертикали принимается не менее 10-20 мм.

Круглые отверстия (рис 6.6) выполняются диаметром $d_{\text{отв.}} = 10 - 24$ мм с расстояниями между отверстиями вдоль оси трубы $(1,55 - 1,7)d_{\text{отв.}}$, по окружности трубы – $(2,1 - 3,5)d_{\text{отв.}}$. Скважность фильтров с учетом прочностных характеристик не должна превышать 30 %. Фильтры должны иметь присоединительную резьбу по ГОСТ 632 или фаску под сварку.

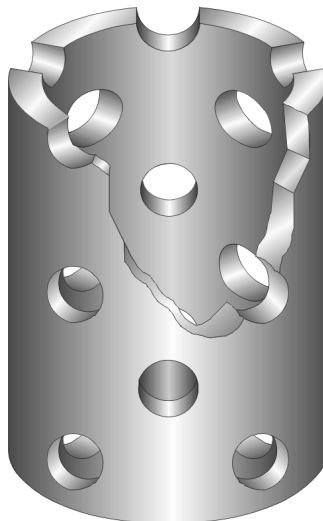


Рис. 6.6. Фильтры трубчатые стальные с круглыми отверстиями

Фильтры трубчатые полимерные с отверстиями (щелевыми ФТПЩ или круглыми ФТПО) /15/

Фильтры изготавливаются из поливинилхлоридных, полиэтиленовых и винипластовых труб.

Фильтры из поливинилхлоридных труб с щелевыми отверстиями изготавливаются в соответствии с параметрами, приведенными на рис.6.7 и в таблицах 6.3 и 6.4. Диаметры и количество отверстий фильтров из полиэтиленовых и винипластовых труб, а также взаимное расположение отверстий определяются на основании расчетов на прочность исходя из глубины установки фильтра.

Соединяются фильтры с помощью муфт, сварки, на резьбах и на винтах.

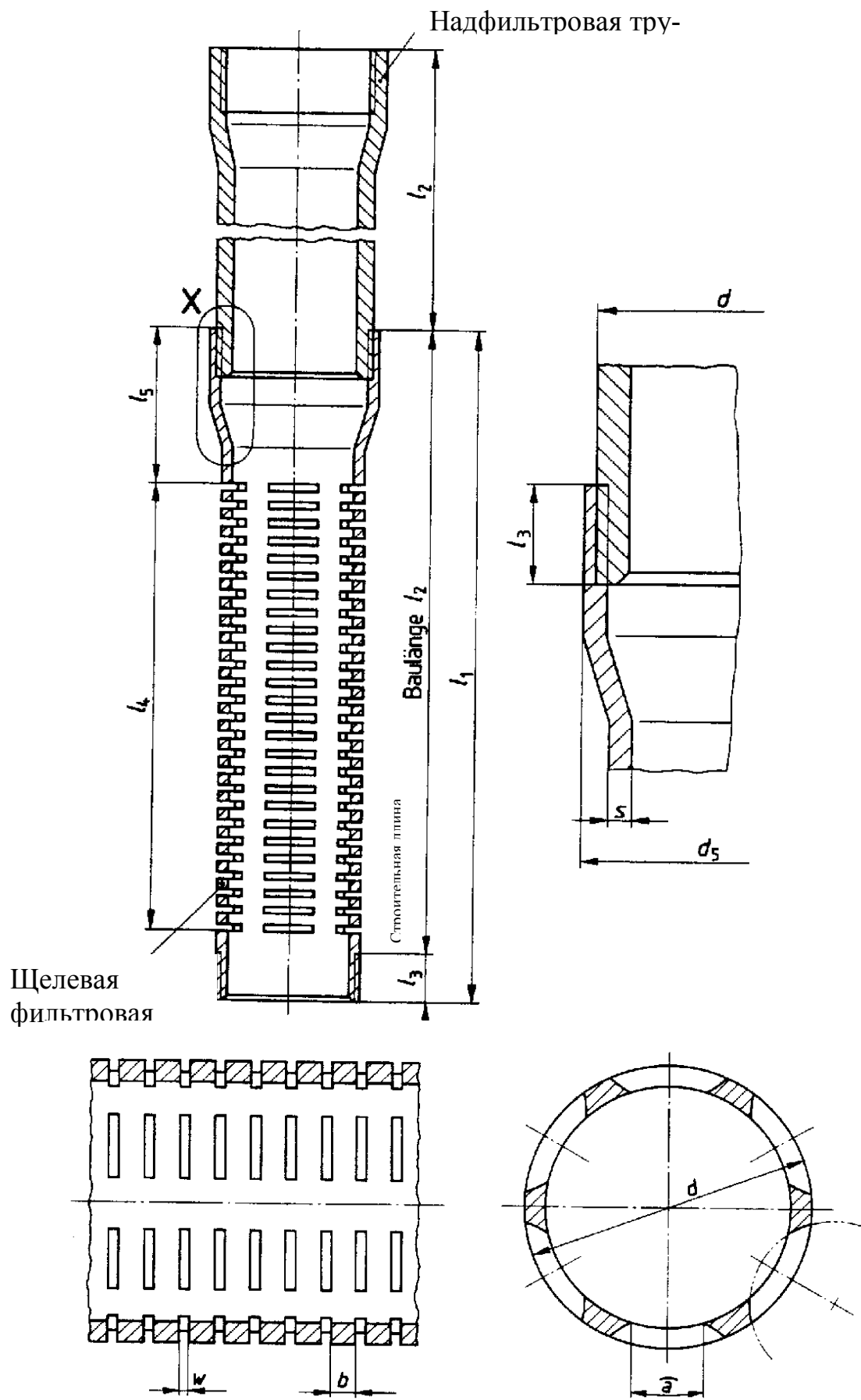


Рис. 6.7 Трубчатые поливинилхлоридные фильтры с щелевыми отверстиями /15/

Таблица 6.3

Параметры щелевых фильтров

Условный проход Dy	d		d ₅ максимальный размер	S		ℓ ₃	ℓ ₂ ± 10			ℓ ₅ ±25	ℓ ₄ ± 25		
	Номи- нальный размер	Предельное отклонение		Номи- нальный размер	Предельное отклонение		ℓ ₂ = 2000	ℓ ₂ = 3000	ℓ ₂ = 4000		ℓ ₂ = 2000	ℓ ₂ = 3000	ℓ ₂ = 4000
							Вес, включая бу, кгрезь-						
40	48	+ 0,2	56	3,5	+ 0,5	25	0,97	1,91	-	60	880	1880	-
50	60	+ 0,2	68	4,0	+ 0,6	35	1,36	2,68	-	70	870	1870	-
80	88	+ 0,3	98	4,0	+ 0,6	50	2,05	4,03	-	80	860	1860	-
100	113	+ 0,3	125	5,0	+ 0,7	60	3,17	6,20		90	850	1850	-
125	140	+ 0,4	154	6,5	+ 0,8	60	9,6	14,25	18,9	160	1800	2800	3800
150	165	+ 0,4	183	7,5	+ 1,0	60	12,9	19,1	25,4	170	1770	2770	3770
200	225	+ 0,5	247	10,0	+ 1,2	70	22,7	33,7	44,7	180	1760	2760	3760
250	280	+ 0,5	297	12,5	+ 1,5	85	32,42	47,97	63,52	220	1720	2720	3720
300	330	+ 0,6	350	14,5	+ 1,7	85	44,30	65,55	86,80	220	1720	2720	3720
350	400	+ 0,7	430	17,5	+ 2,0	85	64,74	95,79	126,83	240	1700	2700	3700
400	450	+ 0,8	485	19,5	+ 2,2	95	81,53	120,25	159,37	240	1700	2700	3700 126

Таблица 6.4

Размеры щелей трубчатых фильтров

Ширина щели w , мм			$0,3^{+0,06}_0$	$0,5^{+0,1}_0$	$0,75^{+0,2}_0$	$1,5^{+0,2}_0$	$2,0^{+0,2}_0$	$3,0^{+0,3}_0$
D_y , мм	n^*	$\sum a^{**} \pm 5\%$	Скважность в %					
40	3	85	5	6	8,5	9,5	12	
50	3	108	5	6	8,5	9,5	12	
80	3	168	5	6	8,5	9,5	12	
100	5	216	5	6	8,5	9,5	12	
125	5	240	4,5	5,5	7,5	8,5	11	
150	5	285		5,5	7,5	8,5	11	13,5
200	6	390			7,5	8,5	11	13,5
250	6	450			7	8	10	12,5
300	6	530			7	8	10	12,5
350	8	640				8	10	12,5
400	8	720				8	10	12,5
Ширина перегородки в $\pm 0,5$			4	5,5	5,5	9,5	9,5	11
*Минимальное число щелей по периметру сечения трубы.								
**Общая длина щелей по внутреннему периметру сечения трубы.								

Фильтры с проволоочной обмоткой

Фильтры изготавливаются на основе каркасов из каркасно-стержневых или трубчатых стальных или полимерных фильтров с щелевыми или круглыми отверстиями (рис.6.8) /14/.

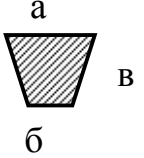
**Рис. 6.8 Фильтры с проволоочной обмоткой**

На фильтрах трубчатых стальных с отверстиями (щелевыми или круглыми) на расстоянии 40 – 65 мм должны устанавливаться по окружности продольные стальные стержни круглого или профильного сечения с поперечным размером не менее 8 – 10 мм. Продольные стержни не должны перекрывать щелевые или круглые отверстия. На фильтры навивается проволока из нержавеющей стали трапециевидного или прямоугольного сечения с поперечными размерами по таблице 6.5.

При намотке проволоки трапециевидного сечения меньшее основание должна быть обращено к наружной стенке каркаса. Проволока укладывается с зазорами между витками 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0 мм с отклонениями не более 0,1 мм. Проволока должна быть закреплена от продольного перемещения любым способом.

Таблица 6.5

Размеры поперечного сечения проволоки

Диаметр фильтра Ду	Вид сечения					
	трапециевидного			прямоугольного		квадратного
						
	а	б	в	а	б	а
50 – 175	2,5	2,3	2,5	2,5	2,3	2,5
200 – 300	3,5	2,3	3,5	3,5	2,3	3,5
350 – 450	4,2	2,7	4,2	4,2	2,7	4,2

Фильтры сетчатые

Фильтры сетчатые изготавливаются на основе каркасов из каркасно-стержневых или трубчатых стальных фильтров с отверстиями (щелевыми или круглыми).

На трубчатых стальных фильтрах с отверстиями (щелевыми или круглыми) должны устанавливаться на расстоянии 40 – 65 мм по окружности продольные стальные стержни круглого сечения диаметром 5 – 8 мм.

На каркас наматывается проволока из нержавеющей стали круглого сечения диаметром 2 – 3мм с шагом 12 – 15 мм или полимерная решетка с толщиной каркаса 2 – 3мм и ячейками 10x10 мм, поверх которых укладывается сетка из латуни или нержавеющей стали или полимерных материалов с размерами ячеек не более 0,1мм. Поверх сетки может навиваться проволока диаметром 2-3мм с шагом 20 – 30мм.

Фильтры трубчатые с штампованными отверстиями типа «мост» ФТМ /15/

Фильтры изготавливаются из листовой стали с толщиной листа

3 - 6 мм длиной 2000, 2500 , 3000, 4000 и 5000 мм штамповкой отверстий типа «мост».

Секции фильтров соединяются с помощью муфт на винтах или сваркой, а также с помощью специальной резьбы.

Конструкция и параметры фильтров и их соединений приведены на рисунке 6.9 и в таблицах 6.4 и 6.5 .

Для защиты фильтров от коррозии производится их антикоррозионное покрытие материалами, разрешенными для использования в питьевом водоснабжении.

Размеры мостиковой перфорации приведены на рисунке 2 (д) и таблице 6.6.

Таблица 6.5

Основные размеры элементов трубчатых фильтров штампованными отверстиям

Диаметр фильтра Ду	S ₁	d ₁	Резьбовое соединение						Муфтовое соединение				
			d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	S ₂	d ₂	d ₃	S ₂	Винты	
												Резьба	Количество штук
100	3	108	132	117	113	121	102	15	109,5	117,5	4	М10	4
150	3	159	183	168	164	172	153	15	161	169	4		6
200	3	206	230	215	211	219	200	15	208	216	4		8
250	4	258	280	265	261	269	250	15	260	270	5		10
300	4	308	330	315	311	319	300	15	310	320	5		10
350	4	358	370	368	361	369	350	15	360	370	5		12
400	5	410	440	420	416	424	400	20	412	424	6	М12	14
500	6	512	550	525	521	529	500	25	514	526	6	М16	20

Примечание – Резьбовое соединение приведено на рисунке 2(г, е) муфтовое соединение – на рисунке 2(б, в).

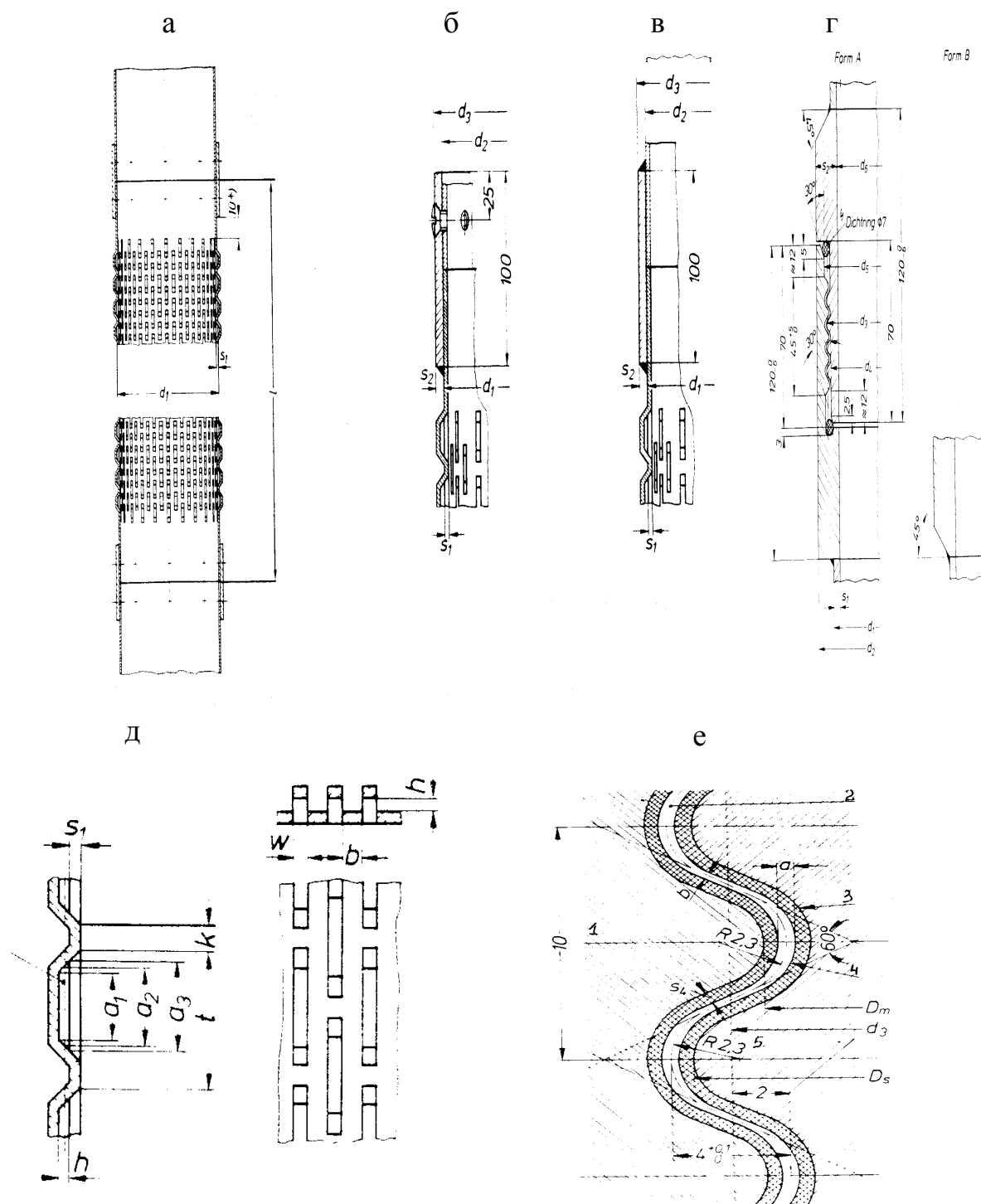


Рис.6.9 Трубчатый фильтр со штампованными отверстиями типа «мост» /15/
а – общий вид фильтра; б – штифтовое соединение; в – сварное соединение;
г – резьбовое соединение; д – мостиковая перфорация; е – параметры резьбы.

1– муфта; 2 – нейтральная линия резьбы; 3– граница стали при нанесении покрытия; 4 – граница стали без покрытия; 5– цапфа

Таблица 6.6

Основные размеры отверстий тип «мост»

Наименование параметра	Значение параметра							
Толщина стенки s_1	3	4	4	5	6	5	6	8
Верхняя длина мостика a_1	17 ± 2		20 ± 1			24 ± 1		
Ширина щели w	5 ± 2		7 ± 2			$7 \pm 0,5$		
Боковая перегородка b	$5,5 \pm 0,5$		$7,5 \pm 0,8$			8 ± 1		
Высота мостикового отверстия $h \pm 0,2$	$t \pm 1$	$t \pm 1$	$t \pm 2$	$t \pm 2$	$t \pm 2$	$t \pm 3$	$t \pm 3$	$t \pm 3$
1	39	42	45	48	51	60	63	69
1,5	39	42	48	51	54	60	63	69
2	42	45	48	51	54	63	66	72
2,5	42	45	51	54	57	66	69	75
3	45	48	51	54	57	66	69	75
3,5			54	57	60	69	72	78
4			54	57	60	69	72	78
Продольный роспуск t	$t = a_1 + k + 3(h + s_1)$					$t = a_1 + k + 3,5(h + s_1)$		
Средняя длина щели a_2	$a_2 = a_1 + 1,5 h$					$a_2 = a_1 + 1,75h$		
Нижняя длина мостика a_3	$a_3 = a_1 + 3h$					$a_3 = a_1 + 3,5h$		
Скважность $f, \%$	$f = \frac{2 \cdot h \cdot a_2}{t(w + b)} \cdot 100$					$f = \frac{2 \cdot h \cdot a_2}{t(w + b)} \cdot 100$		

Фильтры полимерные кольцевые ФПК

Фильтры изготавливаются из колец клиновидного поперечного сечения, сужающегося в направлении к оси фильтра, путем набора на стальные стержни или перфорированные трубы, создающими поперечные щели и закрепляемые с двух сторон опорными фланцами с соединительными муфтами. Конструкция и параметры фильтра приведены на рисунке 3 и таблице 7/

Кольца изготавливаются из полимерных материалов: полистирола, полипропилена и полиэтилена.

Соединение секций фильтров осуществляется с помощью муфт с резьбами согласно ГОСТ 632. Кольца фильтров должны соответствовать требованиям ГОСТ 380.

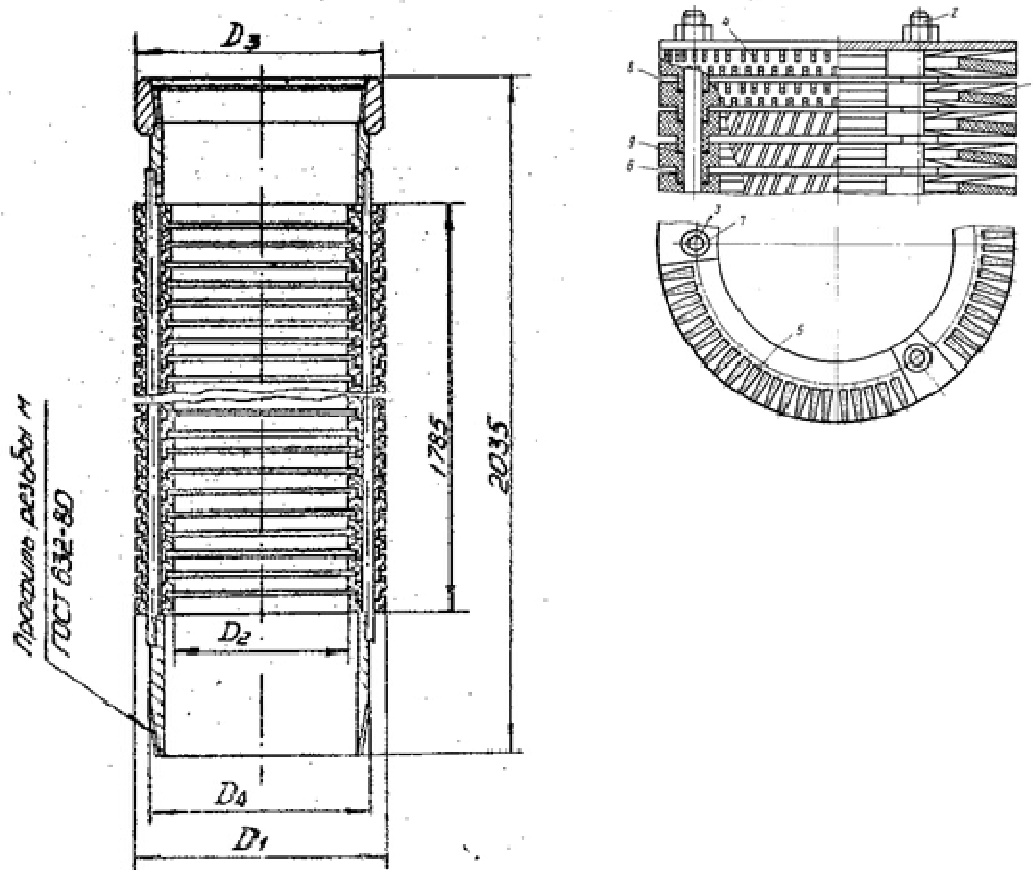


Рис. 6.10 Полимерный кольцевой фильтр

1 – кольца фильтра; 2 – стержни отверстия; 3 – крепежные отверстия; 4 – осевые канавки; 5 – радиальные канавки; 6 – распорные элементы; 7 – углубления; 8 – кольцевая щель.

Таблица 6.7

Параметры и размеры секции фильтра

Диаметр, мм		Длина, мм	Ширина щели, мм	Скважность, %	Масса, кг
D ₁ наружный	D ₂ внутренний				
188	140	2035	1±0,2	20	31,8
255	203	2035	1±0,2	20,5	44,4
310	260	2035	1±0,2	21	55,3

6.3.4 Подбор и расчет фильтров

Основные параметры фильтра (диаметр, длина, размер проходных отверстий) должны определяться с некоторым запасом с учетом возможности внесения необходимых изменений в процессе сооружения скважины в соответствии с фактическими условиями.

Литологический состав водоносного пласта и его мощность уточняются или устанавливаются только после вскрытия и проведения геофизических исследований, а также анализов гранулометрического состава водоносных пород согласно Приложения П8 /15/.

Размеры проходных отверстий фильтров назначаются в зависимости от гранулометрического состава контактирующей породы водоносного пласта или гравийной обсыпки. Максимальный размер отверстий фильтра не должен быть более минимального диаметра частиц гравийной обсыпки примыкающей к стенкам фильтра и приниматься по таблице 6.8.

Таблица 6.8

Параметры песчано-гравийной и гравийной обсыпки для фильтров

Минимальный диаметр зерен $D_{\min}$, мм	0,5	0,75	1,0	2,0	3,0	5,5	8,0
Максимальный диаметр зерен $D_{\max}$, мм	1,0	1,5	2,0	3,0	5,5	8,0	16,0
Средний диаметр зерен D_{50} , мм	0,75	1,12	1,5	2,5	4,25	6,75	12
Максимальный размер отверстий фильтра, мм	0,5	0,75	1,0	2,0	3,0	4,0	4,0

В зависимости от гранулометрического состава водоносных пород в качестве обсыпки необходимо использовать хорошо окатанные гравий, песчано-гравийные смеси и пески с $K_n < 1,5...3$, которые должны поставляться калиброванными и тарированными согласно таблицы 9.2 со специальных карьеров. Основным требованием при устройстве гравийно-обсыпных фильтров отвечает отсортированный и отмытый гравий и песок. Такой гравий обеспечивает создание хорошо проницаемых обсыпок с минимальными входными сопротивлениями.

Диаметр фильтра - D_{ϕ} , мм выбирают исходя из требуемого дебита скважины и параметров водоподъемного оборудования, который может быть равным или менее диаметра обсадных труб D_o , т.е.

$$D_{\phi} \leq D_o \quad (6.1)$$

По условиям эксплуатации внутренний диаметр обсадных труб необходимо принимать исходя из диаметра устанавливаемого погружного насоса.

Согласно /15/ параметры гравийной обсыпки определяются по формуле

$$D_{50} = d_g \cdot F_g, \quad (6.2)$$

где d_g – «эффективный» диаметр

F_g – коэффициент, определяемый как

$$F_g = 6 + K_n, \quad (6.3)$$

где K_n - коэффициент неоднородности определяется по данным ситового анализа пород водоносного пласта по формуле

$$K_n = \frac{d_{60}}{d_{10}}, \quad (6.4)$$

где d_{10} и d_{60} -размеры частиц пород, меньше которых по весу в водоносном пласте содержится соответственно 10 и 60 %.

Выбираем по табл. 6.8 фракционный состав обсыпки, средний размер которой должен быть менее определенного по формуле (6.2). Соответ-

ственно максимальный размер щели фильтра, который для щели фильтра должен быть равен или менее минимального размера гравийной обсыпки.

Пример расчета

Исходные данные:

коэффициент фильтрации среднезернистого песка водоносного пласта на глубине 50 м. от поверхности $K_n = 12$ м/сут.;

мощность водоносного пласта $m = 15$ м;

требуемый дебит скважины $Q = 60$ м³/ч;

требуемое давление насоса напор $H = 7$ МПа м;

статический уровень находится на глубине 5 м.

Исходя из параметров насосного оборудования (насос ЭЦВ 10-63-65) обсадная труба скважины должна иметь диаметр 273 мм. Диаметр фильтра принимаем 188 мм (Фильтр полимерный кольцевой ФПК-188), длиной 13,5 м, соответствующей мощности водоносного пласта.

На рис. 6.11 представлена кривая гранулометрического состава песка троенная по данным ситового анализа пород водоносного горизонта.

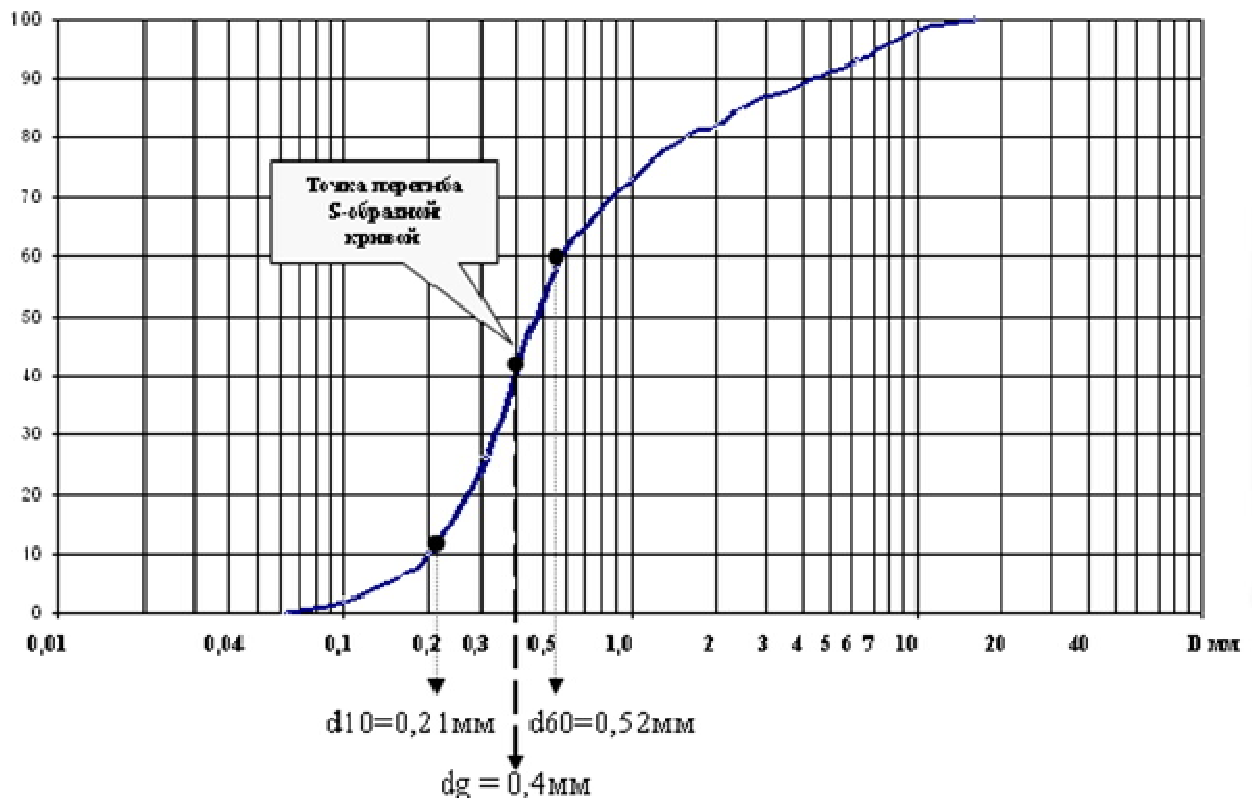


Рисунок 6.11 График гранулометрической кривой для определения состава гравийной обсыпки

По кривой гранулометрического состава определяем $d_{10} = 0,21\text{мм}$, $d_{60} = 0,52\text{мм}$ и коэффициент неоднородности - K_n .

$$K_n = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{0,52}{0,21} = 2,47$$

По кривой гранулометрического состава находим точку поворота S-образной кривой и определяем соответствующий ей диаметр – $d_g = 0,4\text{мм}$
 Определяем коэффициент $F_g = 6 + K_n = 6 + 2,47 = 8,47$
 По формуле 9.2 D_{50} гравийной обсыпки составит

$$D_{50} = d_g \cdot F_g = 0,4 \cdot 8,47 = 3,39\text{мм}$$

По табл. 9.2 определяем состав гравийной обсыпки, соответствующий диапазону 2,0 – 3,0 мм.

Толщину гравийной обсыпки принимаем исходя из рекомендуемых оптимальных значений $t_0 = 150\text{ мм}$.

Принимаем фильтр ФПК с поперечным размером щели $\delta = 1,5\text{ мм}$, максимальный размер T-образной щели которого составляет $1,5 \times 1,25 = 1,875\text{ мм}$, что меньше минимального размера частиц гравийной обсыпки – 2,0 мм. Сквозность фильтра составляет $\eta = 20\%$

Проверяем работу фильтра на условия сохранения в прифилтровой зоне ламинарного режима фильтрации, который характеризуется числом Рейнольдса - $Re_{кр} \approx 60$, определив среднюю допустимую скорость притока воды в фильтр по формуле

$$u = \frac{Re_{кр} \cdot \nu}{D_{50}}, \quad (6.5)$$

где D_{50} - средний диаметр зерен гравийной обсыпки у каркаса фильтра, м;

ν - кинематический коэффициент вязкости воды, $\text{м}^2/\text{с}$

u - средняя допустимая скорость притока воды в фильтр, $\text{м}/\text{с}$.

Для температуры воды $t = 10^\circ$ - $\nu = 0,00000131\text{м}^2/\text{с}$, $D_{50} = 2,5\text{ мм}$

$$u = \frac{60 \cdot 0,00000131}{0,0025} = 0,031\text{ м}/\text{с}$$

Вычисляем скорость притока воды в фильтр исходя из выражения

$$v_{\text{вх}} = \frac{Q}{F} = \frac{60}{1,77} = 33,9\text{ м}/\text{ч} = 0,0094\text{ м}/\text{с},$$

где рабочая площадь фильтра $F = \eta D_{\phi} l_{\phi} = 0,20 \cdot 3,14 \cdot 0,188 \cdot 15 = 1,77\text{ м}^2$

Режим фильтрации соответствует ламинарному. Фильтр работает в требуемом режиме и соответствует $v_{\text{вх}} < u$.

Параметры гравийной обсыпки могут также определяться согласно [4] с учетом факторов физико-механического состояния песка продуктивного пласта наряду со скоростью фильтрации и режимом откачки.

6.4 Обустройство скважины

В зависимости от местных условий и оборудования устье скважины следует, как правило, располагать в наземном павильоне или подземной камере (см. рис. 6.12).

Габариты и конструкция павильонной и подземной камеры должны обеспечивать возможность размещения технологического и электротехнического оборудования, удобство его обслуживания и отбора проб воды из скважины для лабораторных исследований, защиту устья скважины от атмосферных осадков и грунтовых вод. Павильонная и подземная камеры должны иметь приямок или выпуск для воды, сливаемой при отборе проб и соответствующий уклон пола от оголовка скважины.

Высоту наземного павильона и подземной камеры надлежит принимать в зависимости от габаритов оборудования, но не менее 2,4 м.

Верхняя часть эксплуатационной колонны труб должна выступать над полом не менее чем на 0,5 м.

Конструкция оголовка скважины должна обеспечивать полную герметизацию, исключая проникание в межтрубное и затрубное пространство скважины поверхностной воды и загрязнений.

Эти элементы следует принимать в том или ином сочетании при бурении скважин в зависимости от глубины ствола и гидрогеологических условий места его заложения.

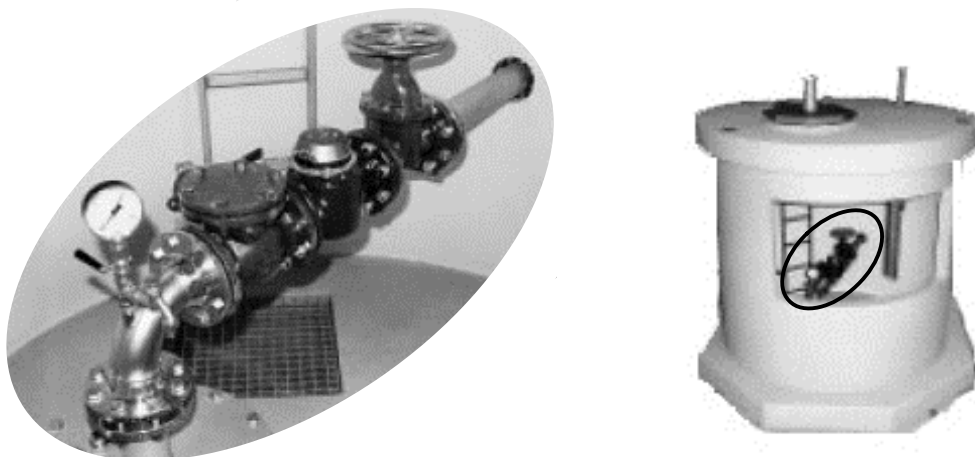


Рис.6.12 Обустройство устья скважины

7 ВОДОПОДЪЕМНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН

7.1 Технические и экономические аспекты определения параметров погружных насосов

Выпуск агрегатов заводов производителей погружных насосов стран СНГ, а также «Grundfos», «KSB», «EMU», «Pleuger», «Odesse» и других базируется на широком диапазоне мощностей большого ряда электродвигателей. Это дает возможность при проектировании и эксплуатации использовать полную полезную загрузку электродвигателей, а с тем электроэнергию и также оптимизировать расход материалов для изготовления погружных электродвигателей и насосов.

На экономические показатели скважины значительно влияют диаметры погружных насосов, в которых определяющую роль играет электродвигатель.

Диаметры электродвигателей определяются:

- минимально допустимым зазором с внутренним диаметром обсадных труб скважины, в котором должны быть необходимые скорости движения воды для охлаждения электродвигателя;
- наличием номенклатуры диаметров обсадных труб;
- зависимостью к.п.д. электродвигателя от его диаметра.

Необходимая мощность погружных электродвигателей зависит от количества ступеней рабочих колес в насосе. Количество насосов одного типоразмера насоса с одинаковой производительностью определяется требуемым напором, т.е. числом ступеней. Для скважин 4"- 6" число ступеней каждого насоса должно быть кратным 2 до напоров 80÷100 м и свыше 100 м – 3–4. В связи с невозможностью и нецелесообразностью охвата всей гаммы насосов электродвигателями оптимальной мощности, принято допущение использовать для насосов электродвигатели с мощностями не ниже 70 % их номинальной нагрузки. Это экономически выгоднее, так как электродвигатели в довольно широких пределах нагрузки сохраняют высокий к.п.д (максимальное снижение – 3%), в то время как дросселирование напора задвижкой связано с потерями, превышающими более 10 % к.п.д. системы скважина – насос.

Исходя из статистического и технического анализа соотношения размеров внутренних диаметров обсадных труб и наружных диаметров электродвигателей и насосов, обеспечивающих эффективность и надежность работы системы скважина – погружной насос определены основные параметры, которые представлены в табл. 7.1/18/.

Использование погружных насосов с вакуумметрической высотой всасывания насосов ЭЦВ не был регламентирован несмотря на их широкое применение в качестве повысительных насосов и с беструбной подвеской в водозаборных скважинах.

Таблица 7.1

Основные параметры погружных насосов

Диаметр скважины, дюймы	"4	"5	"6	"8	"10	"12	"14	"16
Внутренний диаметр скважины, мм	100,1	123,2	149,5	199,0	249,2	301	352,3	394,7
Диаметр двигателя, мм	93	114	140	180	230	270	320	375
Диапазон подачи насоса, м ³ /ч	1-10	4-25	5 -65	16 - 160	65 - 320	65 - 500	100 - 630	160- 800
Диапазон напоров, м	25-230	25-250	25-350	15-400	20-325	30-520	45-520	45-650

Следует отметить, что под пакером (герметичным устройством, разделяющим зоны всасывания и нагнетания) возможно разрежение в 10 м.в.с. в зависимости от барометрического давления, температуры и упругости паров подаваемой воды. Поэтому насос должен быть погружен под пакер на водоподъемной трубе определенной длины с обеспечением герметичности и требований кавитационного запаса и подпора. Если кавитационный запас менее значения подпора, заглубление должно быть дополнительно увеличено на глубину не менее подпора, если же численное значение кавитационного допустимого запаса больше подпора, то дополнительное заглубление должно быть не менее значения кавитационного запаса. При этом дополнительно необходимо смещение режима работы агрегата (без характеристик по кавитационному запасу во всей рабочей части агрегата это невозможно) с учетом возможных отклонений параметров скважины) изменение геологических характеристик, статического уровня, пропускной способности фильтра и т.п.

При использовании агрегатов с беструбными подвесками в скважинах, где существует возможность образования вакуума ниже пакера, необходимо иметь данные о величинах кавитационного запаса погружных насосов. Исследования кавитационных характеристик погружных насосов типа ЭЦВ не проводились.

В каталогах насосов имеются только сведения о подпоре (минимальном столбе воды над насосом), который необходим для обеспечения оптимальных условий смазки перекачиваемой водой опорных подшипников с одновременным охлаждением двигателя. Для насосов с производительностями свыше 200 м³/ч подпор увеличивается с целью исключения кавитационного срыва работы насоса.

При проектировании и установке погружных насосов с беструбной подвеской или использовании их в качестве повысительных насосов необходимо учитывать как подпор, так и кавитационный запас погружных насосов.

В каталогах погружных насосов зарубежных фирм, как правило, имеется кавитационный запас (NPSH), определяемый по первому критическому режиму работы, когда напор, развиваемый первой ступенью, из-за кавитационных явлений снизится на 3 % /38/.

Допустимый кавитационный запас – $\Delta h_{\text{доп}}$, приведенный в табл. 4.2 в, определяет условия работы насосов с вакуумметрической высотой всасывания, с коэффициентом запаса $k = 1,1 \text{--} 1,3$ по отношению к NPSH с целью недопущения кавитации в насосе.

Таблица 4. 2

Допустимый кавитационный запас $\Delta h_{\text{доп}}$ для номинального режима работы погружных насосов

Типоразмер агрегата	$\Delta h_{\text{доп}}$	Типоразмер агрегата	$\Delta h_{\text{доп}}$
ЭЦВ4-1	0,5	ЭЦВ6-16	1,7
ЭЦВ4-1,5	0,5	ЭЦВ6-25	2,3
ЭЦВ4-2,5	0,6	ЭЦВ6-40	3,1
ЭЦВ4-4	0,7	ЭЦВ6-65	4,1
ЭЦВ4-6,5	0,9	ЭЦВ8-16	1,7
ЭЦВ4-10	1,3	ЭЦВ8-25	2,3
ЭЦВ5-4	0,7	ЭЦВ8-40	3,1
ЭЦВ5-6,3	0,9	ЭЦВ8-65	4,1
ЭЦВ5-10	1,3	ЭЦВ8-100	5,6
ЭЦВ5-16	1,7	ЭЦВ8-150	7,4
ЭЦВ5-25	2,3	ЭЦВ10-63	4,1
ЭЦВ6-4	0,7	ЭЦВ10-65	4,1
ЭЦВ6-5	0,7	ЭЦВ10-100	5,6
ЭЦВ6-6,3	0,9	ЭЦВ10-120	6,5
ЭЦВ6-6,5	0,9	ЭЦВ10-160	7,4
ЭЦВ6-10	1,3	ЭЦВ10-200	8,5

7.2 Методика выбора погружных электронасосов для водозаборных скважин

Выбор погружного электронасоса производится по расчетным параметрам производительности – Q и давление – H .

Максимально возможный дебит водоотбора определяется исходя из гидро-геологических условий залегания водоносного комплекса и допустимого понижения уровня воды в скважине, по методике изложенной в главе 8.

Оптимальный диаметр обсадной трубы выбирается по величине дебита скважины (табл. 7.1).

Диаметр фильтра принимается равным диаметру обсадной трубы, т.е. $D_{\text{ф}} = D_{\text{о}}$.

Составляется расчетная схема водоотбора (рис. 7.1)

Определяется требуемое давление

$$H = (Z_4 - Z_2) + S + \Delta S_c + h_d + \Sigma h_l + H_{\text{св}} , \quad (7.1)$$

где H – давление насоса, м;

Z_2 – отметка статического уровня, м;

S – понижение уровня воды за стенкой скважины, м;

Z_4 – наивысшая отметка точки водосброса, м;

ΔS_c – дополнительное понижение, обусловленное степенью и характером вскрытия водоносного пласта, м;

h_d – потери давления при обтекании электродвигателя, м;

Σh_l – потери давления в трубопроводах и коммуникациях от устья насосной станции до водосброса, м;

$H_{св}$ – необходимый избыточное давление в точке водосброса, м.

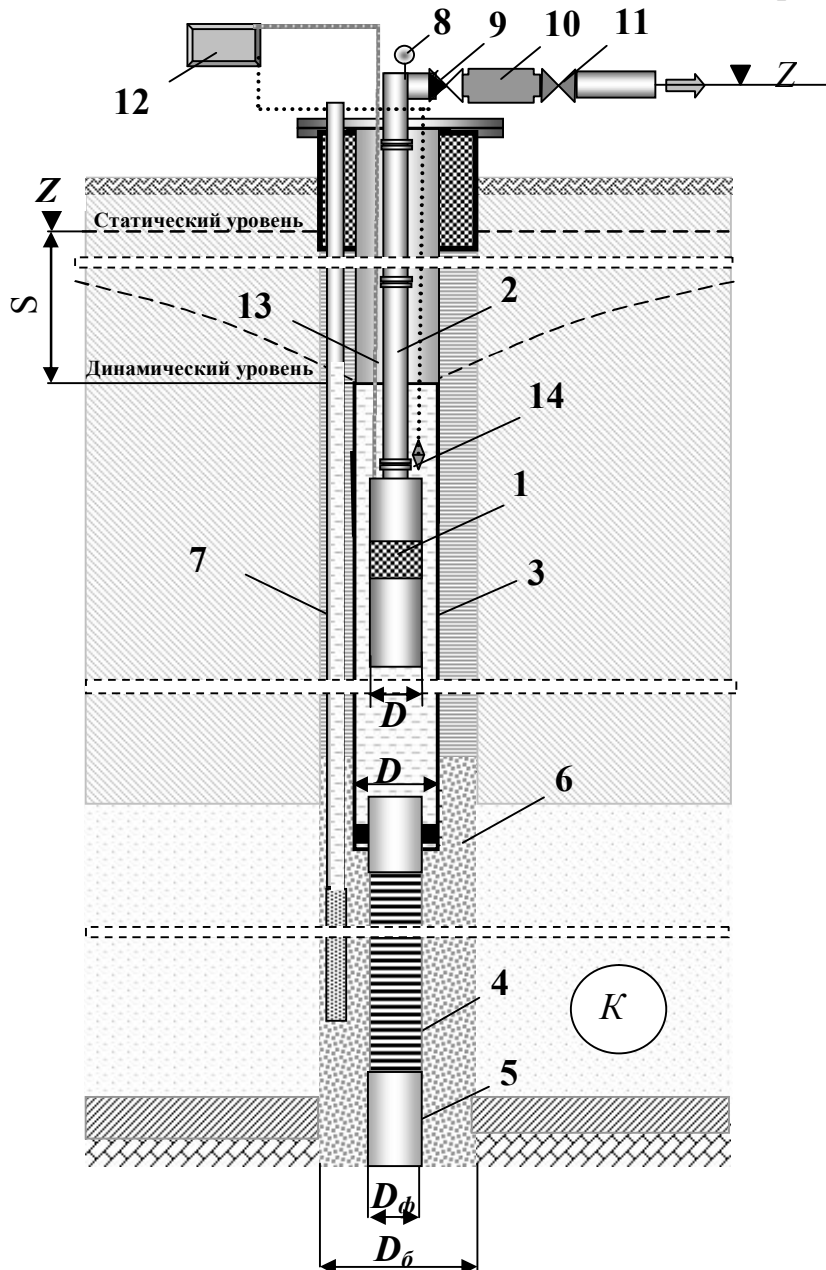


Рис. 7.1 Водоподъемное оборудование водозаборной скважины

1 – погружной насос; 2 – водоподъемная труба; 3 – обсадная труба; 4 – фильтр; 5 – отстойник; 6 – гравийная обсыпка; 7 – пьезометр; 8 – манометр; 9 – обратный клапан; 10 – водомер; 11 – задвижка; 12 – станция управления; 13 – электрический кабель; 14 – датчик уровня;

Потери давления при обтекании электродвигателя определяются по формуле

$$h_d = \left(0,09 \frac{l_d (D_0 + D_n)}{D_0 \cdot D_n} + 0,4 \right) \cdot \left(\frac{0,082 \cdot Q_i^2}{D_0^2 - D_n^2} \right)^2, \quad (7.2)$$

где l_d – длина электродвигателя, насоса, м;

D_0 и D_n – диаметры соответственно обсадной трубы и погружного электронасоса, м;

По величинам Q_A и H_A по характеристикам (рис.7.2) выбирается требуемый насос.

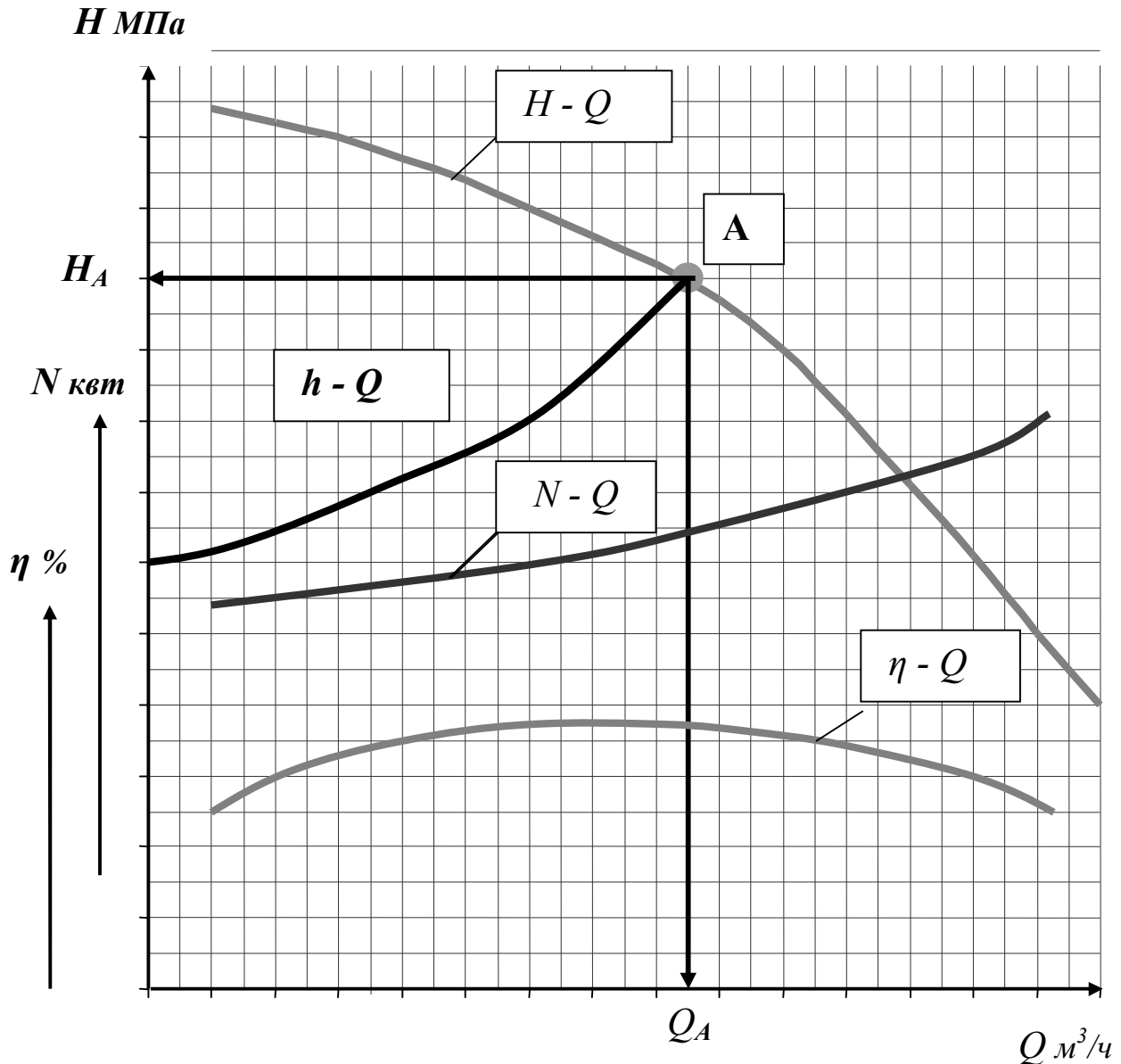


Рис.7.2 Характеристики погружных насосов

Глубина установки погружного электронасоса с беструбной подвеской (с учетом возможной работы насоса с вакуумметрической высотой всасывания) – L_n определяется по формуле:

$$L_n = (Z_1 - Z_2 - S) + \Delta h_{дон}, \quad (7.3)$$

где Z_1 – отметка устья водозаборной скважины, м;

Z_2 – отметка статического уровня, м.

Минимально допустимая вакуумметрическая высота всасывания насоса принимается по табл. 7.1 или по ГОСТ 10481.

При заборе воды насосами из нескольких скважин в сборный водовод расчет производится с помощью программного комплекса «Wells».

7.3 Технологические схемы оборудования скважин погружными насосами с устройствами беструбной подвески

Устройства беструбной подвески погружных насосов позволяют существенно упрощать технологические схемы обустройства скважин. На рис 7.5 представлены схемы оборудования скважин погружными насосами в водозаборных скважинах с беструбной подвеской и с водоподъемными трубами.

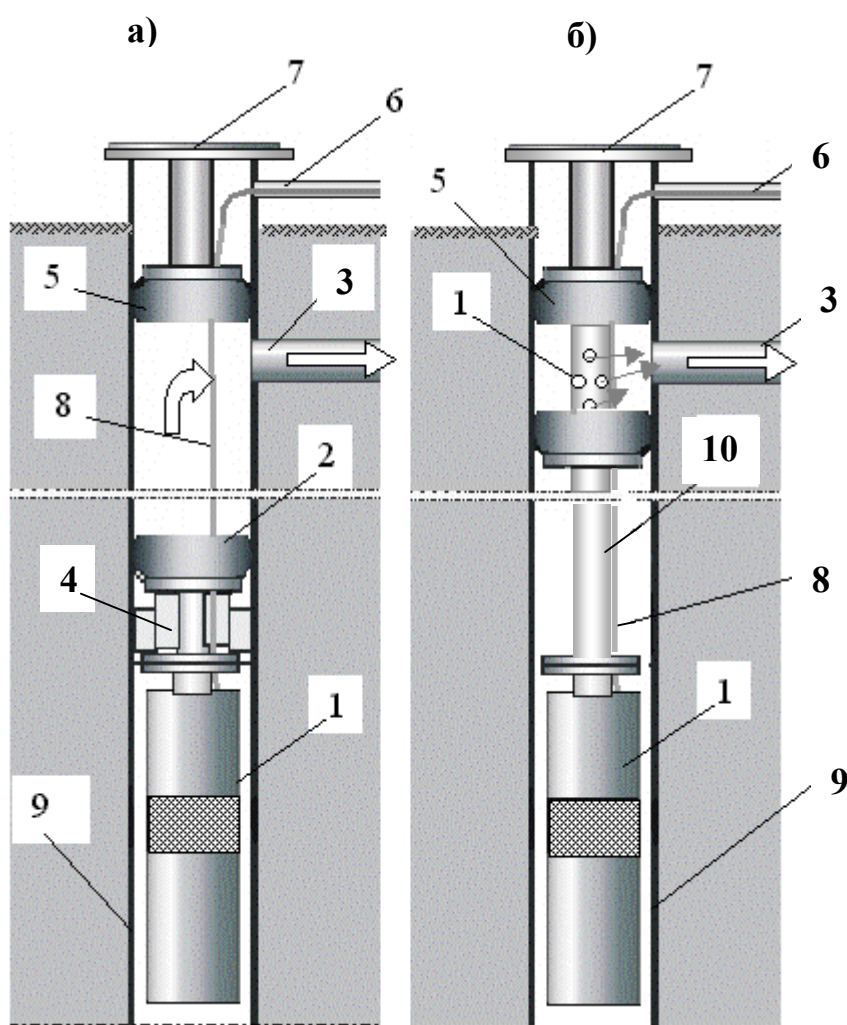


Рис. 7.3 Схема установки погружных насосов в водозаборных скважинах а) с беструбной подвеской, б) с водоподъемными трубами

1 – погружной насос; 2 и 5 – соответственно нижний и верхний пакер; 3 – соединительный трубопровод; 4 – беструбная подвеска; 6 – трубка для кабеля; 7 – опорный фланец; 8 – электрический кабель; 9 и 10 – соответственно о

В результате установки дополнительного пакера – 5 в скважине и соединения с обсадной трубой – 3 напорного трубопровода – 9 на глубине промерзания исключается необходимость строительства наземных павильонов или колодцев и соответственно их обогрева. Кроме того, улучшаются условия проведения технического обслуживания и ремонта скважин буроремонтными агрегатами, которые требуют установки оборудования непосредственно над оголовком скважины.

7.4 Защита погружных насосов от пескования водозаборных скважин

В результате пескования водозаборных скважин возникает серьезная опасность интенсивного абразивного износа основных деталей погружных насосов и как следствие быстрый выход их из строя. Особенно это касается бесфильтровых скважин в рыхлых породах, где наиболее часто происходят процессы выноса песка из каверны.

Для защиты погружных насосов от процессов пескования американской компанией «LAKOS» для этих целей разработано 16 модификаций гидравлических сепараторов, в основу которых положен центробежный способ разделения песка и воды /19/.

На рис. 7.4 представлена схема модернизированного устройства гидравлического сепаратора для защиты погружных насосов от пескования /44/.

Устройство состоит из трубчатого корпуса – 1, в котором располагаются следующие основные функциональные элементы: приемная камера – 2, зона разделения воды и песка, зона осаждения и отвода песка, зона накопления и удаления песка. Приемная камера имеет входные прямоугольные каналы – 4, разделенные перегородкой – 5. Внутри по центру приемной камеры установлена сливная труба – 3. В зоне разделения воды и песка расположен дисковый отражатель – 6, ниже которого установлен выпрямитель потока – 7 в виде вертикально расположенных пластин (Б–Б). Зона осаждения и отвода песка разделена на шлюзовые камеры дроссельными эластичными мембранами – 8, закрепленными на стержне 9. Мембраны имеют по отношению к внутреннему диаметру корпуса зазор и по периферии вырезы (В–В). Зона накопления и удаления песка выполнена в виде конической камеры – 10, в нижней части которой расположен в виде резиновой манжеты клапан – 11. Крепится гидравлический сепаратор в скважине с помощью беструбной подвески – 13 аналогично, как погружной насос (см. рис. 7.5а). Стержень – 9, на котором закреплены отражатель – 6, выпрямитель потока – 7 и дроссельные мембраны, монтируется внутри корпуса устройства на опорной центрирующей крестовине – 12.

Принцип работы гидравлического сепаратора состоит в следующем. Водопесчаная пульпа поступает в отверстия входных каналов – 4, которые выполнены по спирали Архимеда (А–А), являющейся гидравлически оптимальной при круговом движении реальной жидкости.

Такое решение допускает эксцентриситет установки устройства в скважине по отношению к центральной оси обсадной трубы. Входные каналы – 4 выступают за пределы корпуса – 1 по величине максимально допускаемого диаметра погружного насоса – D_n . Перегородки – 5 служат для послойного

разделения водопесчаной пульпы с целью интенсификации процессов разде-

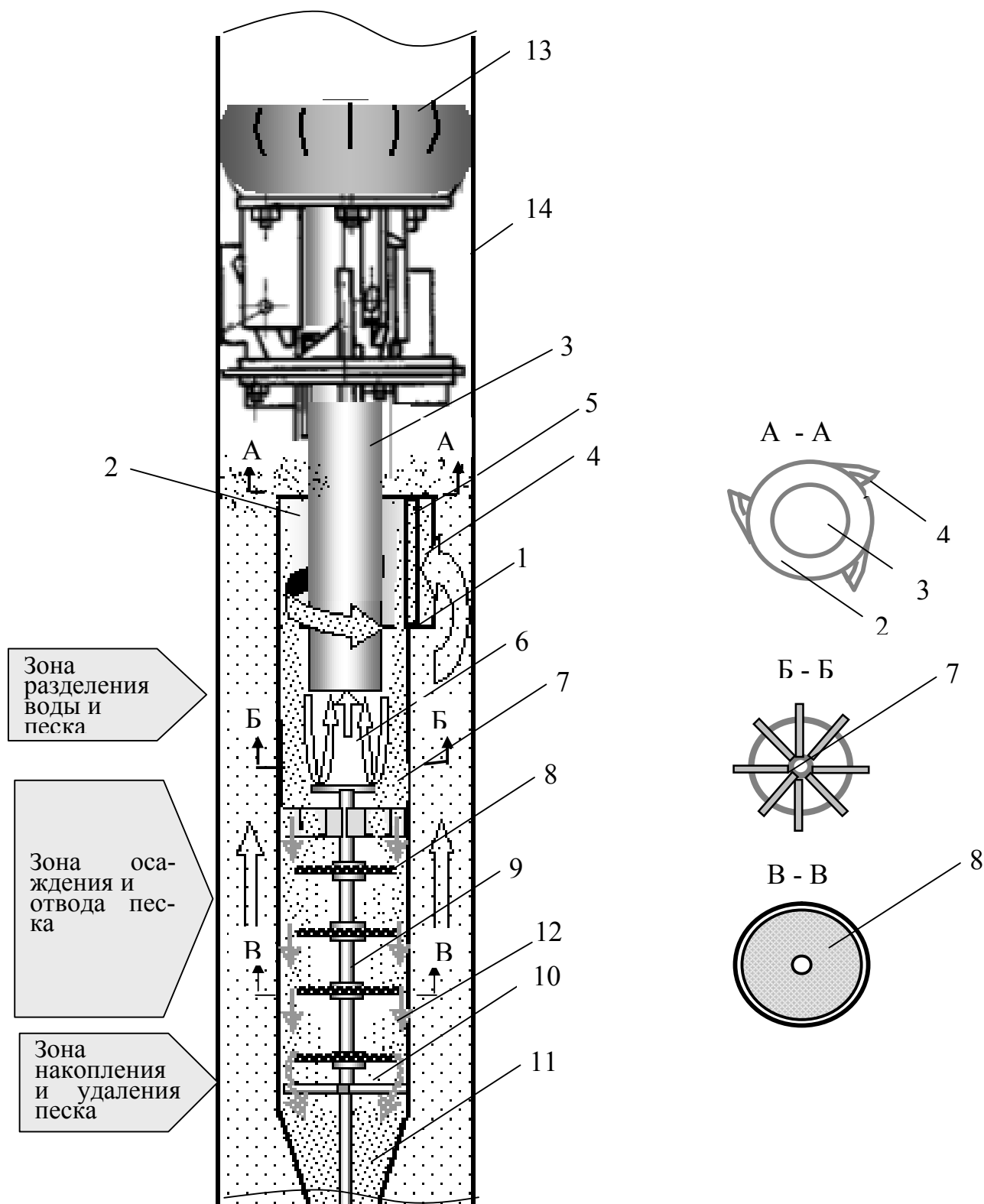


Рис. 7.4 Устройство для защиты погружных насосов от пескования
водозаборных скважин (Патент ВУ 1713 С1)

1 – корпус устройства; 2 – приемная камера; 3 – сливная труба обсадная колонна труб; 4 – входные каналы; 5 – перегородки; 6 – отражатель; 7 – выпрямитель потока; 8 – дроссельные эластичные мембраны; 9 – стержень; 10 – камера накопления песка; 11 – клапан; 12 – опорная центрирующая крестовина; 13 – беструбная подвеска; 14 – обсадная труба

ления частиц песка и воды при вращательном движении в приемной камере.

Внутри камеры образуются два винтообразных потока. Один – центральный, очищенный от песка, поворачивается на 180° , чему также содействует отражатель – 6, и поступает в сливную трубу – 3. Другой – периферийный, в котором под действием центробежных сил частицы песка отбрасываются к внутренней стенке корпуса – 1 и двигаются вниз в зону осаждения и отвода.

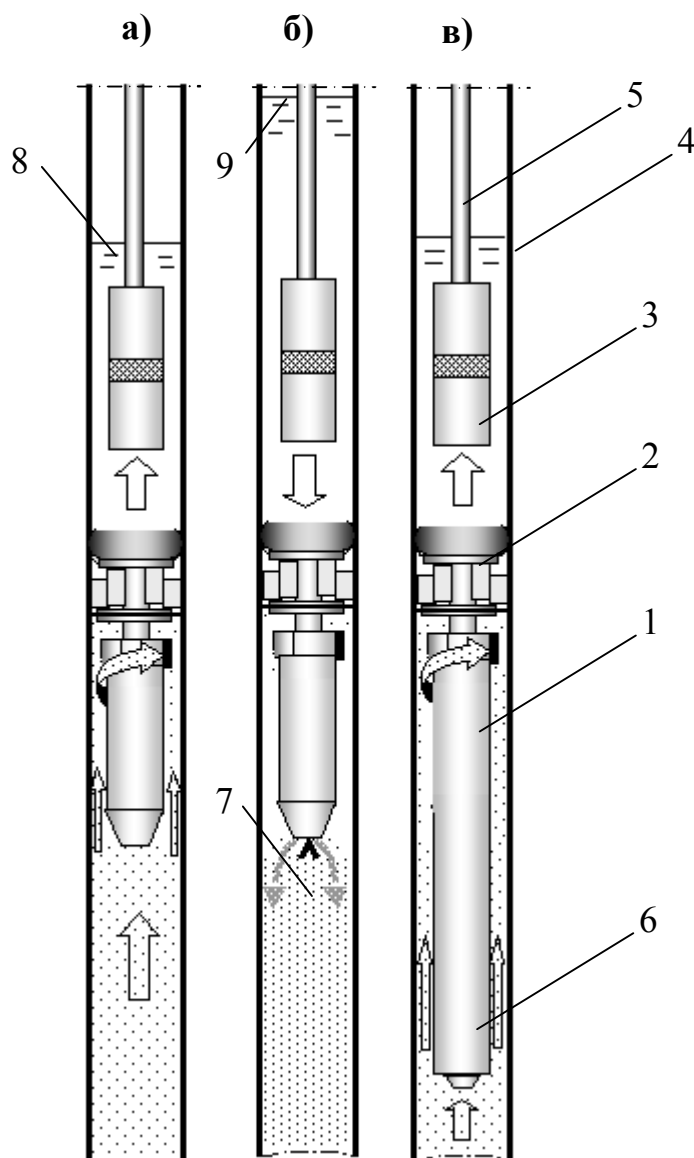


Рис. 7.5 Схемы оборудования скважин устройствами защиты погружных насосов от пескования

а)– с устройством клапана для сброса песка (при работающем насосе);

б) – с устройством клапана для сброса песка (при остановке насоса);

в) – с устройством трубчатой камеры накопления песка;

1 – устройство защиты погружных насосов от пескования; 2 – беструбная подвеска с пакером; 3 – погружной насос; 4 – обсадная колонна труб; 5 – водоподъемные трубы; 6 – труба сбора песка; 7 – клапан для сброса песка; 8 и 9 –соответственно динамический и статический уровень

В этой зоне угловая скорость снижается практически до нуля. Частицы песка, двигаясь через зазор и периферийные отверстия в эластичных мембранах – 8, осаждаются на мембране. По мере скопления некоторого количества песка мембрана прогибается и песок сбрасывается на нижнюю мембрану. Двигаясь поступательно через мембраны, каждая верхняя мембрана закрывается, а нижняя открывается, песок попадает в зону накопления и удаления.

Благодаря такому движению потока песка гидравлическое сопротивление зоны поддерживается практически постоянным, чем поддерживается устойчивый режим работы устройства. Кроме того совершенствование конструкции пластинчатого дросселя позволило уменьшить количество и длину шлюзовых камер, что привело и к уменьшению длины устройства.

Удаление песка из зоны накопления может происходить при остановке погружного насоса при открытии клапана – 11 (рис.7.5 а) или за счет обратного движения воды из водоподъемной колонны, или в процессе работы насоса за счет веса скопившегося песка. Во втором случае необходимо учесть то, что в период выброса песка происходит нарушение режима работы гидравлического сепаратора и некоторое количество песка может попадать в насос. Применение такой схемы удаления песка целесообразно на бесфильтровых водозаборных скважинах в рыхлых породах, когда вынесенный песок будет возвращен в каверну без особых последствий. В фильтровых конструкциях скважин за счет накопления песка в фильтре происходит образование пробки, что требует проведения периодической прокачки скважины для удаления песка.

По схеме (рис. 7.5 в) зона накопления песка должна быть без клапана и иметь размеры, обеспечивающие сбор количества песка на расчетный период постоянной работы насоса (до момента демонтажа).

По результатам лабораторных и полевых исследований разработанной конструкции гидравлического сепаратора были установлены основные технические и гидравлические параметры, приведенные в табл. 7.3 и на рис.7.6.

Исходными данными для выбора и установки сепаратора в водозаборной скважине являются: максимальный и минимальный расход погружного насоса; внутренний диаметр обсадной трубы скважины, где устанавливается сепаратор; статический и динамический уровни; размеры и концентрация частиц песка при песковании.

Для заданного расхода и по минимальному допустимому внутреннему диаметру обсадной трубы по табл. 7.1 выбирают соответствующий типоразмер сепаратора. По графику на рис. 7.5 для соответствующего сепаратора определяются потери напора – Δh_c , на которые дополнительно опустится (по отношению к заданному) динамический уровень воды в скважине. Уточненная глубина динамического уровня является основой для определения глубины установки в скважине погружного насоса. Соответственно сепаратор должен быть установлен ниже насоса не менее, чем на 1,5 м и выше верхней части фильтра водозаборной скважины на 1 м.

Таблица 7.3

Технические параметры гидравлических сепараторов

Тип сепаратора	«LAKOS» 6' D	«LA- KOS»8' F	«LA- KOS»10' G	Разработанный вариант 10'
Минимальный диаметр скважины, мм	152,3	203,2	247,6	249,2
Диаметр сепаратора, мм	114,3	168,3	219,1	226,0
Номинальный расход, м ³ /ч	23 – 40	34 – 74	74 – 148	40 – 135
Потери напора при максимальном расходе, м	1,66	2,43	3,17	2,71
Размеры частиц песка, мм	0,05 – 6, 0	0,05 – 6, 0	0,05 – 6, 0	0,05 – 6, 0
Максимальная концентрация песка в воде, мг/л	500	1000	1000	1000
Эффект очистки, %	96	98	96	97

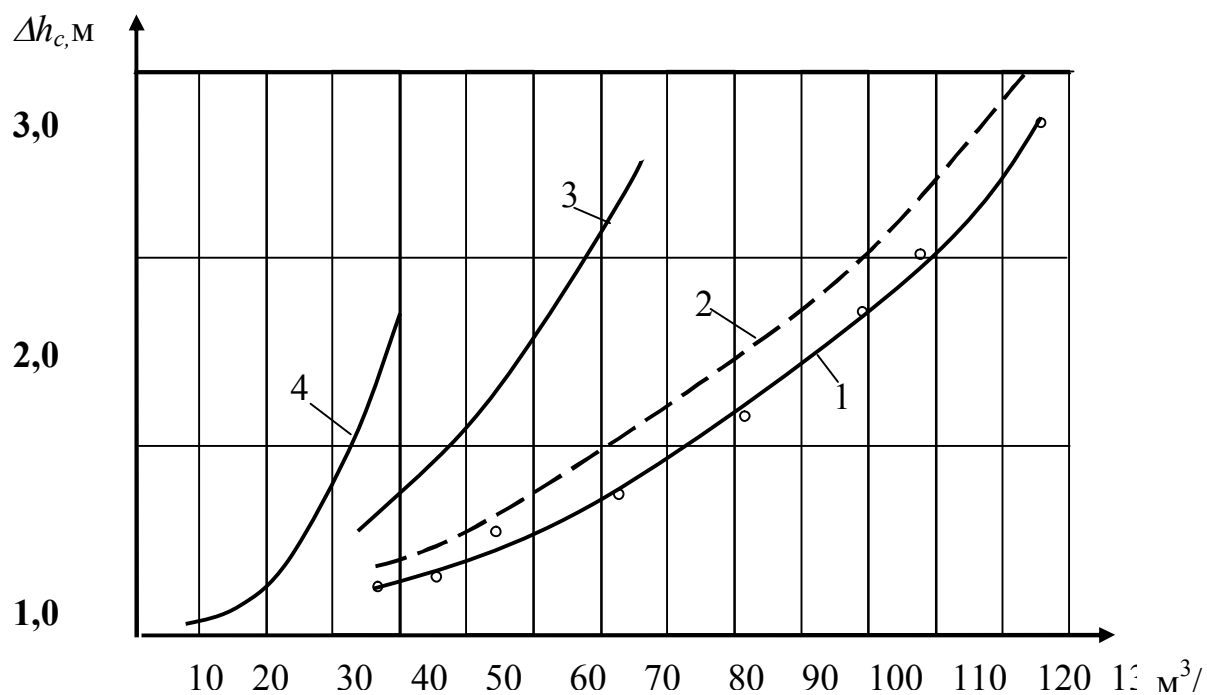


Рис. 7.6 Гидравлические характеристики сепараторов

1 – разработанный сепаратор для 10' - обсадных труб; 2 – сепаратор «LAKOS» для 10' - обсадных труб; 3 – сепаратор «LAKOS» для 8' - обсадных труб; 4 – сепаратор «LAKOS» для 6' - обсадных труб

8 Гидрогеологические и гидравлические расчеты скважинных водозаборов

8.1 Условия выбора рациональной схемы водозабора на различных стадиях его разведки и этапах эксплуатации

Скважинный водозабор подземных вод представляет собой сложную систему, включающую водоносный горизонт, технологические сооружения и оборудование по забору, подъему и подаче воды потребителям, параметры работы которых тесно связаны друг с другом.

Основные задачи комплексного расчета скважинного водозабора подземных вод, который должен производиться на стадиях предварительной и детальной разведки, при проектировании и на каждом этапе эксплуатации представлены на рис.8.1.

Исходными данными служат расчетные схемы каптируемых и смежных по разрезу водоносных горизонтов гидрогеологические параметры водоносного пласта (проводимость пласта, границы питания и др.), технические параметры скважин и насосного оборудования, координаты и параметры других водозаборов, оказывающих влияние на данный водозабор, границы территории водозабора, его планируемая производительность и т.д.

Первоначально определяется максимальное понижение уровня воды в скважине и дебит скважины с учетом допустимых скоростей входа воды в фильтр и его гидравлического сопротивления. Производится выбор плановой схемы водозабора (линейной, кольцевой, площадной или произвольной), с учетом местных условий и границ питания водоносного горизонта, определяется оптимальное расстояние между скважинами. После этого находится местоположение резервуаров чистой воды и насосной станции II подъема, намечается трасса сборных водоводов и производятся расчеты по выбору их оптимальных диаметров, а также по выбору насосного оборудования для скважин. Полученные данные расчетов используются в дальнейшем при определении режимов работы водозабора.

На стадии предварительной разведки необходимо выполнить весь перечисленный комплекс расчетов, по результатам которых должна производиться детальная разведка.

При проектировании уточняется выбранный вариант водозабора по данным детальной разведки. Практически необходимо повторить все те расчеты, что и на стадии предварительной разведки.

В период эксплуатации скважинного водозабора должны решаться следующие задачи: нахождение оптимальных режимов; определение рациональной расстановки насосного оборудования; уточнение запасов подземных вод и определение оптимального варианта реконструкции водозабора. Для решения этих задач необходимо систематически (не реже

четырёх раз в год) получать достоверные данные о параметрах пласта, скважин, насосов, водоводов.



Рис. 8.1 Блок-схема задач выбора рациональной схемы скважинного водозабора

8.2 Математическая модель водозабора

Модель водозабора включает систему уравнений составленных по условию баланса расходов для каждого узла расчетной схемы, при котором должно соблюдаться равенство нулю суммы потерь напора в каждом контуре графа сети водозабора и имеет вид:

$$\sum_j q_{ij} + Q_i = 0, \quad (8.1)$$

где q_{ij} - дебит скважины (для концевых узлов участков присоединенных сборных водоводов) либо узловой отбор, $\text{м}^3/\text{с}$;

Q_i - расход на i -ом участке сборного водовода, примыкающем к i -му узлу, $\text{м}^3/\text{с}$;

$$q_{ij} = \left(\frac{h_{ij}}{K_{ij} A_{ij} l_{ij}} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (8.2)$$

где h_{ij} - потери давления на участке сборного водовода, МПа;

A_{ij} - удельное гидравлическое сопротивление участка сборного водовода, $\text{с}/\text{м}$;

K_{ij} - коэффициент, учитывающий характер движения воды в трубах;

l_{ij} - длина участка сборных водоводов, м.

При использовании математического аппарата подземной и трубопроводной гидравлики понижение уровня S_i в каждой из n действующих скважин в общем виде описывается уравнениями вида:

$$S_i = f(Q_i, km_{ij}, a_{ij}, \xi_i, i, x_i, y_i, t), \quad (8.3)$$

$$i = 1 \dots n$$

где понижение уровня - S_i выражает в каждой скважине функциональную зависимость от: дебитов Q_i , граничных условий и параметров водоносного пласта (водопроводимости - km_i и коэффициента пьезопроводности - a_i или уровнеспроводности - μ), суммарные дополнительные сопротивления, обусловленные степенью и характером вскрытия пласта - ξ_i скважин, координат расположения скважин - x_i, y_i и периода работы скважины - t .

В частности, система линейных уравнений (8.3) для неустановившегося режима фильтрации, неограниченного и однородного пласта в соответствии с [3], имеет вид

$$S_i = \frac{1}{4\pi} \left[\frac{Q_i}{(km)_i} Ei \left(-\frac{r_i^2}{4a_i t} \right) + \frac{Q_i}{(km)_i} \zeta_i + \sum \frac{Q_j}{(km)_{ij}} Ei \left(-\frac{l_{ij}^2}{4a_{ij} t} \right) \right], \quad (8.4)$$

где S_i - понижение уровня в i -ой скважине, м;
 Q_i - дебит i -ой скважины, м³/сут.;
 r_i - радиус скважины, м;
 $(km)_i$ - водопроводимость пласта в месте i -ой скважины, м/сут.;
 a_i - коэффициент пьезопроводности в месте i -ой скважины, м²/сут.;
 t - время условной стабильности уровней, сут.;
 Q_j - дебиты взаимодействующих скважин, м³/сут.;
 l_{ij} - расстояния до взаимодействующих скважин, м;
 $(km)_{ij}$ - средняя проводимость пласта между i -ой и j -ой скважинами, м/сут.;
 a_{ij} - средняя величина коэффициента пьезопроводности i -ой и j -ой скважин, м²/сут;
 Ei - интегральная показательная функция.

Характеристики насосного оборудования каждой скважины представлены в виде

$$H_i = A_{oi} + \sum_{i=1}^n A_{ni} Q_i^\alpha, \quad (8.5)$$

где H_i и Q_i - соответственно напор и производительность насоса в м и м³/ч;

A_{oi} , A_{ni} , α - параметры, аппроксимирующие характеристику $Q - H$;

В результате совместного решения системы уравнений вида (10.1) и (10.5) определяются значения дебитов и положений уровней в скважинах, параметры работы насосного оборудования (подача, напор), расходы, скорости и потери напора по участкам сборных водоводов и суммарный дебит водозабора.

Гидрогеологические расчеты могут производиться с помощью программных продуктов [5-8], которые могут решать следующие задачи.

- моделирование кустовой откачки;
- гидрогеологические расчеты водозаборов
- расчет зон санитарной охраны водозаборов;
- обработку данных: обследования по восстановлению уровней, натурного обследования сборных водоводов и откачек на выброс;
- прогноз и оптимизация водозабора построение изометрической картины водозабора;
- сравнение вариантов эксплуатации (в графической форме);
- расчет вариантов водопроводной сети города;
- подбор оптимального насосно-силового оборудования.

8.3 Выбор рациональной схемы водозабора

8.3.1 Экономические критерии выбора

Рациональной схемой скважинного водозабора подземных вод является такая, которая при требуемой производительности водозабора и

при снижении уровней воды в скважинах до допустимых значений на определенный срок эксплуатации обеспечит минимум приведенных затрат

$$П_i = Э_i + E_n K_i \rightarrow \min, \quad (8.6)$$

где $П_i$ – приведенные затраты i -го варианта, руб;

$Э_i$ – эксплуатационные расходы, руб;

K_i - единовременные затраты, руб;

E_n - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Технико-экономический расчет намеченных для сопоставления конкурентоспособных вариантов, как на стадии разведки месторождений подземных вод, так и при проектировании всего комплекса инженерных сооружений водозабора заключается в сопоставлении капитальных вложений и эксплуатационных затрат (приведенных затрат) по исследуемым вариантам.

При рассмотрении вариантов в сумму капитальных вложений по водозабору включают капитальные затраты тех сооружений, которые значительно влияют на схему водозабора.

Капитальные затраты на строительство скважинного водозабора можно определить по следующей формуле:

$$K = K_{\text{скв.}} + K^I_{\text{н.с.}} + K^{II}_{\text{н.с.}} + K_m + K_{\text{рнс}} + K_d + K_{\text{осв}} + K_{\text{зсо}} + K_{\text{мос}}, \quad (8.7)$$

где $K_{\text{скв.}}$ - капитальные затраты на строительство и оборудование водозаборных скважин, руб;

$K^I_{\text{н.с.}}$, $K^{II}_{\text{н.с.}}$ - капитальные затраты на строительство, материалы, оборудование и монтаж соответственно насосных станций первого и второго подъема, руб;

K_m - капитальные затраты на строительство, материалы, оборудование и монтаж отводящих и сборных водоводов, руб;

$K_{\text{рнс}}$ – затраты на сооружение режимно-наблюдательных скважин, руб;

K_d - капитальные затраты на строительство автодорог в пределах водозабора, руб;

$K_{\text{осв.}}$ - капитальные затраты на освоение новых земель, взамен изымаемых под несельскохозяйственные нужды, руб;

$K_{\text{зсо}}$ – затраты на организацию ЗСО, руб;

$K_{\text{мос}}$ – затраты на мероприятия по исключению влияния водозабора на окружающую среду, руб.

Эксплуатационные расходы - $Э_{\text{год.}}$, руб, для каждого варианта складываются из следующих видов затрат:

$$Э_{\text{год.}} = Э_э + Э_з + Э_а + Э_р + Э_н, \quad (8.8)$$

где: $Э_э$ - расходы на электроэнергию, руб.;

$Э_з$ - расходы, связанные с заработной платой административного и производственного персонала, руб.;

$Э_а$ - амортизационные отчисления, руб.;

Эр - эксплуатационные расходы, связанные с выполнением текущего ремонта, руб.;

Эп - прочие непредвиденные расходы, руб.

В общем виде приведенные затраты для вариантов схем водозабора определяются по формуле :

$$\Pi = E_n (K_{скв.} + K_{н.с}^I + K_{н.с}^{II} + K_m + K_{рнс} + K_d + K_{осв} + K_{зсо} + K_{мос.}) + \Delta\epsilon + \Delta\zeta + \Delta\alpha + \Delta\rho + \Delta n, \quad (8.8)$$

где E_n – коэффициент, учитывающий нормативный срок окупаемости.

Капитальные затраты на строительство, оборудование и материалы водозаборных скважин являются функцией от многих параметров и в общем виде могут быть записаны следующим образом:

$$K_{скв.} = 1,2en(K_b + K_f + K_o + K_{геоф.}), \quad (10.9)$$

где 1,2 - коэффициент, учитывающий резерв скважин в количестве 20 %;

e - коэффициент, учитывающий накладные расходы и плановые накопления;

n - расчетное количество скважин, шт.;

K_b - стоимость эксплуатации машин, материалов и заработная плата при бурении скважин, руб.;

K_f - стоимость материалов и монтажа фильтров, руб.;

K_o - стоимость опытных откачек, руб.;

$K_{геоф.}$ - затрат на геофизическое исследование, руб..

С точностью, достаточной для выполнения технико-экономических расчетов в гидрогеологической практике, стоимость эксплуатации машин, материалов и заработная плата при бурении скважин K_b может быть записана в следующей форме:

$$K_b = K_{с.б.} + K_{кр.тр.} + K_{из.тр.} + K_{цем.}, \text{ руб.}, \quad (8.10)$$

где $K_{с.б.}$ - стоимость бурения с подготовительными работами, руб.;

$K_{кр.тр.}$ - стоимость крепления ствола скважин обсадными трубами, руб.;

$K_{цем.}$ - стоимость цементации затрубного пространства, руб.;

$K_{из.тр.}$ - стоимость извлечения труб, руб.

8.3.2 Определение допустимых понижений уровня воды

При проведении гидрогеологических расчетов понижения в точках водоотбора и скважинах - S_i в первую очередь должны определяться исходя из экономических и экологических требований снижения уровней подземных вод в соответствующих контрольных точках на некотором расстоянии от водозабора на величину не превышающую $S_{i \text{ доп}}$.

Экологические требования по допустимому понижению - $S_{i \text{ доп}}$ должны определяться для конкретных условий с учетом землепользователей исходя из обеспечения благоприятного водного режима для растительности, охраняемых водных объектов и ведения водного хозяйства по согласо-

нию с государственными органами по надзору за природными ресурсами и окружающей среды.

Определяется допустимое понижение уровня воды в i -той скважине в зависимости от технических условий отбора воды насосами и конструкции фильтра. С учетом технических условий отбора воды насосами и конструкции фильтра в скважине $S_{i \text{ доп}}$ может уточняться в каждом конкретном случае.

8.3.3 Определение максимально возможного водоотбора из одной точки

Под точкой водоотбора понимается одна или несколько водозаборных скважин сосредоточенных в одном месте на расстоянии друг от друга не более 5 м

Минимально допустимое количество точек водоотбора - $n_{\min}$ определяется как

$$n_{\min} = \frac{Q_{\text{в}}}{Q_{i \text{ max}}}, \quad (8.11)$$

где $Q_{\text{в}}$ - требуемая производительность водозабора $\text{м}^3/\text{сут}$.

Q_{max} - максимальный дебит скважины, $\text{м}^3/\text{сут}$.

Для линейной схемы водозабора задается расстояние между точками водоотбора - l_{ij}

$$l_{ij} = \frac{L_{\text{max}}^I}{n-1}, \quad (8.12)$$

где L_{max}^I - максимально допустимая протяженность водозабора, определяемая по координатам крайних точек $X_1; Y_1$ и $X_n; Y_n$ по формуле

$$L_{\text{max}}^I = \sqrt{(X_n - X_1)^2 + (Y_n - Y_1)^2}. \quad (8.13)$$

Решая систему уравнений вида (10.3) по формулам подземной гидравлики в зависимости от напорной или безнапорной фильтрации при известных параметрах пласта определяются величины водоотбора каждой скважины Q_i .

В каждой - скважине принимается $S_i = S_{i \text{ доп}}$.

Проверяем условия ограничений

$$\sum_{i=1}^n Q_i \geq Q_{\text{в}} \text{ и } Q_i \leq Q_{i \text{ max}} \quad (8.14)$$

Если $\sum Q_i > Q_{\text{в}}$ и $Q_i < Q_{i \text{ max}}$, определяется возможный резерв водозабора

$$\Delta Q = \sum Q_i - Q_{\text{в}} \quad (10.15) \quad (8.15)$$

Определяется условный резерв точек водоотбора (с округлением)

$$\Delta n = \frac{\Delta Q}{Q_{i \text{ max}}} \quad (8.16)$$

При $\Delta n \leq 1$, производится выбор диаметров труб, а при $\Delta n > 1$ вы-

числяется уточненное расстояние между точками водоотбора, как

$$l^I = \frac{L^I - (\Delta n - 1)l_{ij}}{\Delta n - 1} \quad (8.17)$$

Если $\sum Q_i < Q_v$ и $Q_i < Q_{i \max}$, то вычисляется

$$Q_v - \sum Q_i = \Delta Q \quad (8.18)$$

и определяется Δn по формуле 8.16

При $\Delta n \leq 1$ производится выбор диаметров, при $n > 1$ оценивается техническая возможность или увеличение понижения или длины границ водозабора. По формулам подземной гидравлики в зависимости от напорной или безнапорной фильтрации при известных параметрах пласта рассчитываются понижения в каждой скважине при $Q_i = Q_{i \max}$. Так же для анализа делается расчет на случай удлинения водозабора путем вычисления уточненного расстояния по формуле

$$l^I = \frac{L^I_{\max} + (n - 1)l_{ij}}{n + \Delta n - 1} \quad (8.19)$$

Если $\sum Q_i \geq Q_v$ и $Q_i > Q_{i \max}$, в скважинах, где $Q_i > Q_{i \max}$ принимается $Q_i = Q_{i \max}$, при этом, если условие $\sum Q_i \geq Q_v$ будет соблюдено, уточняется понижение в каждой скважине - S_i и проверяется условие $S_i \leq S_{i \text{ доп.}}$

8.3.4 Выбор рациональной схемы водозабора для линейного ряда скважин

Задача выбора рациональной схемы водозабора для линейного ряда скважин сводиться к определению: количества точек водоотбора* (скважин) - n , величин водоотбора из одной точки - Q_i , расстояний между точками водоотбора - l_{ij} при обеспечении требуемой производительности водозабора - Q_v в границах общей протяженности водозабора - L и местонахождения головных сооружений насосной станции Π подъема с минимальными приведенными затратами $\Pi \rightarrow \min$. для следующих вариантов:

- при одинаковой сработке уровня воды $S_i = S$ и расстояний между скважинами $l_{ij} = l$ с величинами водоотбора, не превышающим $Q_i \leq Q_{i \max}$;
- при одинаковой сработке уровня воды $S_i = S$ и разном расстоянии между точками водоотбора l_{ij} с величинами водоотбора, не превышающим $Q_i \leq Q_{i \max}$;
- при одинаковой сработке уровня воды $S_i = S$ без ограничения величинами водоотбора в одной точке с расположением головных сооружений, резервуаров и насосной станции Π подъема в начале (конце) или в центре водозабора.

8.3.5 Выбор рациональной схемы водозабора для кольцевой схемы расположения скважин

Задача выбора рациональной схемы водозабора для кольцевой схемы расположения скважин сводится к определению: количества точек водоотбора (скважин) - n , величин водоотбора - Q_i , расстояние между точками водоотбора (скважинами) - l_{ij} , радиус кольца батареи R_k в границах ограничений $R_{гр}$ и местонахождения головных сооружений насосной станции Π подъема с минимальными приведенными затратами $\Pi \rightarrow \min$.

При этом рассматриваются следующие варианты:

- при одинаковой работе уровня воды в точках водоотбора $S_i = S$ с величинами водоотбора, не превышающим $Q_i \leq Q_i^{\max}$;
- при одинаковой работе уровней $S_i = S$ без ограничений дебита в одной точке водоотбора.

8.3.6 Выбор рациональной схемы водозабора для площадной и произвольной схемы расположения скважин

Задача выбора рациональной схемы водозабора для линейного ряда скважин сводится к определению: количество точек водоотбора (скважин) - n , величин водоотбора - Q_i , местоположение головных сооружений насосной станции Π подъема при фиксированных координатах X_i и Y_i - расположения точек водоотбора и водозаборных скважин с условием одинаковой работы уровней воды в точках водоотбора $S_i = S$ с минимальными приведенными затратами $\Pi \rightarrow \min$.

По каждой схеме и для всех вариантов производится расчет приведенных затрат в соответствии с формулой (10.7) и выбирается вариант с минимальной величиной.

8.3.7 Определение оптимальных диаметров сборных водоводов

Оптимальные диаметры сборных водоводов определяются по формуле

$$d_{ij} = \frac{k^{\frac{1}{\alpha+m}} q_{ij}^{\frac{1+\beta}{\alpha+m}} \left[m \gamma (0,3 G + 3549) \right]^{\frac{1}{\alpha+m}}}{(20,4 \eta_{ij} \alpha b)^{\frac{1}{\alpha+m}}}, \quad (8.20)$$

где d_{ij} – диаметр участка i - j трубопровода, м;

a , b и α - постоянные величины, учитывающие глубину заложения трубопровода, категорию грунта, гидрогеологические условия и материал труб, которые определяются путем аппроксимации графика $C_{ij \tau} = f(d_{ij})$ по данным преискурантов

G - стоимость скважины, отнесенной к 1 кВт заявленной мощности, руб;
 η_{ij} - к.п.д. насоса i - той скважины.
 l_{ij} - длина участка трубопровода;
 q_{ij} - расход, м³/с;
 β - показатель степени (при квадратичной зависимости потерь от расхода $\beta = 2$);
 m - показатель степени при диаметре (зависит от материала труб).

8.3.8 Выбор места расположения головных сооружений водозабора для линейного ряда скважин

По известным Q , l_{ij} производится выбор диаметров трубопроводов и производится гидравлический расчет для определения потерь напора и получения исходных параметров для двух вариантов расположения общей точки сбора воды из скважин:

- точка расположена в центре на линии водозабора (точка Ц на рис.8.2);
- точка расположена на кратчайшем расстоянии от точки подключения водовода к городской водопроводной сети (точка П на рис. 10.1).

По формуле (10.8) определяются приведенные затраты по первому $\Pi_{Ц}^I$ и второму вариантам $\Pi_{П}^I$ общей точки сбора воды водозабора, а также и приведенные затраты по головным сооружениям 2-го подъема.

Для выбранного варианта с меньшими приведенными затратами производится определение места расположения головных сооружений насосной станции 2-го подъема путем сравнения приведенных затрат соответственно по водозабору - Π^I и сооружениям второго подъема - Π^{II} , в которых основную роль играют эксплуатационные затраты (электроэнергия).

При этом могут быть четыре случая:

1-случай, когда $\Pi_c^I > \Pi_c^{II}, \Pi_{\frac{l}{2}}^I < \Pi_{\frac{l}{2}}^{II},$

в этом случае головные сооружения располагаются в центре водозабора

2-ой случай, когда $\Pi_c^I < \Pi_c^{II}, \Pi_{\frac{l}{2}}^I > \Pi_{\frac{l}{2}}^{II},$

головные сооружения располагаются на расстоянии от створа водозабора, которое определяется по формуле

$$\Delta L = \frac{L}{2 \left[1 + \frac{\Pi_{L/2}^I - \Pi_{L/2}^{II}}{\Pi_c^{II} - \Pi_c^I} \right]}, \quad (8.21)$$

где ΔL расстояние от створа водозаборных сооружений до точки подключения водоводов к сети, м.

3-случай, когда $\Pi_c^I < \Pi_c^{II}, \Pi_{\frac{l}{2}}^I = \Pi_{\frac{l}{2}}^{II},$

головные сооружения располагаются в середине водоводов 2-го подъема.

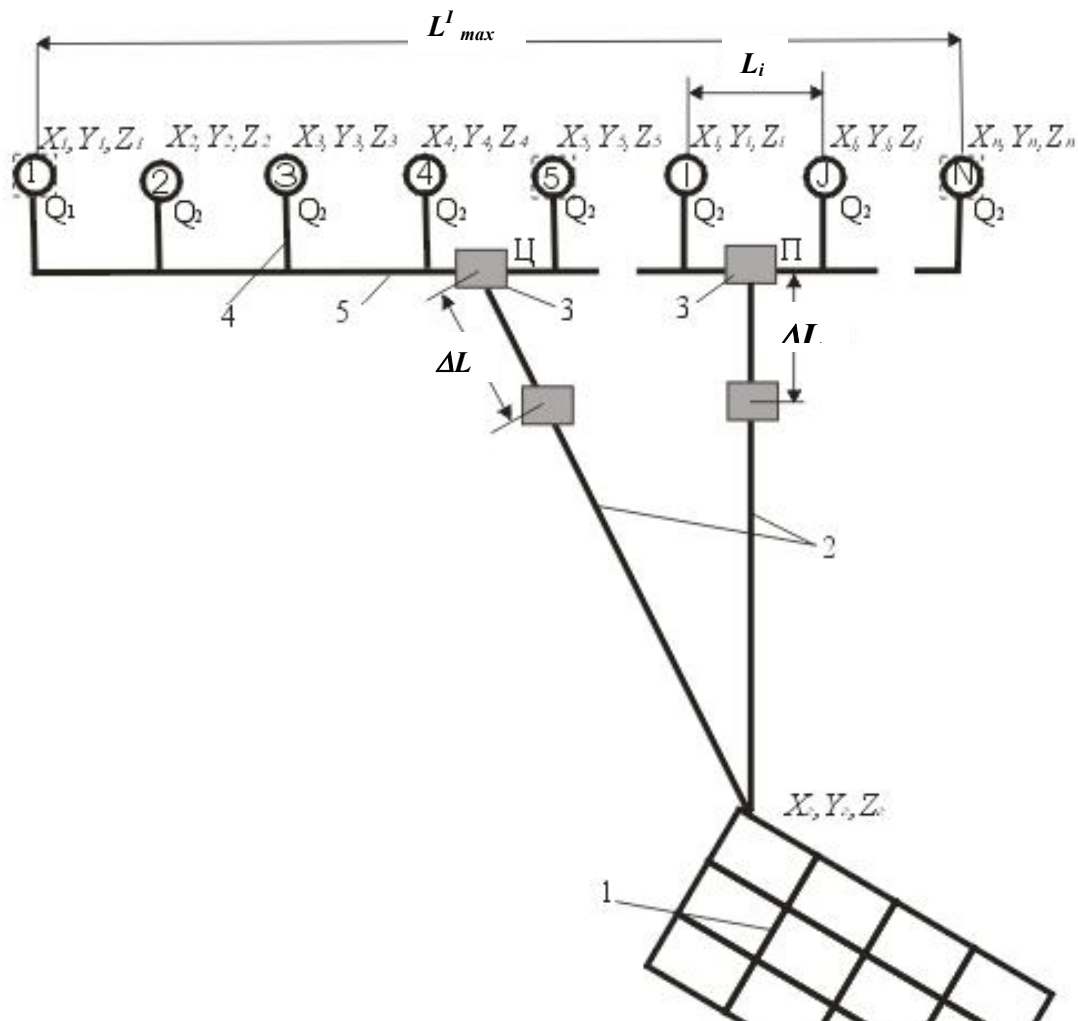


Рис. 8.2 Расчетная схема для определения места расположения головных сооружений водозабора

4-ый случай, когда $\Pi_c^I < \Pi_c^{II}, \Pi_{\frac{1}{2}}^I < \Pi_{\frac{1}{2}}^{II}$,

головные сооружения располагаются на расстоянии - ΔL от створа водозаборных сооружений, которое определяется по формуле

$$\Delta L = \frac{L}{2 \left[\frac{\Pi_c^{II} - \Pi_c^I}{\Pi_{L/2}^{II} - \Pi_{L/2}^I} - 1 \right]}. \quad (8.22)$$

8.4 Методика поэтапного развития скважинного водозабора

В связи с тем, что расчетный срок окупаемости водозабора составляет 8 лет, а срок работ на который проектируют водозабор, принимается равным 10000 сут., т.е. 27 годам, предлагается производить проектирование с учетом поэтапного развития скважинного водозабора в сроки, кратные 10, 20, 30 годам при заданном общем водоотборе [49, 53, 56].

Расчетная зависимость понижений от дебитов для неустановившегося режима и напорной фильтрации для различных периодов будет иметь вид

$$S_i^p = \frac{1}{4\pi km} \left[\sum_{\tau=1}^{p-1} Q_i^{\tau} Ei \left(-\frac{r_i^2}{4a(t_p - t_{\tau})} \right) - \sum_{\tau=1}^p Q_i^{\tau} Ei \left(-\frac{r_i^2}{4a(t_p - t_{\tau-1})} \right) + Q_i^{\tau} \xi_i \right] + \\ + \frac{1}{4\pi km} \left[\sum_{j=1}^{n-1} \sum_{\tau=1}^{p-1} Q_j^{\tau} Ei \left(-\frac{l_{ij}^2}{4a(t_p - t_{\tau})} \right) - \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{\tau=1}^p Q_j^{\tau} Ei \left(-\frac{l_{ij}^2}{4a(t_p - t_{\tau-1})} \right) \right], \quad (8.23)$$

где S_i^p - понижение уровня в i -ой скважине в p -ый период, м;

Q_i^{τ} - дебит i -ой скважины τ -го периода, м³/сут.;

r_i - радиус i -ой скважины, м;

km - водопроводимость пласта, м/сут.;

a - коэффициент пьезопроводности, м²/сут.;

t_{τ} - продолжительность τ -го периода, сут.;

Q_j^{τ} - дебиты взаимодействующих скважин работающих в τ -ый период, м³/сут.;

l_{ij} - расстояния до взаимодействующих скважин, м;

p - количество периодов;

n - количество скважин;

Ei - интегральная показательная функция.

Поэтапное развитие водозабора с изменением его размеров и режимов работы во времени позволяет значительно сократить затраты на его строительство и эксплуатацию и более обоснованно производить после каждого последующего этапа эксплуатации расчет изменения производительности водозабора (переоценку запасов подземных вод).

На рис.8.3 представлена схема изменения параметров водозабора по методике поэтапного ввода в эксплуатацию.

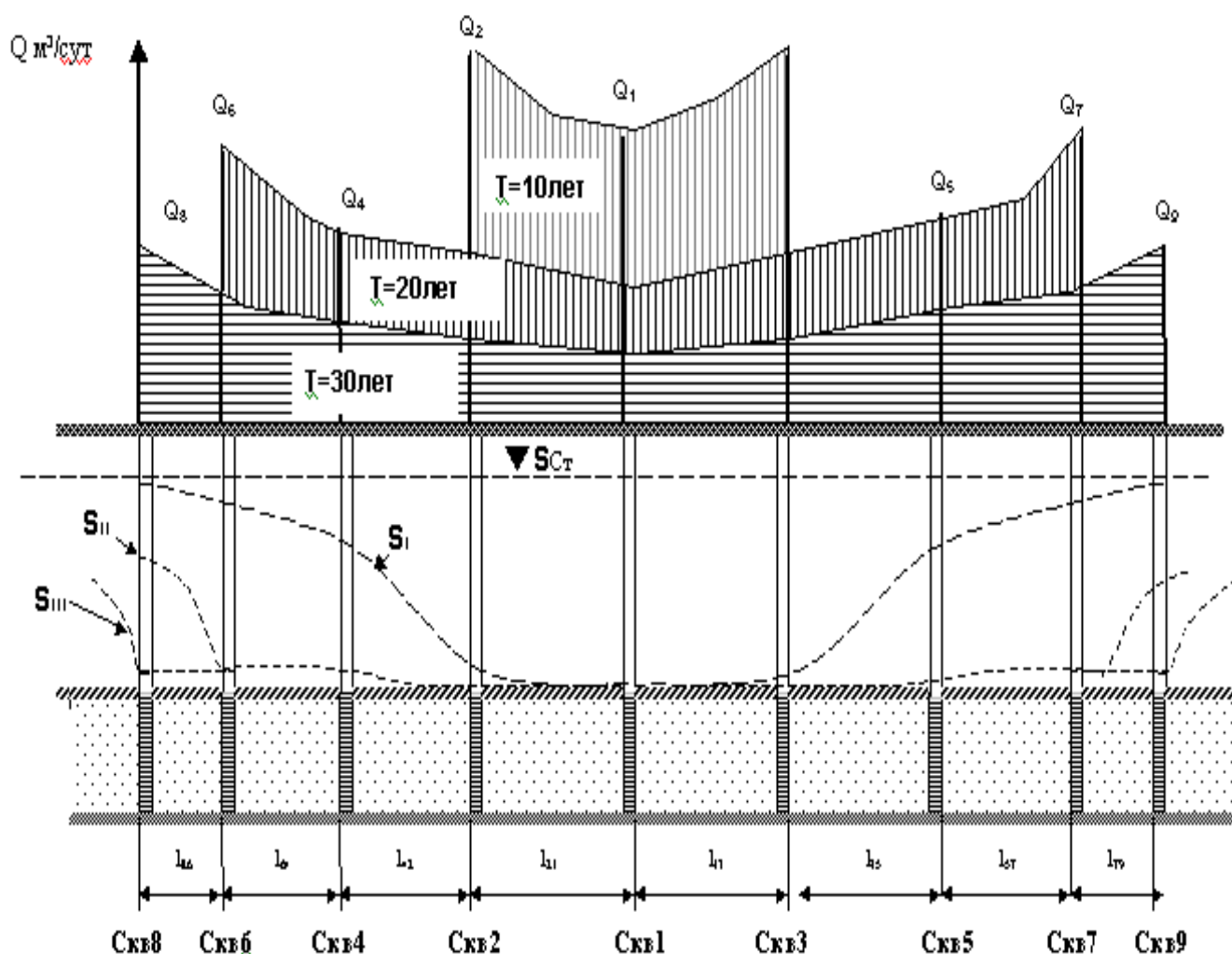


Рис.8.3 Схема изменения параметров водозабора по методике поэтапного ввода в эксплуатацию

8.5. Технология наладки и интенсификации скважинных водозаборов

8.5.1. Задачи и методика производства работ

Основными задачами наладки и интенсификации скважинных водозаборов с применением автоматизированной системы обработки и анализа материалов обследования / 71, 73/ являются:

- уточнение (определение) параметров водоносного комплекса и водозаборных скважин, водоподъемного оборудования и трубопроводов;
- оценка технического состояния отдельных сооружений и оборудования водозабора и определении возможности получения ими требуемых объемов воды;
- определение оптимальных типов водоподъемного оборудования и параметров режимов эксплуатации водозабора;
- прогнозная оценка эксплуатационных запасов подземных вод с перспективами развития водозабора.

Обследование и наладка водозаборов должны проводиться как на стадии пуска водозабора, так и на действующих водозаборах периодически, по мере изменения параметров и режимов их работы, и включают выполнение следующих работ:

- сбор технической и эксплуатационной информации;
- натурные обследования сооружений и оборудования;
- обработка и анализ материалов обследования с идентификацией математической модели водозабора;
- разработку мероприятий по интенсификации работы сооружений 1-го подъема и рациональному отбору подземных вод.

В результате сбора информации выявляется схема водозабора, состав и характеристики технологических сооружений, коммуникаций и оборудования. Изучаются материалы гидрогеологических изысканий и режимных наблюдений за водоотбором и уровнями подземных вод, паспортные данные скважин и эксплуатационные характеристики в течение всего периода работы.

Натурное обследование включает в себя съемку параметров работы водозабора в режиме максимальной нагрузки. При этом измеряются: давления воды в трубопроводах на устьях скважин и характерных точках сборных водоводов (манометрическая съемка), уровни воды в водозаборных и наблюдательных скважинах, потребляемая электроэнергия скважинных электронасосов и уровень воды в резервуарах. Производится прослеживание динамики восстановления уровня в каждой скважине и взаимодействующих с ней (после ее отключения) и, наконец, посредством откачки скважины "на выброс" определяются характеристики погружного насоса и скважины.

Для обработки и анализа материалов обследования, определение оптимальных параметров водозаборов и режимов его работы, а также мероприятий по интенсификации и рациональному отбору подземных была разработана система автоматизированной обработки и анализа.

8.5.2. Система автоматизированной обработки и анализа материалов обследования водозабора

На рис.8.4 приведена принципиальная схема автоматизированной системы обработки и анализа материалов обследования водозабора /46, 50, 68/.

Одной из сложных задач при наладке оптимальных режимов и интенсификации водозаборов подземных вод является определение оптимальных параметров водозаборов и режимов его работы, удовлетворяющих требуемому объему водопотребления при минимальных эксплуатационных затратах. Обусловлено это необходимостью проведения комплексного анализа работы системы *водоносный пласт – скважин - насосные агрегаты - сборные водоводы – запасно-регулирующие резервуары*. Такой анализ требует получения полного объема технической информации и обработки ее на ЭВМ программного продукта ПП "Wells" /72, 73/.

ПП "Wells" позволяет решать следующие классы задач:

-СИТУАЦИОННЫЕ проблемы, т.е. получение количественных и качественных оценок состояния эксплуатируемого реального объекта, при задании фактических или желаемых параметров, определяющих текущее состояние элементов водозабора. Например, оценка работоспособности, энергетических затрат и необходимого дебита при отключении отдельных скважин, при замене насосного оборудования в отдельных или всех скважинах, при отключении отдельных нитей сборного водоводов, при том или ином режиме регулирования дросселированием насосно-силового оборудования и др.;

-ПРОГНОЗНЫЕ задачи включают проблемы ситуационного моделирования, но с учетом включения фактора времени и эмпирического прогноза кольматажа фильтров, обрастания водопроводной сети, износа насосов;

-ОПТИМИЗАЦИЯ эксплуатационных режимов позволяет выбрать регулирование путем дросселирования насосно-силовых установок водозабора для обеспечения требуемого суммарного дебита при минимальных затратах электроэнергии. По результатам решения таких задач составляются оптимальные графики суточной, недельной и любого периода работы скважин водозабора;

-ОПТИМАЛЬНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ имеющегося парка насосов по скважинам водозабора с целью получения требуемого или максимального суммарного дебита водозабора при оптимизации энергетических затрат при последующей эксплуатации;

-ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ расчеты охватывают все вышеизложенные задачи с добавлением новых (планируемых) элементов водозабора: скважин, водоводов, резервуаров и других.

В особую группу проблем, возникающих при подготовке модели реального объекта, объединены задачи автономного пользования:

-автоматизированная обработка данных кустовых и одиночных откачек, а также восстановления уровней после эксплуатационных откачек;

-обработка данных откачек "на выброс" для получения истинных напорно-расходных и мощностных характеристик насосного оборудования,

-обработка материалов манометрической съемки сети;

-обработка данных режимных наблюдений за динамикой уровней в эксплуатационных и наблюдательных скважинах с целью определения восполняемости каптируемых водоносных пластов.

Завершает классификацию задач ПП "Wells" процедура вычисления контуров реального водозахвата каждой из скважин водозабора, что позволяет оценить как пространственное влияние водозабора на прилегающие территории, так и запланировать охранно-санитарные мероприятия по защите подземных вод.



Рис.2.7 Принципиальная схема автоматизированной системы обработки и анализа материалов обследования водозабора

Непосредственный процесс создания имитационной модели реального объекта реализуется ПП "Wells" в полуавтоматическом режиме. Алгоритмом предусмотрен анализ введенной пользователем исходной описательной информации и сообразно ее полноте реализуется та или иная, упрощенная или расширенная схематизация каждого из составляющих элементов. При выявлении некорректных ситуаций выдается соответствующее сообщение с рекомендацией возможных путей исправления. Решение как оптимизационных, так и ситуационных задач ПП "Wells" всегда сопровождается выдачей соответствующих складывающейся ситуации сообщений о вычисленной или заданной априорно состоянии каждой из активных скважин объекта.

Вся информация, используемая в расчетах ПП "Wells", хранится в собственной базе данных.

Она включает системное математическое обеспечение, позволяющее осуществить ввод и корректировку исходной и справочной информации, ее хранение, работу программного комплекса, отображение на мониторе, обеспечивающего идентификацию и реализацию математической модели водозабора и печать результатов расчетов.

В процессе работы системы вводятся данные о схеме водозабора, материалы откачек и восстановлений уровня в скважинах, результаты съемки параметров режима работы водозабора, которые могут быть скорректированы. Аналогичным образом заносится, корректируется и хранится справочно-нормативная информация по водоподъемному оборудованию (каталоги насосов) и трубопроводам.

На основе исходной информации программным комплексом "Wells" производится:

- определение гидрогеологических параметров эксплуатируемого водоносного комплекса по временному и площадному прослеживанию восстановлений уровней в скважинах и их осреднение;

- построение фактических характеристик скважинных электронасосных агрегатов (напор, производительность, КПД, мощность) и характеристик "дебит-понижение" скважин;

- определение фактических дебитов скважин и рабочих параметров насосного оборудования для заданного режима работы водозабора;

- определение фактической пропускной способности (гидравлических сопротивлений) трубопроводных коммуникаций;

- гидравлический расчет системы сборных водоводов.

8.5.3. Имитационное моделирование при решении задач

оптимизации режимов и параметров скважинных водозаборов

Полученные фактические характеристики элементов водозабора используются для создания имитационной математической модели водозабора, представляющей собой систему линейных уравнений, описывающих систему взаимодействующих скважин и систему нелинейных уравнения дви-

жения воды в трубопроводных коммуникациях /11/. Обе системы уравнений связываются функциями, описывающими расходно-напорные характеристики водоподъемного оборудования. Идентификация модели заключается в вычислении коэффициентов уравнений функций, причем независимыми для первой системы являются дебиты скважин, а для второй - пьезометрические напоры. Совместное решение этих систем уравнений с "включением" тех или иных характеристик насосов отвечает различным режимам эксплуатации водозабора. В результате решения однозначно определяются зависимые переменные, являющиеся параметрами режима работы водозабора - положения уровней воды в скважинах, расходы по участкам трубопроводов, потребляемая мощность насосных агрегатов и т.д.

Для получения необходимой степени точности соответствия математической модели натуре требуется наличия фактических значений параметров системы, входящих в зависимости (2.1) - (2.5), экспериментальное определение которых в массовом масштабе требует проведения огромного объема работ по обследованию водозаборов и необходимости наличия соответствующих приборов и оборудования на скважинах.

Замена же отдельных параметров теоретическими (характеристик насоса - паспортными данными; сопротивлений трубопроводов - вычисленными по полуэмпирическим зависимостям; принятие осредненных параметров водоносного пласта, использовавшихся при оценке эксплуатационных запасов подземных вод) приводит к снижению точности приближения модели к натуре в такой степени, что цели, преследуемые при моделировании, становятся недостижимыми. Относительная ошибка определенных таким способом параметров пласта и сопротивления фильтров скважин может достичь 50 - 250 %, пропускной способности сборных водозаборов - 100 - 300 %, характеристик насосного оборудования - 100-200 %.

Основная задача оптимизации эксплуатации действующего водозабора сводится к следующему.

Необходимо выбрать из n - общего количества скважин водозабора k - скважин ($k \leq n$), обеспечивающих заданный режим водоотбора из интервала $Q_v \leq Q_{max}$. при минимуме энергозатрат на подачу воды

$$\sum_{i=1}^k \frac{Q_i H_i}{\eta_i} \rightarrow \min, \quad (8.24)$$

которая пропорциональна затратам электроэнергии,

где Q_{max} - максимальная допустимая величина водоотбора, соответствующая утвержденным эксплуатационным запасам подземных вод;

H_i - напор насоса i -й скважины;

η_i - к.п.д. насосного агрегата, установленного на i -й скважине.

Решение этой задачи осуществимо, если принять, что

$$H_i = S_i + H_i + \Delta h_i, \quad (8.25)$$

где S_i - глубина динамического уровня в скважине от устья, м;

H_i - напор, развиваемый насосом на устье скважины, м;

Δh_i - потери напора в водоподъемной трубе, м;

Величины S_i и H_i поддаются непосредственному измерению и, кроме того значения их можно связать с величиной дебита скважин простыми эмпирическими зависимостями вида:

$$S_i = f(Q_1, Q_2, Q_3, Q_i); \quad (8.26)$$

$$H_i = f(Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_i, Z), \quad i \leq n \quad (8.27)$$

Эти зависимости можно представить в виде линейных уравнений, коэффициенты которых B и C определяются решением систем линейных уравнений вида:

$$S_i = \sum_1^n (B_i Q_i + B_{i0}), \quad i = 1 \dots n \quad (8.28)$$

$$H_i = \sum_1^n (C_i l Q_i^\beta + Z_{yi} - Z_l) + Z_{yi} - Z, \quad i = 1 \dots n \quad (8.29)$$

где Z_{yi} - отметки устьев скважины, причем элементы матриц S , H , Q_{yi} являются непосредственно измеренными, а показатели степени β устанавливаются эмпирически.

Характеристики насосного оборудования каждой скважины, которые и являются результатом выбора по критерию (8.24), можно представить в виде:

$$H_i - \Delta h_i = A_{oi} + \sum_{i=1}^n A_{ni} Q_i^\alpha \quad (8.30)$$

$$\eta_i = E_{oi} + \sum_{i=1}^n E_n Q_i^\rho, \quad (8.31)$$

где A_{oi} , A_{ni} , E_{oi} , E_n - параметры, аппроксимирующие характеристику, а значения α и ρ определяются лишь точностью аппроксимации для каждой скважины; можно выбрать насосы из имеющегося множества $\{I\}$, максимально удовлетворяющие этим параметрам.

Следует учесть, что в процессе эксплуатации водозабора с течением времени режим его работы претерпевает изменения. Это обусловлено работой эксплуатационных запасов подземных вод, изменением характеристик установленного технологического оборудования и трубопроводов. Кроме того, возникают условия, при которых одни скважины выходят из строя, появляются возможности включения отремонтированных или вновь пробуренных скважин. В этом случае условие (8.24) перестанет соблюдаться, что приведет к необходимости повторного решения задачи определения

рационального режима работы водозабора. При этом подлежат корректировке параметры уравнений. Такие корректировки могут проводиться путем сопоставления измеренных величин S , Q и H с вычисленными с помощью коэффициентов соответствующих поправок.

Условием рентабельности при переходе на новый режим эксплуатации водозабора будет являться:

$$\sum_1^n \delta \left(\frac{Q_i H_i}{\eta_i} - \frac{Q_i H_i}{\eta_i} \right) > Z, \quad (8.32)$$

где Q_i , H_i , η_i - параметры нового режима, определяемые условием (8.24);
 δ - коэффициент, переводящий минимизируемое выражение в стоимость;
 Z - затраты по переходу на новый режим, руб.

Описанная методика моделирования действующих водозаборов подземных вод позволит находить рациональные режимы их работы, опираясь на эмпирические величины, непосредственно доступные измерению.

Простота получения необходимых данных, несложность математического аппарата модели и возможность его реализации на ПЭВМ позволяет широко использовать предлагаемую геогидравлическую модель действующего водозабора.

8.5.4. Оптимизация уровня режима запасно-регулирующего резервуара

Рассматривая систему: водоносный пласт - скважина - насосы 1 подъема - резервуар - насосная станция 2-го подъема можно заключить, что оптимальный режим работы данной системы определяется режимом водопотребления и уровнем режимом запасно-регулирующего резервуара при постоянном режиме подачи воды из скважин.

Целевая функция имеет вид:

$$\Pi = \sigma \gamma \tau \frac{1}{t} \int_{t_0}^{t_k} \{P_1(t) + P_2(t)\} dt, \quad (8.33)$$

где t_0 - начальный момент времени,

t_k - конечный момент времени, ч;

$P_1(t)$ и $P_2(t)$ - мощность насосов 1-го и 2-го подъемов, квт;

σ - стоимость электроэнергии с учетом двухставочного тарифа;

γ - коэффициент неравномерности расходования электроэнергии;

τ - время работы водозабора в году, сут.

В общем случае при минимизации функции цели на решаемую задачу налагаются следующие ограничения - дебит, понижение уровня в каждой скважине и в контролируемых пьезометрах пласта не должно превышать допустимого.

Процесс протекания воды через резервуар, связанный со станцией 2-го подъема описывается обыкновенным дифференциальным уравнением первого порядка:

$$Q(H_z) = Q_t(t) + F \frac{dH_z}{dt}, \quad (8.34)$$

где $Q(H_z)$ - производительность водозабора как функция от уровня воды в резервуаре, м³/ч;

$Q_t(t)$ - заданный график водопотребления, т.е. расход воды в данный момент времени, м³/ч;

H_z - уровень воды в резервуаре, м;

F - площадь поверхности воды в резервуаре, м²;

t - время, ч.

Зависимость $Q(t)$ - предполагается заданной и описывает потребности в воде в определенный период времени. Зависимость $Q(H_z)$ может быть установлена либо натурными измерениями для действующих водозаборов, либо с помощью расчета при моделировании работы водозабора. Начальный уровень воды в резервуаре может выбираться произвольно $H_z(t_0) = H_{zo}$, но его оптимальное значение зависит от конструктивных, гидрогеологических и других факторов.

Для определения зависимостей $Q(H_z)$ и $P_1(H_z)$ используется программа ПП «Wells», моделирующая работу водозабора с учетом взаимодействия водоподъемного оборудования, водоносного пласта, скважин и сборных водоводов.

Мощность $P_2(t)$ насосных станций второго подъема определяется по заданному графику водопотребления $Q_t(t)$

$$P_t(t) = \frac{Q_t(t)H_t(t)}{\eta_t(t)} \quad (8.35)$$

Средняя мощность $\bar{P}$ за период $t_k - t_0$ представляется в виде:

$$\bar{P} = \frac{1}{t_k - t_0} \int \left[P_1(t) + \frac{Q_t(t)H_2(t)}{\eta_t(t)} \right] dt \quad (8.36)$$

Расчет оптимального уровня режима резервуара водозабора сводится к решению системы уравнений одновременно с поиском минимума целевой функции.

Минимум функционала достигается при

$$\sigma \gamma \bar{P} = 0 \quad (8.37)$$

Для решения задачи применена численная процедура поиска минимума функционала (средней мощности за период) с одновременным определением функции $H_z(t)$.

8.5.5. Методика анализа и разработки наладочных мероприятий

Основными параметрами, имеющими решающее значение при разработке наладочных мероприятий, являются:

- максимально возможные дебиты скважин, определяемые как опытным путем, так и посредством анализа динамики удельных дебитов отдельных скважин с течением времени,
- влияние на параметры скважин конструкции и интервала посадки фильтра, срока и режима эксплуатации скважины и пр.
- удельные затраты электроэнергии по каждой скважине

Основная оценка характеристик оборудования и режимов работы водозабора производится с помощью имитационной математической модели водозабора.

Полученные в результате расчета рабочего режима гидравлические характеристики (сопротивления, потери напора и скорости по участкам сборных водоводов, водоподъемных труб и линий подключения) позволяют определить участки трубопроводной сети с повышенными скоростями движения воды; с недогруженными по расходу, но со значительными потерями напора. Данная информация является основой к разработке соответствующих мероприятий (прокладка дополнительных трубопроводов, замена труб, ремонт арматуры, прочистка трубопроводов).

Программой предусмотрен рациональный выбор насосных агрегатов из существующего на водозаборе оборудования, а также из каталога насосов.

При анализе этих результатов могут возникать другие варианты расстановки насосов, расчеты которых с последующей технико-экономической оценкой определяют эффективный вариант.

С помощью математической модели могут быть проанализированы различные варианты изменения расчетной схемы водозабора, параметров водоносного комплекса и водоподъемного оборудования для определения мероприятий, направленных на улучшение эксплуатации и перспективное развитие водозабора.

Оперативный режим работы водозабора может характеризоваться периодическим отключением - включением водозаборных скважин в зависимости от режима работы насосных станций 11-го подъема и резервуаров.

График отключения наиболее неэкономичных скважин может быть получен при вариантных расчетах модели на ЭВМ. Сравнение суммарной производительности водозабора с утвержденными запасами подземных вод по категориям А+В позволяет определить возможные резервы.

Если общая производительность водозабора обеспечивается количеством скважин предусмотренных проектом, с учетом резерва, следует проанализировать причины снижения дебита по каждой скважине и определить мероприятия по интенсификации водоотбора. При отсутствии возможности интенсификации необходимо рассмотреть вопрос перебурирования отдельных скважин и строительства новых для достижения проектной производительности.

сти водозабора работающими скважинами без учета резервных. Резерв скважин установлен из равенства дебитов каждой скважины. Поэтому для разноразмерных скважин резерв рекомендуется устанавливать по средней производительности одной скважины данного водозабора и проценту резерва по производительности водозабора.

Количество резервных скважин определяется как

$$m = \frac{Q'}{Q_{cp}} \quad (8.37)$$

где Q_{cp} - средний дебит одной скважины водозабора, м³/час;

Q' - требуемый резерв по производительности водозабора, м³/ч.

$$Q' = m' Q_n \quad (8.38)$$

m' - требуемое количество резервных скважин по проекту;

Q_n - проектный дебит одной скважины, м³/ч.

При этом количество резервных скважин, определенных на стадии наладки, должно быть не менее проектного, т.е.

$$m \geq m' \quad (8.39)$$

Данные восстановления уровня воды в скважине и удельные дебиты позволяют со сведениями о появлении пескования, а так же химическом и микробиологическом составе кольтманта сделать выводы о состоянии фильтра скважины, необходимости проведения дополнительного обследования и ремонта скважины.

Так, снижение удельного дебита по отношению к первоначальному свидетельствует о кольтманте фильтра скважины, в данном случае требуется проводить работы по восстановлению дебита скважины. По материалам обследования параметров насосного оборудования определяются максимально возможные дебиты из условий пескования и допустимого уровня воды в скважине.

В основе анализа лежит сравнение экспериментальных данных с данными гидрогеологических изысканий.

9 Особенности проектирования установок обезжелезивания и демангания воды в водоносном пласте

Технология обезжелезивания и демангания воды в водоносном пласте состоит в процессе насыщения воды кислородом и закачки в водоносный пласт, в котором происходят химические (за счет увеличения окислительно – восстановительного потенциала водоносного пласта – Еh до 200 – 600 mV) и микробиологические процессы окисления и осаждения железа и марганца, после чего очищенная вода забирается и подается потребителю /22/.

Вода из водозабора, водопровода или резервуаров насыщается кислородом воздуха посредством специальной конструкции эжектора или компрессора. Обогащенная кислородом вода закачивается в водоносный пласт через скважину и вытесняет вокруг ее подземную воду на величину закаченного объема воды, создавая тем самым зону окисления. В этой зоне вна-

чале кислород - O_2 вступает в реакцию с растворенным в подземной воде железом в двухвалентной форме и образует на породе водоносного пласта нерастворимые отложения гидроокиси железа – $Fe_2(OH)_3$, при этом увеличивается выделение углекислого газа – CO_2 (на окисление 1 мг Fe^{+2} идет 0,143 мг O_2 сопровождаемое выделением 1,6 мг CO_2).

В период последующей откачки воды эти отложения гидроокиси железа водоносного пласта адсорбируют ионы растворимого Fe^{+2} из неочищенной подземной воды до момента истощения его адсорбционного потенциала, после чего начинается рост содержания железа в воде.

На следующем этапе закачки в водоносный пласт воды, содержащийся в ней кислород вступает в реакцию с адсорбированным Fe^{+2} , образуя новые отложения гидроокиси железа и новый адсорбционный потенциал, при этом вокруг скважины возникает зона окисления и осаждения железа. Закачка в скважину воды, обогащенной кислородом воздуха, длится от одних до пяти суток, и после 3 – 5 часов выдержки, в течение которой происходят окислительные процессы по внешней границе зоны, после чего начинается откачка чистой воды благодаря тому, что подземная вода проходит через зону окисления и осаждения, и растворенное Fe^{+2} снова адсорбируется гидроокисью железа.

При откачке находящиеся в подземных водах растворимые соединения железа – Fe и марганца – Mn частично оседают на большом расстоянии от скважины на породе водоносного пласта, тем самым несколько снижают его проницаемость. Однако с каждой последующей закачкой обогащенной воды зона окисления и осаждения Fe, где происходят окислительные процессы, постоянно расширяется и отодвигается все дальше от водозаборной скважины, чем практически исключается кольматаж водоносного пласта.

Железобактерии (*Galionella ferruginea*, *Leptotrix ochraceae*, *Crenotrix polyspora*), синтезируя органические вещества из неорганических для своей жизнедеятельности, получают энергию для обмена веществ от окисления железа. Для получения 1 мг синтезированного органического вещества железобактерии окисляют 279 мг Fe^{+2} , образуя при этом 534 мг гидроокиси железа.

Для обезжелезивания и деманганизации воды в водоносном пласте применяются две технологические схемы с отдельной и совмещенной системой нагнетания и забора подземных вод.

Характерным для первой схемы – «Vyredox» является наличие центральной водозаборной скважины и нескольких ее окружающих нагнетательных скважин для закачки воды (рис. 9.1), которые целесообразно применять для неглубоких водоносных горизонтов (до 50 м)

Во второй схеме для забора и для закачки воды эксплуатируемого водоносного пласта используется одна скважина (рис. 9.2). Применение данной схемы обезжелезивания следует применять при содержании железа в подземной воде до 10 мг/л и марганца – до 0,5 мг/л.

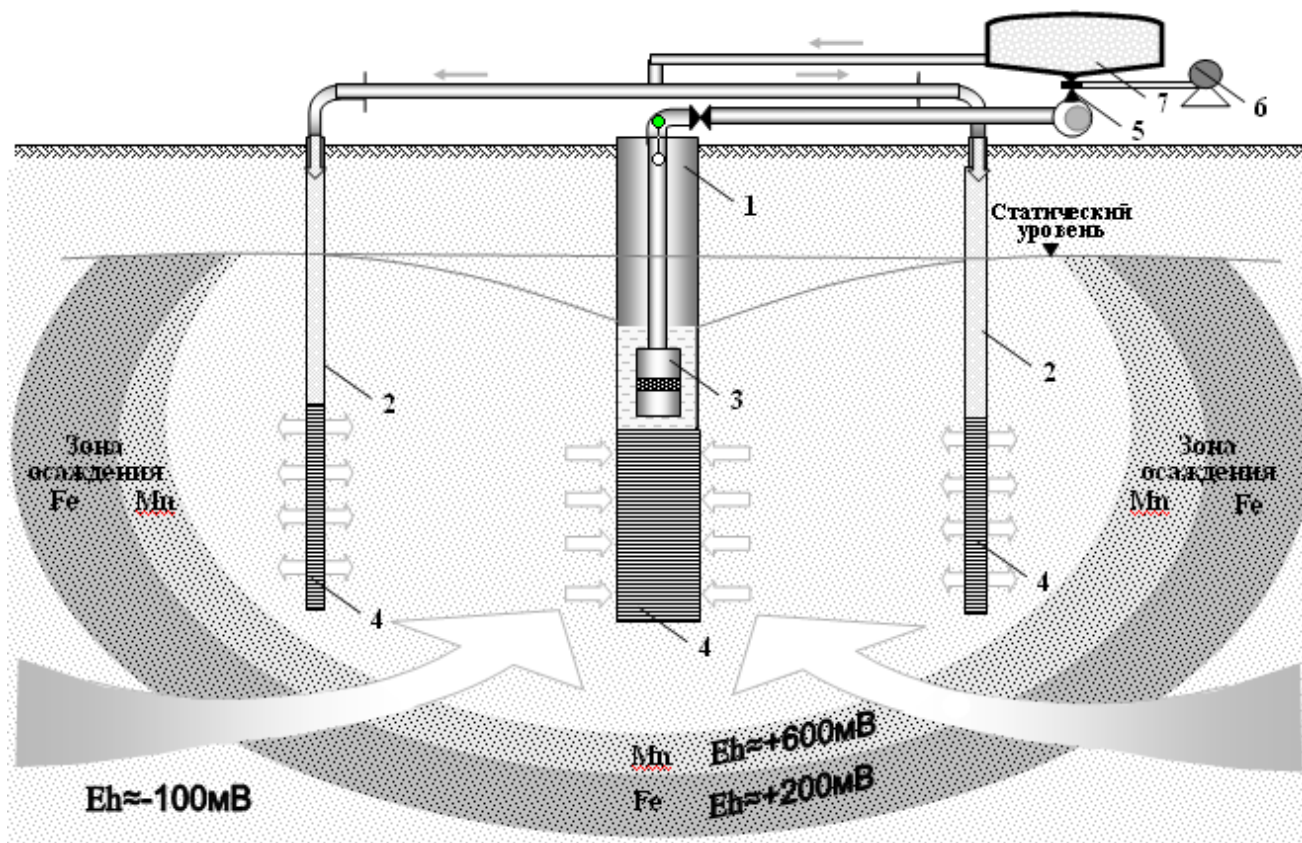


Рис. 9.1. Принципиальная схема обезжелезивания и деманганизации воды в водоносном пласте с отдельной системой нагнетания и забора подземных вод

1 – нагнетательная скважина; 2 – водозаборная скважина 3 – погружной насос;

Проектирование системы обезжелезивания и деманганизации воды в водоносном пласте на водозаборе необходимо осуществлять только после проведения предпроектных исследований (пробное обезжелезивание и деманганизация) в процессе или после выполнения работ по детальной разведке месторождения подземных вод.

Цель предпроектных исследований – определить технологическую схему и регламент установки обезжелезивания и деманганизации в водоносном пласте.

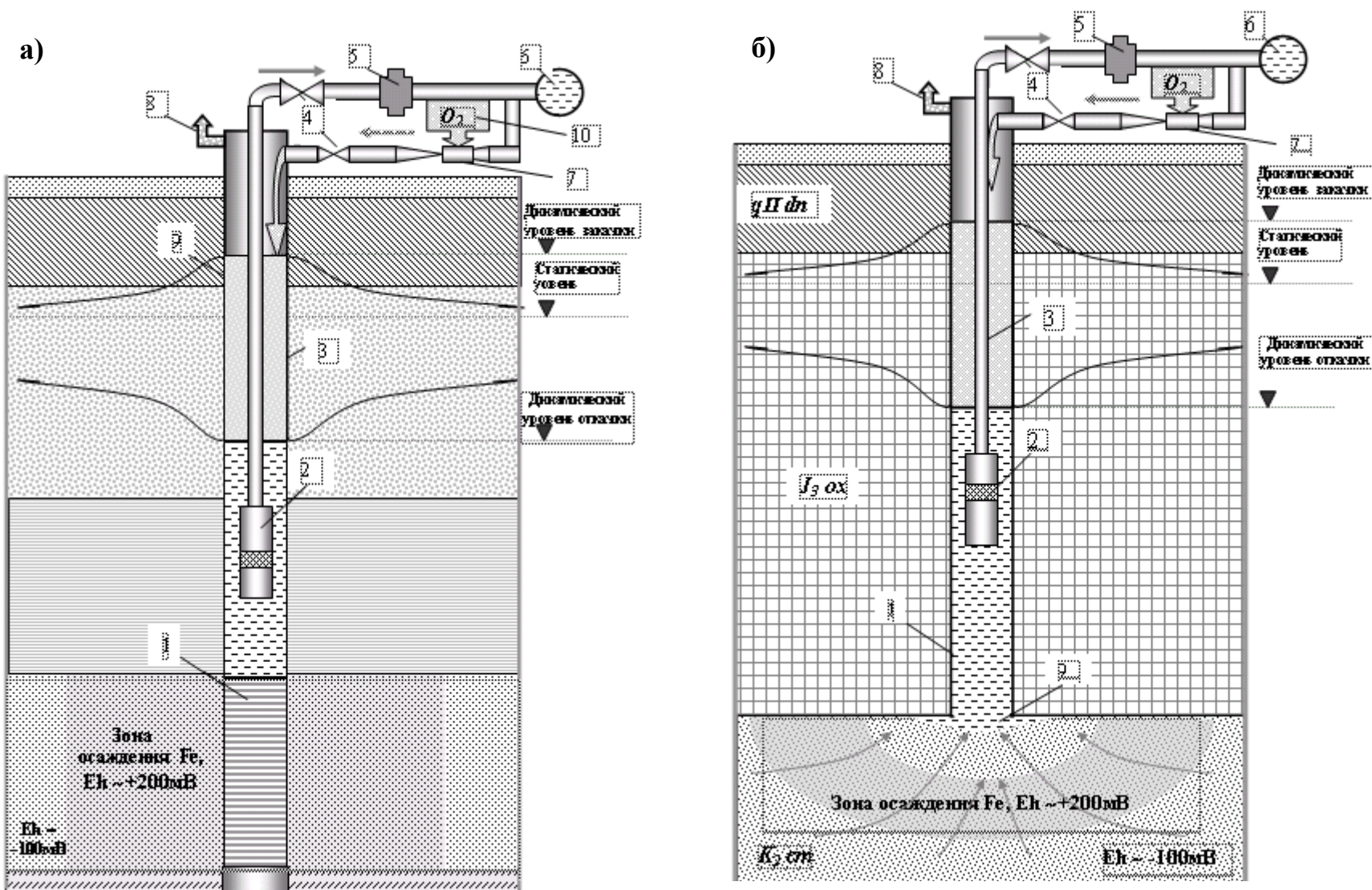


Рисунок 9.2. Принципиальная схема обезжелезивания воды в водоносном пласте с совмещенной системой нагнетения воздуха.

Предпроектные исследования должны выполняться специализированными организациями и включать в себя следующие виды работ:

Предварительный выбор технологической схемы обезжелезивания и деманганизации в пласте исходя из гидрогеологических и гидрохимических условий и определение места расположения.

Разработка проекта технологической оснастки опытной установки, методики и программы проведения опытно-технологических работ.

Изготовление и монтаж необходимого оборудования скважин.

Проведения лабораторных и полевых опытно-технологических работ по исследованию динамики и качества подземных вод по физическим, химическим и микробиологическим показателям при обезжелезивании (деманганизации) подземных вод.

Обработка результатов опытно-технологических исследований и определение необходимых данных для проектирования установок.

Основными технологическими параметрами установок обезжелезивания в водоносном пласте являются соответственно расход - Q_z и время - t_z закачки, расход - Q_o и время - t_o откачки, обеспечивающие очистку воды до нормативных требований и с требуемой производительностью водозабора - Q_{mp} .

На водозаборе должен быть предусмотрен 20% резерв водозаборных скважин, которые обеспечат необходимый расход закачки, что не потребует строительства дополнительного количества скважин.

По методологии расчета скважинных водозаборов, изложенной в главе 8, определяются схема водозабора, количество и дебиты скважин. При этом расход откачки - Q_o принимается равным дебиту - Q_i .

Исходя из конструктивных особенностей скважины и ее параметров (удельного дебита, положения статического уровня, гидравлических характеристик водоприемной части скважины), а также наличия избыточного давления на устье скважины, необходимого для задавливания воды в пласт, определяется максимально возможный расход закачки, который может быть $Q_z \leq Q_i$.

Для скважинных водозаборов подземных вод, состоящих из n – скважин ($n > 2$), за период откачки очищенной воды из одной скважины в остальных скважинах должна быть проведена «зарядка», т.е.

$$t_z = t_o : (n - 1) \quad (9.1)$$

Для одиночных скважин, подающих воду непосредственно в водопроводную сеть, время закачки - t_z определяется исходя из наличия резерва мощностей и запасно-регулирующих емкостей, а также создания необходимых размеров зоны осаждения железа.

Определение этих данных, находящихся в прямой зависимости от характеристик воды (физических, химических и микробиологических) и водоносного пласта (геологических, фильтрационных и геохимических и др.), в основе расчета которых лежат параметры кинетики адсорбции кислорода по-

родой пласта (зарядка) и кинетики окисления двухвалентного железа, представляет определенные трудности связанные с необходимостью проведения предварительных исследований (пробного обезжелезивания) непосредственно на водозаборных скважинах. Между t_0 и t_3 существует зависимость / 22 /

$$t_o = A \cdot \frac{Q_3 t_3}{Q_o} - B, \quad (9.2)$$

где $A = 1 + \frac{\zeta}{\beta C_{Fe^{2+}_o}}$ и $B = \frac{\ln \left(\frac{C_{Fe^{2+}_o}}{0,3} - 1 \right)}{\beta \sigma_{Fe^{2+}} C_{Fe^{2+}_o}};$

$\beta = 0,143$ – стехиометрический коэффициент, соответствующий допущению, что для окисления 1 мг железа расходуется 0,143 мг кислорода;

$\sigma_{Fe^{2+}}$ - константа скорости окисления Fe^{2+} кислородом, адсорбированным на породах пласта;

$C_{Fe^{2+}_o}$ - исходная концентрация двухвалентного железа в воде, мг/л;

t_o и t_3 – соответственно время откачки и закачки, ч;

Q_o и Q_3 - соответственно расход откачки и закачки, м³/ч;

ζ - комплексная величина, характеризующая удельную норму адсорбции кислорода породами пласта.

Неизвестные параметры кинетики $\sigma_{Fe^{2+}}$ и ζ определяются по данным измерений $C_{Fe^{2+}_i} = f(t_{oi})$, получаемых при пробном обезжелезивании из зависимости

$$C_{Fe^{2+}} = \frac{C_{Fe^{2+}_o} \exp T}{\exp T + \exp X - 1}, \quad (9.3)$$

где $T = \beta \sigma_{Fe^{2+}} \cdot C_{Fe^{2+}_o} \left(t_0 - \frac{Q_3 t_3}{Q_o} \right)$ и $X = \sigma_{Fe^{2+}} \cdot \zeta \cdot \frac{Q_3 t_3}{Q_o},$

$C_{Fe^{2+}_i}$ - концентрация двухвалентного железа при откачке на момент времени t_{oi} , мг/л.

Полученные данные являются исходными для проведения геогидравлических, технологических и технико-экономических расчетов с целью нахождения оптимального варианта как технологической схемы обезжелезивания, так и ее основных параметров /23/.

Особенность работы скважины при обезжелезивании в пласте заключается в том, что фильтр ее работает в двух направлениях потока. С целью достижения оптимального эффекта обогащения водоносного пласта кислородом конструкция скважины должна быть такой, чтобы сопротивление фильтра и прифильтровой зоны было минимальным и скорости притока по длине фильтра были бы одинаковыми. Для этого должен быть сформирован в прифиль-

тровой зоне гравийно - песчаный фильтр с толщиной контура обсыпки не менее $D_0 \geq 2D_\phi$ и параметрами.

Вскрытие водоносного пласта при бурение скважин целесообразно осуществлять методом обратной промывки.

Фильтры и обсадные трубы должны иметь антикоррозионное покрытие или изготавливаться из некоррозионных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водный кодекс Республики Беларусь.– Минск: Юринформ, 1999.–31 с.
2. Закон Республики Беларусь. О питьевом водоснабжении.– Минск: Юринформ, 1999.–27 с.
3. Республиканская программа первоочередных мер по улучшению снабжения населения питьевой водой. – Минск: Минжилкомхоз Беларуси, 1998. – 91с.
4. Государственная программа по водоснабжению и водоотведению «Чистая вода» – Минск: Минжилкомхоз Беларуси, 2002. –72с
5. СанПиН 10124 РБ 99. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – Минск: Минздрав Беларуси, 2000. – 132 с.
6. 2.EU-Richtlinie über die Qualität von Wasser für dtn menschlichen Gebrauch (98/83 EG) vom 03.11.1998, Amtsblat d.EG L 330/32
7. Гуринович А.Д. Питьевое водоснабжение из подземных источников: проблемы и решения. - Минск: Технопринт, 2001- 302 с
8. DIN 2000. Zentrall Trinkwassersorgung. Leinsatre fur Anforderungen on Trinkwasser Planung Ban und Betrieb oler Anlagen. Bonn: ZfGW-Verlag, 1973. – 50 S.
9. СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения
10. Пособие по проектированию сооружений для забора подземных вод. – М: Стройиздат, 1989. – 270 с.
11. Бочеввер Ф.М. Теория и практические методы расчета эксплуатационных запасов подземных вод. –М: Недра, 1968.– 277с.
12. Инструкция по применению классификации эксплуатационных запасов подземных вод к месторождениям питьевых и технических вод/ ГКЗ при Совете Министров СССР. –М., 1985.–29 с.
13. Богомолов Г.В., Станкевич Р.А. Бесфильтровые водозаборные скважины в рыхлых породах. – Минск: Наука и техника, 1978. –152 с.
14. Fletcher G. Driscoll. Groundwater and Wells – Minnesota US Filter/Jonson Screens 1995 - 1089 p.
15. Bieske E., Rubbert W., Treskatis. C. Bohrbrunnen (8. Auflage). München: Olden-bourg, 1998. – 455 S.
16. Гаврилко В.Н., Алексеев В.С. Фильтры буровых скважин. – М.: Недра, 1985. –334 с.
17. Башкатов А.Д. Сооружение высокодебитных скважин. – М.: Недра, 1992. – 249 с.
18. ГОСТ 10428–84 Агрегаты электронасосные центробежные скважинные для воды. Основные параметры и размеры. – Взамен ГОСТ 10428–79; Введ. 01.07.90. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 22 с.
19. Lakos pump protection Seeparators //Lakos seeparators. 1992, 18 p.
20. Степанов А. И. Центробежные и осевые насосы – М: Машгиз. –1961. – 356 с.
21. Правила технической эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения населенных мест. Минск: «СМЭЛТОК», - 2002.- 184 с.
22. Коммунар Г.М. Внутрипластовая очистка подземных вод для целей водоснабжения. Дис. ... докт. техн. наук: 05.23.04. – М. , 1987. – 469 с.
23. Методические рекомендации по опытно-технологическим исследованиям условий обезжелезивания и деманганизации подземных вод в водоносном горизонте / Научн.–техн. центр Дальгеоцентр; Сост. В.В. Кулаков, Б.С. Архипов, С.А. Козлов. – Хабаровск, 1999. – 60 с.

Таблица П1.1

Проектные нормы водопотребления на питьевые и хозяйственные нужды в жилых зданиях

Степень санитарно-технического оборудования жилых зданий	Проектная норма водопотребления (среднесуточная за год)	
	единица измерения	количество
1 Жилая застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией без ванн и душей	л/сут на одного жителя	85
2 Жилая застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом, канализацией и газоснабжением без ванн и душей	то же	100
3 Жилая застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом, канализацией, ваннами и водонагревателями, работающими на твердом топливе	„	115
4 То же, с газовыми водонагревателями	„	140
5 Жилая застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом, канализацией (умывальниками, мойками и душами) с централизованным горячим водоснабжением, в том числе: - холодной воды; - горячей воды	„	180
	„	95
	„	85
	„	
6 То же, с ваннами, оборудованными душами, в том числе: - холодной воды; - горячей воды	„	210
	„	105
	„	105
7 Жилая застройка зданиями без санитарно-технического благоустройства, имеющих ввод водопровода;	„	50
8 Жилая застройка, снабжающаяся водой из водоразборных колонок	„	30

Таблица П1.2

**Проектные нормы водопотребления на питьевые и хозяйственные нужды в
жилых и общественных зданиях**

Наименование зданий	Проектная норма водопотребления (среднесуточная за год)	
	единица измерения	количество
1 Жилые дома квартирного типа:	л/сут на одного жителя	95
- с водопроводом и канализацией без ванн и душей	то же	120
- с газоснабжением	”	150
- с водопроводом, канализацией и ван- нами с водонагревателями, работаю- щими на твердом топливе	”	190
- с водопроводом, канализацией и ван- нами с газовыми водонагревателями	”	195
- с централизованным горячим водо- снабжением, оборудованные умы- вальниками, мойками и душами	”	230
- с ваннами, оборудованными душами	”	360
- высотой свыше 12 этажей с центри- зованным горячим водоснабжением и повышенными требованиями к благо- устройству	”	
2 Общежития:	л/сут на одного жителя	85
- с общими душевыми	то же	110
- с душами при всех жилых комнатах	”	140
- с общими кухнями и блоками душе- вых на этажах при жилых комнатах в каждой секции здания		
3 Гостиницы, пансионаты и мотели с общими ваннами и душами	л/сут на одного проживающего	120
4 Гостиницы и пансионаты с душами во всех отдельных номерах	л/сут на одного проживающего	230
5 Гостиницы с ваннами в отдельных номерах, % от общего числа номе- ров:	л/сут на одного проживающего	200
- до 25	то же	250
- до 75	”	300
- до 100		

Продолжение таблицы П1.2

Наименование зданий	Проектная норма водопотребления (среднесуточная за год)	
	Единица измерения	количество
6 Больницы:	л/сут на	
- с общими ваннами и душевыми;	одно койко-	115
- с санитарными узлами, приближенными к палатам;	место	
- инфекционные	то же	200
	”	240
7 Санатории и дома отдыха:	л/сут на	
- с ваннами при всех жилых комнатах	одно койко-	200
- с душами при всех жилых комнатах	место	
	То же	150
8 Поликлиники и амбулатории	л/сут на	
	одного больно-	
	го в смену	13
9 Детские ясли-сады:	л/сут на	
- с дневным пребыванием детей:	одного	
а) со столовыми, работающими на полуфабрикатах	ребенка	21,5
б) со столовыми, работающими на сырье, и прачечными, оборудованными автоматическими стиральными машинами	то же	75
- с круглосуточным пребыванием детей:	”	
а) со столовыми, работающими на полуфабрикатах	”	39
б) со столовыми, работающими на сырье, и прачечными, оборудованными автоматическими стиральными машинами	”	93
10 Детские оздоровительные лагеря (в том числе круглогодичного действия):	л/сут на	
- о столовыми, работающими на сырье, и прачечными, оборудованными автоматическими стиральными машинами	одно место	200
- со столовыми, работающими на полуфабрикатах, и стиркой белья в централизованных прачечных	то же	55

Продолжение таблицы П1.2

Наименование зданий	Проектная норма водопотребления (среднесуточная за год)	
	единица измерения	количество
11 Прачечные:		
- механизированные	л/сут на 1 кг сухого белья	75
- немеханизированные	то же	40
12. Административные здания	л/сут на одного работающего	12
13 Учебные заведения (в том числе высшие и средние специальные) с душевыми при гимнастических залах и буфетами, реализующими готовую продукцию	л/сут на одного учащегося л/сут на одного 1 преподавателя	17,2 17,2
14 Лаборатории высших и средних специальных учебных заведений	л/сут на один 1 прибор в смену	224
15 Общеобразовательные школы с душевыми при гимнастических залах и столовыми, работающими на полуфабрикатах	л/сут на одного учащегося л/сут на одного 1 преподавателя в смену	10 10
То же, с продленным днем	то же	12
16 Профессионально-технические училища с душевыми при гимнастических залах и столовыми, работающими на полуфабрикатах	л/сут на одного учащегося л/сут на одного 1 преподавателя в смену	20 20
17 Школы-интернаты с помещениями:	л/сут на одного учащегося	9
- учебными (с душевыми при гимнастических залах)	л/сут на одного 1 преподавателя в смену	9
- спальными	л/сут на одно место	70
18 Научно-исследовательские институты и лаборатории:		
- химического профиля	л/сут на одного работающего	460
- биологического профиля	то же	310
- физического профиля	„	125
- естественных наук	„	12

Продолжение таблицы П1.2

Наименование зданий	Проектная норма водопотребления (среднесуточная за год)	
	единица измерения	количество
19 Аптеки:	л/сут на одного работающего	12
- торговый зал и подсобные помещения	то же	310
- лаборатория приготовления лекарств		
20 Предприятия общественного питания:	л/сут на одно условное блюдо	12
- для приготовления пищи:		
а) реализуемой в обеденном зале	то же	10
б) продаваемой на дом		
- выпускающие полуфабрикаты:	л/сут на т	6700
а) мясные	то же	6400
б) рыбные	”	4400
в) овощные	”	7700
г) кулинарные		
21 Магазины:	л/сут на одного работающего в смену (20м ² торгового зала)	250
- продовольственные		
- промтоварные	л/сут на одного работающего в смену	12
22 Парикмахерские	л/сут на одного работающего в смену	56
23 Кинотеатры	л/сут на одно место	4
24 Клубы	л/сут на одно место	8,6
25 Театры:	л/сут на одно место	10
- для зрителей		
- для артистов	л/сут на одного артиста	40

Продолжение таблицы П1.2

Наименование зданий	Проектная норма водопотребления (среднесуточная за год)	
	единица измерения	количество
26 Стадионы и спортзалы:	л/сут на одно место	3
- для зрителей	л/сут на одного физкультурника	50
- для физкультурников (с учетом приема душа)	л/сут на одного спортсмена	100
- для спортсменов		
27 Плавательные бассейны:	% объема бассейна в сутки	10
- пополнение бассейна	л/сут на одно место	3
- для зрителей	л/сут на одного спортсмена (физкультурника)	100
- для спортсменов (с учетом приема душа)		
28 Бани:		
- для мытья в мыльной с тазами на скамьях и ополаскиванием в душе	л/сут на одного посетителя	180
- то же, с приемом оздоровительных процедур и ополаскиванием в душе:	то же	290
а) душевая кабина	”	360
б) ванная кабина	”	540
29 Промышленные предприятия		
- цеха с тепловыделениями свыше 80 кДж на 1 м ³ /ч	л/сут на одного человек в смену	45
- остальные цеха	то же	25

П р и м е ч а н и я

1 Нормы водопотребления установлены для основных потребителей и включают все дополнительные расходы (обслуживающим персоналом, душевыми для обслуживающего персонала, посетителями, на уборку помещений и т.п.)

Потребление воды в групповых душевых и на ножные ванны в производственных предприятий, на стирку белья в прачечных и приготовление пищи на предприятиях общественного питания, а также на водолечебные процедуры в водолечебницах, входящих в состав больниц, санаториев и поликлиник, надлежит учитывать дополнительно. Эти требования не распространяются на потребителей, для которых настоящей таблицей установлены нормы водопотребления, включающие расход воды на указанные нужды.

2 Для потребителей воды зданий, сооружений и помещений, не указанных в настоящей таблице, нормы расхода воды следует принимать согласно настоящей таблице для потребителей, аналогичных по характеру водопотребления.

3 При неавтоматизированных стиральных машинах в прачечных и при стирке белья со специфическими загрязнениями норму расхода горячей воды на стирку 1 кг сухого белья допускается увеличивать до 30%.

Таблица П1.3

Проектные нормы расхода воды на мойку покрытий территорий и поливку
в населенных местах и предприятиях

Наименование зданий	Проектная норма расхода	
	единица измерения	количество
1 Механизированная мойка усовершенствованных покрытий проездов и площадей	л/сут на м ²	1,2
2 Механизированная поливка усовершенствованных покрытий проездов и площадей	То же	0,3
3 Поливка вручную (из шлангов) усовершенствованных покрытий тротуаров и проездов	„	0,4
4 Поливка городских зеленых насаждений		3
5 Поливка газонов и цветников	„	5
6 Поливка посадок в грунтовых зимних теплицах	„	15
7 Поливка посадок в стеллажных зимних и грунтовых весенних теплицах, парниках всех типов и утепленном грунте	„	6
9 Поливка приусадебных участков	„	4
9 Поливка посадок на приусадебных участках: -овощных культур -плодовых деревьев	„	3-15
	„	10-15
10 Поливка травяного покрова - футбольного поля - остальных спортивных сооружений	„	3
	„	0,5
12 Заливка поверхности катка	„	0,5
Примечания		
1 При отсутствии данных о площадях по видам благоустройства (зеленые насаждения, проезды и т.п.) удельное среднесуточное за поливочный сезон потребление воды на поливку в расчете на одного жителя следует принимать не более 70 л/сут в зависимости от мощности водозаборных сооружений, степени благоустройства населенных пунктов и других местных условий.		

Таблица П1.4

Проектные нормы водопотребления для животных

Виды животных	Проектная норма водопотребления	
	единица измерения	количество
1 Коровы:	л/сут на одну голову	
- молочные		100
- мясные		70
2 Быки и нетели	то же	60
3 Молодняк крупного рогатого скота в возрасте до 2 лет	„	30
4 Телята в возрасте до 6 месяцев	„	20
5 Лошади рабочие, верховые, рысистые и некормящие матки	„	60
6 Лошади племенные и кормящие матки	„	80
7 Жеребцы-производители	„	70
8 Жеребята в возрасте до 1,5 лет	„	45
9 Овцы взрослые	„	10
10 Молодняк овец в возрасте до 1 года	„	6
11 Хряки-производители, матки взрослые	„	25
12 Свиноматки с поросятами	„	60
13 Свиноматки супоросные, холостые	„	25
14 Молодняк свиной старше 4 месяцев и свиньи на откорме	„	15
15 Поросята-отъемыши	„	5
16 Куры	„	1
17 Индейки	„	1,5
18 Утки, гуси	„	2
19 Норки, соболи	„	3
20 Лисы и песцы	„	7
21 Кролики	„	3
22 Собаки	„	7
23 Коты	„	3

Объем проб воды на химический анализ и их консервация

Виды анализов и определения	Объем проб воды в литрах и их консервация	
	Общий	В том числе
Сокращенный (физические свойства, рН, сухой остаток, гидрокарбонаты, карбонаты, сульфаты, хлориды, кальций, магний, натрий + калий, жесткость)	2.0	1.5 – без консервации 0.5 – без консервации в стеклянной посуде для определения физических свойств
Стандартный (в дополнение к сокращенному: окисляемость парманганатная; углекислота свободная, углекислота агрессивна, соединение азота, железо закисное и окисное, фтор)	4.1	2.0 – как для сокращенного анализа; 0.4 – без консервации в полиэтиленовой посуде для определения фтора; 0.5 – консервируется мраморным порошком – 2-4 г на 0.5 л воды для определения углекислоты; 0.25 – консервируется серной кислотой (1:2) – 5 мл на 0.25 л воды для определения окисляемости; 0.25 – консервируется ацетатным буфером 13 мл на 0.25 л воды для определения закисного и окисного железа; 0.7 – консервируется хлороформом – 2-4 мл на 1 л воды для определения азотсодержащих соединений
Специальный для водоснабжения (в дополнение к стандартному: полифосфаты, марганец, медь, цинк, бериллий, молибден, мышьяк, свинец, селен, стронций, алюминий, уран, радий)	11.0	4.1 – как для стандартного 0.5 – консервируется хлороформом – 2-4 мл на 1 л воды для определения полифосфатов; 1.1 – консервируется соляной кислотой – 3 мл на 1 л воды для определения общего железа, меди, цинка, алюминия, мышьяка; 4.7 – консервируется концентрированной азотной кислотой до кислой реакции по метилоранжу (≈3мл на 1 л воды) для определения урана и радия; 0.1 – консервируется 10 % азотной кислотой – 10 мл на 1 л воды для определения стронция
Дополнительные определения: Стронций-90		10.0 – консервируется концентрированной азотной кислотой до кислой реакции по метилоранжу (≈3мл на 1 л воды)
Фенол		1.0 – консервируется едким натром – 4 г на 1 л воды
Нефтепродукты		0.5 – консервируется хлороформом – 5 мл на 0.5 л воды

Примечание. Если в составе анализа не указывается вид посуды, то отбор проб воды осуществляется в стеклянную или полиэтиленовую посуду.

Утверждено:

_____ 200 г

Задание на проектирование

Наименование объекта

Перечень основных данных и требований	Содержание основных данных и требований
Заказчик	
Местонахождение объекта (поселение, район, область)	
Основание для проектирования (приказ министерства или ведомства, решение исполкома и т.д.)	
Вид строительства (новое, реконструкция, расширение и т.д.)	
Стадия проектирования (архитектурный проект, строительный проект)	
Намечаемые сроки строительства, этапы, очередность (начало, конец и очередность строительства)	
Вид водопотребления (питьевое, промышленное и др.)	
Основные показатели объекта (производительность скважины и др.)	
Наличие на площадке существующих зданий и сооружений	
Требования к благоустройству	
Требования по разработке мероприятий по защите окружающей среды	
Количество экземпляров проектно-сметной документации, выдаваемой заказчику	
Требования по вариантной и конкурсной разработке	

Продолжение приложения ПЗ

Перечень основных данных и требований	Содержание основных данных и требований	
Условия передачи проектно-сметной документации в (передает <i>заказчик</i> или разработчик)	Экологическую экспертизу	Государственную вневедомственную экспертизу
Наименование подрядной строительной организации		
Наименование проектной организации-генпроектировщика		
Особые условия	<i>После завершения бурения и опробования разведочно-эксплуатационной скважины и принятия решения о переводе ее в эксплуатационную, проектируются и привязываются остальные элементы водозабора (электрообеспечение, водопровод и т. д.)</i>	

Заказчик

(должность, наименование предприятия, ФИО)

МП

(подпись)

_____ 200 ____ г

Согласовано:

Разработчик проекта

(Должность, наименование проектной организации, ФИО)

МП

(подпись)

_____ 200 ____ г

ФИО и номера телефонов ответственного представителя заказчика

АКТ
ОБСЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТА ВОДОСНАБЖЕНИЯ
(водозаборная скважина, насосная станция, ЗСО строго режима)

_____ 200 г

(поселение, предприятие, район, область)

Мы, нижеподписавшиеся, представители

(должности, наименование организаций, Ф.И.О.)

с одной стороны и представите-
ли _____

(наименование организации - владельца объекта, должность,
Ф.И.О.)

с другой стороны произвели обследование объекта водоснабжения.

Обследованием установлено:

1. Скважина № _____, год буре-
ния _____

Показатели	По паспорту	При обследо- вании
1. 1. Глубина, м.		
1.2. Статический уровень, м.		
1.3. Дебит, м ³ /час.		
1.4. Динамический уро- вень, м.		
1.5. Удельный дебит, м ³ /час.		
1.6. Водоносный гори- зонт:		
Наименование пород		
Интервал залегания, м.		

1.7 Интервалы установки обсадных труб, фильтровой колонны и цементации

Показатели	Интервалы установки, м	
	По паспор- ту	При обсле- довании
Обсадные трубы, диа- метр____, мм.		
цементация		
Обсадные трубы, диаметр____, мм.		
цементация		
Обсадные трубы, диаметр____, мм.		
цементация		
Обсадные трубы, диаметр____, мм.		
цементация		
Фильтровая колонна, м.:		
Рабочая часть, диаметр____, мм		
Глухая труба, диаметр____, мм.		
Рабочая часть, диаметр____, мм		
Глухая труба, диаметр____, мм.		
Рабочая часть, диаметр____, мм		
Отстойник, диаметр____, мм		

1.8. Тип и глубина установки сальника, м

1. 9. Материалы труб и тип соединения:

диаметр_____, мм

диаметр_____, мм

диаметр_____, мм

1.10 Тип филь-
тров:

диаметр_____,мм

диаметр_____,мм

диаметр_____,мм

1.11 Дополнительные сведения:

(по элементам конструкции скважины, наличию посторонних предметов, песчаных пробок; степени износа труб, фильтров и т.д.)

1.12. Причины снижения дебита или выхода скважины из строя:

2. Насосная стан-
ция

(тип и состояние здания; отсутствие или наличие и состояние водоподъемного оборудования; трубопроводной арматуры, щита управления и т.д.)

3. Ограждение санитарной зоны строгого режима

_____ (вид, размеры, состояние)

Заключение

М.П.

Подписи _____

К акту прилагаются: схемы насосной станции, зоны строгого режима и подъездных путей.

Утверждено:

“ _____ ”
_____ 20

Задание
на проектирование ликвидационного тампонажа
скважины № _____

Наименование объекта

Перечень основных данных и требований	Содержание основных данных и требований
<i>Заказчик</i>	
Местонахождение объекта (поселение, район, область)	
Основание для проектирования (решение органов санитарного надзора, экологии, акт обследования и т.д.)	
Намечаемые сроки работ (начало, конец и очередность)	
Основные показатели объекта (глубина скважины тип насосной станции, ограждение ЗСО и др.)	
Требования к благоустройству	
Требования по разработке мероприятий по защите окружающей среды	
Количество экземпляров проектно-сметной документации, выдаваемой заказчику	
Требования по вариантной и конкурсной разработке	

Продолжение приложения П5

Перечень основных данных и требований	Содержание основных данных и требований
Условия передачи проектно-сметной документации в экспертизу (передает заказчик или разработчик)	
Наименование подрядной строительной организации	
Наименование проектной организации - генпроектировщика	
Особые условия	

Заказчик

 МП
 (должность, наименование предприятия, ФИО) (подпись)

“ ” _____ 200 г.

Согласовано:

Разработчик проекта _____
 МП
 (Должность, наименование проектной организации, ФИО) (подпись)

“ ” _____ 200 г.

ФИО и номера телефона и факса ответственного представителя заказчика:

(наименование и ведомственная принадлежность организации)

выполнившей работы. Адрес. №№ телефонов, факса, e-mail .)

Способ бурения _____
Дата сдачи скважины _____

ПАСПОРТ СКВАЖИНЫ № _____

Местоположение скважины:

Область _____

Район _____

Населенный пункт _____

Владелец скважины _____

Абсолютная отметка устья скважины _____

Координаты или привязка скважины _____

Приложения к паспорту скважины (обязательные):

1. Акт на заложение скважины.
2. Акт на установку фильтра и сертификат на фильтр.
3. Акт на цементацию обсадных колонн.
4. Журнал наблюдений за откачкой воды.
5. Заключение организации, выполнившей геофизические работы.
6. Паспорт водоподъемного оборудования.
7. Акт сдачи–приемки скважины.
8. Рекомендации по эксплуатации скважины.
9. Схема масштаба 1:10000 с нанесенными контурами зон санитарной охраны.
10. Мероприятия в зонах санитарной охраны.

Продолжение приложения П6

1. Глубина скважины _____ м.
2. Статический уровень _____ м.
3. Прокачка и откачка выполнены

(тип водоподъемника,

характеристика, глубина загрузки)

- 3.1 Продолжительность прокачки (до полного осветления воды) _____ ч.

- 3.2 Данные опытной откачки.

№ пониже- ния	Дебит, м ³ /ч	Динамический уровень, м	Понижение, м	Удельный дебит, м ³ /ч	Продолжитель- ность откачки, ч

- 3.3 Замеры дебита производились _____
(мерным сосудом емкостью м³, водомером, водосливом)

- 3.4 Замеры уровней производились _____

(прибор, способ)

- 3.4 После откачки статический уровень через ____ ч ____ мин установился
на ____ м

4. Фильтровая колонна.

№ п/п	Наименование частей фильтровой колонны	Диаметр, мм	Интервал установки, м		Длина, м	Фонари	
			От	До		Количество шт.	Ширина полос, мм
4.1	Надфильтровая						
4.2	Рабочая						
4.3	--/--						
4.4	--/--						
4.5	Отстойник						

- 4.6 Тип фильтра

(Сетчатый, проволочный и т.д., № сетки, шаг намотки)

(Полная характеристика фильтров – см сертификат на фильтр)

5. Гравийно-песчаная обсыпка _____
(фракции от –до в мм) _____ (толщина в мм) _____ (количество в м³)

6. Приспособление для спуска филь-
тров _____

(левый переход, замок, серьга и др.)

7. Саль-
ник _____

(тип : разжимной резиновый или пенковый, деревянный и т.д.)

8. Дно отстойника

(открыто, заварено, пробка (материал) и т.д.)

9. Цементирование скважины и установка мостов выполне-
ны _____

_(указать диаметр труб, интервалы; тип оборудования и методику работ)

9.1 Результаты испытаний качества цементации и целостности колонн _____

_____ (указать способы опрессовка или снижение уровня, геофизические или индикаторные)

10. В скважине смонтировано водоподъемное оборудование

_____ (тип, марка)

11. Насосная станция _____

_____ (наземная, подземная, заглубленная; размеры. Другие сведения-см. приложение)

12. Зона строгого режима (ЗСО-1) _____

_____ (Размеры, тип ограждения: сетка, штакетник и др. Высота ограждения)

13. Размеры ЗСО-2 _____ ЗСО-

3 _____

14. Бурение скважины производилось по проекту, разработанному

_____ (наименование проектной организации, № проекта, дата разработки проекта)

Примечание: все изменения заносятся в журнал регистрации работы скважины.

Геологический разрез и конструкция скважины. Проведены геофизические исследования:							
№ слоя	Литологическое описание пород	Геологический индекс	Конструкция скважины и геологический разрез	Глубина по - дошвы слоя	Мощность слоя, м	Крепление. диам., мм глубина, м	Примечание

(перечень методов)

Руководитель

_____ (наименование организации, ФИО, подпись)

“ _____ ”

200 г.

Гл. инженер

Согласовано: _____

Гидрогеолог

“ _____ ”

200 г.

Руководитель проектной организации

_____ (наименование организации, ФИО, подпись)

Продолжение приложения П6
Результаты анализов проб воды, отобранных из скважины
№ _____ выполненных лабораторией

Наименование лаборатории, адрес, №№ телефонов.

« _____ » _____ 20 ____ г. (выписка)

№	Показатели	Факт	Норматив	Примечание
Микробиологические				
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
Химические				
7.				
8.				
9.				
10.				
11.				
12.				
13.				
14.				
15.				
16.				
17.				
18.				
19.				
20.				
21.				
22.				
23.				
24.				
Органолептические				
25.				
26.				
27.				
28.				
29.				
30.				

Наименование лаборатории, адрес, №№ телефонов
ЗАКЛЮЧЕНИЯ ЛАБОРАТОРИЙ

ФИО, подпись, печать
« _____ » _____ 20 ____ г.

Приложение П7

Утверждено:

“ ” 200

Г

Задание
на проектирование ликвидационного тампонажа скважины №

Наименование объекта	
Перечень основных данных и требований	Содержание основных данных и требований
Заказчик	
Местонахождение объекта (поселение, район, область)	
Основание для проектирования (решение органов саннадзора, экологии, акт обследования и т.д.)	
Намечаемые сроки работ (начало, конец и очередность)	
Основные показатели объекта (глубина скважины тип насосной станции, ограждение ЗСО и др.)	
Требования к благоустройству	
Требования по разработке мероприятий по защите окружающей среды	
Количество экземпляров проектно-сметной документации, выдаваемой заказчику	
Требования по вариантной и конкурсной разработке	
Условия передачи проектно-сметной документации в экспертизу (передает заказчик или разработчик)	
Наименование подрядной строительной организации	
Наименование проектной организации - генпроектировщика	
Особые условия	

Заказчик

МП

(должность, наименование предприятия, ФИО)

(подпись)

“ ” 200 г.

Согласовано:

Разработчик проекта _____

МП

(Должность, наименование проектной организации, ФИО)

(подпись)

“ ” 200 г.

ФИО и номера телефона и факса ответственного
представителя заказчика:

Приложение П8

Ситовый анализ пород водоносного горизонта

Номер сита	Размер отверстий, мм	Вес в граммах и % прошедшей сквозь сито зерен породы					
		Проба N...		Проба N...		Проба N...	
		Вес, г	%	Вес, г	%	Вес, г	%
1	10						
2	8						
3	6,5						
4	5,0						
5	3,0						
6	2,0						
7	1,0						
8	0,8						
9	0,65						
10	0,5						
12	0,3						
13	0,2						
14	0,1						
15	0,05						
Сумма							
d60, мм							
d10, мм							
$K=d60/d10$							

График для построения гранулометрической кривой пород водоносного пласта и определения состава гравийной обсыпки с помощью кривой характерного диаметра (по Биске)

