

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СТРОИТЕЛЬСТВА, ТРАНСПОРТА И АРХИТЕКТУРЫ им Н.ИСАНОВА**

**Диссертационный совет К 05.12.011**

На правах рукописи  
УДК 628.171

**МЕДЕУОВ АЯЗГАЛИ ТУЛЕНДИЕВИЧ**

**Повышение эксплуатационной надежности резервуаров  
чистой воды в слабых грунтах**

Специальность 05.23.04 - Водоснабжение, канализация и  
строительные системы охраны водных ресурсов

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой  
степени кандидата технических наук

**Бишкек - 2014**

Работа выполнена в Казахском инженерно-педагогическом  
университете Дружбы народов

**Научный руководитель:** доктор технических наук  
**Наурызбаев Елеу Муратович**

**Официальные оппоненты:** доктор технических наук, профессор  
**Мырзахметов Менлибай Мырзахметович**

кандидат технических наук, доцент  
**Токтогулов Таалайбек Садыкович**

**Ведущая организация:** **ОАО «Кыргызсуудолбоор»**  
Адрес: 720020, Кыргызская Республика,  
г. Бишкек, ул. Саманчина, 6.

Защита диссертации состоится «30» июня 2014 г. в 16<sup>00</sup> на заседании диссертационного совета К 05.12.011 при Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры имени Н.Исанова (КГУСТА) по адресу: 720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева 34 б, ауд. 1/101. Тел/факс: (996-312) 54-51-36; e-mail: [madanbekov\\_72@mail.ru](mailto:madanbekov_72@mail.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры имени Н.Исанова (КГУСТА).

Автореферат разослан 29 мая 2014 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
К 05.12.011, к.т.н., доцент

Маданбеков Н.Ж.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы диссертации.** В государственной программе "Акбұлақ", рассчитанной на 2011-2020 годы, которая утверждена Постановлением Правительства Республики Казахстан от 24 мая 2011 года № 570 одной из основных целей является «...внедрение системного подхода при строительстве новых объектов водоснабжения и водоотведения и реконструкции действующих». Известно, что строительство новых подземных инженерных сооружений требует переустройства подводящих коммуникаций, что в свою очередь обуславливается высоким объемом финансовых затрат. Поэтому сейчас на первое место выходит проблема исследования степени эксплуатационной надежности работы инженерных сооружений существующей системы водоснабжения. Особенно тогда когда подземные инженерные системы расположены в слабых водонасыщенных грунтах, как в г. Шымкент. Здесь местные грунты особо подвержены просадкам под воздействием инфильтрационных процессов, за счет подъема грунтовых вод в паводковый период, а так же находятся под воздействием динамических нагрузок.

**Тема диссертации** связана с государственной программой по повышению надежности инженерных систем в Южно-Казахстанской области в части темы «Мониторинг надежности систем водоснабжения г.Шымкент», утвержденной в 2007 году.

**Цель и задачи исследования:** является разработка рекомендаций по повышению эксплуатационной надежности резервуаров чистой воды (РЧВ).

Для достижения цели решались следующие задачи:

- выявление основных причин и видов отказов РЧВ, расположенных в слабых водонасыщенных грунтах;
- исследование фильтрационных и прочностных характеристик грунтов места расположения РЧВ;
- исследование работы скважины вертикального дренажа (СВД) в районе нахождения РЧВ по понижению уровня грунтовых вод (УГВ);
- расчет надежности комплекса РЧВ на площадке №6 в г. Шымкент, расположенных в слабых водонасыщенных грунтах;
- разработка рекомендаций по новому способу восстановительных работ и повышения эксплуатационной надежности РЧВ, расположенных в слабых водонасыщенных грунтах.

**Объект исследования:** РЧВ и его элементы системы водоснабжения, СВД, фильтрационные и прочностные характеристики слабых водонасыщенных грунтов, района расположения РЧВ г. Шымкент Республики Казахстан.

**Предмет исследования:** обеспечение эксплуатационной надежности сооружений системы водоподачи, РЧВ, в слабых грунтах под воздействием динамических нагрузок.

**Научная новизна:**

- определены основные факторы, снижающие надежность функционирования РЧВ, расположенных в слабых водонасыщенных грунтах;
- установлена зависимость скорости естественного повышения УГВ и его искусственного понижения в районе расположения РЧВ;
- результаты лабораторных и полевых исследований фильтрационных и прочностных характеристик грунтов района расположения РЧВ;
- разработанный метод по повышению эксплуатационной надежности РЧВ, в условиях слабых водонасыщенных грунтов, основанный на использовании новых прогрессивных материалов;
- предложенный технический регламент эксплуатации РЧВ для ТОО «Водные ресурсы и маркетинг» в г. Шымкент, который рекомендован и для всех систем водоснабжения и водоотведения РК.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

- результаты исследований по определению причин отказов РЧВ, исследований роли СВД по понижению УГВ, фильтрационные и прочностные характеристики грунтов района расположения РЧВ;
- результаты расчетов по определению основных показателей надежности РЧВ эксплуатируемых в слабых водонасыщенных грунтах;
- рекомендаций по новому способу восстановительных работ и повышения эксплуатационной надежности РЧВ, расположенных в слабых водонасыщенных грунтах за счет понижения УГВ и обеспечения минимизации утечек воды.

**Практическая значимость полученных результатов:**

- разработанный способ по повышению эксплуатационной надежности РЧВ, с применением наиболее прогрессивных строительных материалов, использован при восстановительных работах трех РЧВ города Шымкент общим объемом 15 тыс. м<sup>3</sup> воды;
- для ТОО «Водные ресурсы и маркетинг» в г. Шымкент разработан технический регламент эксплуатации резервуаров чистой воды;
- результаты исследований внедрены в учебный процесс в КИПУДН и ЮКГУ им. М.Ауэзова.

**Методика исследований.** В основу методики исследований положены матстатистика и системный анализ результатов экспериментальных данных физико-механических свойств слабых водонасыщенных грунтов, мониторинг состояния работы инженерных сооружений и коммуникаций системы водоснабжения населенного пункта.

**Экономическая значимость полученных результатов** – результаты исследований позволяют получить экономический эффект около 18 млн. тенге, от использования нового способа восстановительных работ. Срок

окупаемости составляет 2,8 года при нормативном сроке 10 лет, получено резкое уменьшение потерь воды в РЧВ.

**Апробации результатов диссертации.** Результаты работы докладывались и обсуждались на международных научно-практических конференциях: «Приоритетные направления развития науки и образования: Будущее и стратегия», посвященной 70-летию президента КУДН академика А.М. Куатбекова (Шымкент: КУДН, 2012 г.); «Актуальные вопросы качественного развития образования, воспитания и подготовки профессиональных кадров» (Шымкент: КУДН, 2013 г.); Ауэзовские чтения 12. «Роль регионального университета в развитии инновационных направлений науки, образования и культуры» (Шымкент, 2014 г.); «Теория, история и практика архитектуры и строительства в условиях горного Кыргызстана (Бишкек: КРСУ, 2013 г.), а также ежегодных республиканских и региональных научно-практических конференциях КУДН (Шымкент 2010-2013 г.г.).

**Личный вклад соискателя** заключается:

- в выявлении основных факторов, влияющих на надежность функционирования РЧВ в условиях эксплуатации в слабых водонасыщенных грунтах, роль СВД по понижению УГВ, установлении фильтрационных и прочностных характеристик слабых водонасыщенных грунтов района расположения РЧВ;
- в разработке предложенного метода восстановительных работ по повышению надежности РЧВ, эксплуатируемых в слабых грунтах, с применением прогрессивных материалов;
- в адаптации методики расчета, по определению основных показателей надежности РЧВ, эксплуатируемых на слабых водонасыщенных грунтах;
- разработке технического регламента эксплуатации РЧВ, рекомендованного ТОО «Водные ресурсы-Маркетинг» в г. Шымкент.
- в оптимизации расположений водопонижающих скважин вертикального дренажа и внедрения результатов исследований на реальных объектах.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав с выводами по каждой главе, общих выводов, списка использованных источников из 104 наименований. Она изложена на 118 страницах компьютерного текста, включает 21 рис., 16 табл. и приложения.

**Публикации.** Всего опубликованы 19 научных трудов. По теме диссертации - 10, в том числе 6 статей в научных изданиях, рекомендованных ВАК КР.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснованы актуальность выбранной темы, указаны цель и задачи работы, ее научная новизна и практическая значимость, основные положения диссертации, обоснована достоверность научных положений, указаны структура, объем диссертации и личный вклад соискателя.

**В первой главе** проведен анализ результатов ранее проведенных исследований по надежности элементов систем водоснабжения в условиях слабых водонасыщенных грунтов, гидрогеологические и климатические условия района эксплуатации исследуемой системы водоснабжения.

Проблемой надежности работы инженерных элементов систем водоснабжения в области трубопроводных конструкций и очистных сооружений занимались Абрамов Н.Н, Ильин Ю.А., Мырзахметов М.М., Сабитов А.Д., Наурызбаев Е.М., Примин О.Г., и др.

Исследуемые инженерные коммуникации, расположены в Южно-Казахстанской области РК в г. Шымкент. Схема расположения РЧВ и его схематический разрез на исследованных объектах показаны на рис. 1 и 2.

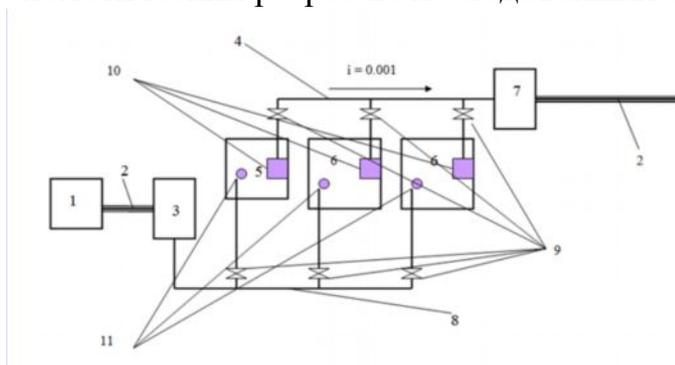


Рис. 1

Схема расположения комплекса РЧВ 1 – насосная станция; 2 – водовод; 3 – камера переключений; 4 – отводящие трубопроводы; 5 – РЧВ объемом 3000 м<sup>3</sup>; 6 – РЧВ объемом 6000 м<sup>3</sup>; 7 – камера переключений; 8 – подводящие трубопроводы; 9 – задвижки; 10 – обратный клапан; 11 – поплавок.

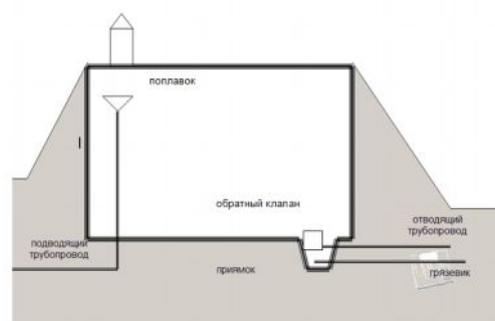


Рис.2

Условный разрез РЧВ

В районе расположения города Шымкент преобладают покровные лессовидные грунты переменной мощности в размере от 1-2 до 20 - 35 м и более. Данные грунты относятся к группе слабых водонасыщенных грунтов. Грунты лессовой толщи в верхней части глубины до 25 м обладают просадочными свойствами первой степени. Категория грунтов по сейсмическим свойствам – вторая. Эти свойства грунта привели к разрушению 3-х РЧВ. Для выявления этих причин и посвящены данные исследования.

**Во второй главе** рассмотрены теоретические основы надежности инженерных коммуникаций расположенных на слабых водонасыщенных грунтах, на примере системы водоснабжения г.Шымкент.

Исследования результатов влияния просадки грунтов на работоспособность РЧВ показали, что в результате просадки из-за водонасыщенности грунтов, появились трещины в стенах и днище, нарушена герметичность стыковых соединений элементов РЧВ, что привело к значительной потере воды, измеряющиеся сотнями тыс.м<sup>3</sup>. Ширина трещин доходит до 35мм, длина до 12м. Фрагменты фототчета приведены ниже (рис. 3 и 4).



Рис.3. Вид сквозной трещины, переходящей от стены на днище



Рис. 4. Фото видов трещин на стенке в РЧВ

**В третьей** главе представлена методика расчета надежности элементов РЧВ, проведен анализ работы конструкций РЧВ, возводимых на слабых грунтах при незначительных динамических воздействиях.

Проектная прочность водонасыщенных (подводящих, отводящих) труб и элементов РЧВ определяется по формуле:

$$P_{л}^{вод} = K \cdot \beta_1 \cdot \beta_3 \cdot P_{пр}^0, \quad (1)$$

где  $\beta_1$  – коэффициент снижения прочности труб и элементов РЧВ при водонасыщении; ( $\beta_1$ -0,80).

$\beta_3$  - коэффициент повышения прочности подводящих и отводящих трубопроводов и элементов резервуара чистой воды за счет жесткости заделки стыков в нашем случае  $\beta_3$  изменяется от 1,0 до 1,8. Значения  $\beta_3$  приведены в таблице 1. Для стеновых конструкций значение  $\beta_3$  изменяется в зависимости от подпорных усилий, т.е. высоты наполнения воды в резервуаре.

Таблица 1 - Значение коэффициента  $\beta_3$  для элементов РЧВ

Высота Н	0	1000	2000	3000	4000
Коэффициент $\beta_3$	1,0	1,3	1,6	1,7	1,8

Экспериментально подобраны значения коэффициентов  $\beta_3$  для железобетонных элементов РЧВ стенок и днища.

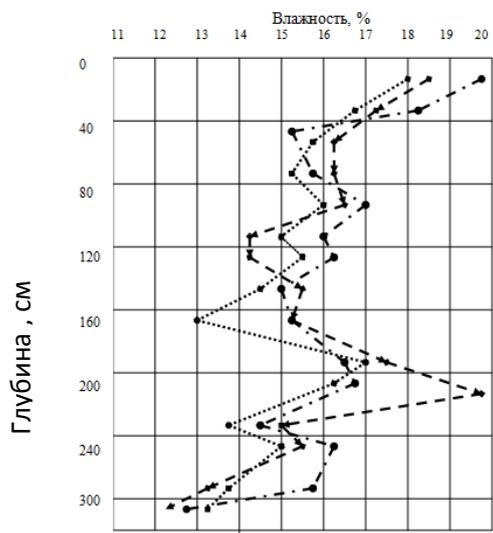
Приведены материалы результатов полевых и лабораторных исследований на исследуемой площадке, которые показаны на рис. 5,6. Основные показатели водопроницаемости грунтов – скорость впитывания в

конце первого часа, средняя скорость впитывания за первый час наблюдений, коэффициент фильтрации несколько отличаются между собой.

Здесь  $K_1$  – скорость впитывания воды в конце первого часа м/час;

$K_0$  - средняя скорость впитывания за первый час м/час;

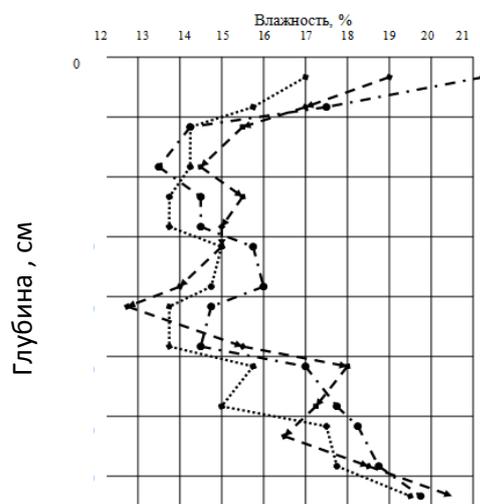
$K_{\phi}$  - коэффициент фильтрации м/сут.



Повторности 1 -  $\diamond$  - - - - - 2 -  $\square$  - · - · - · 3 -  $\bullet$  - - - - -

Рис. 5

Изменение влажности при определении наименьшей влагоемкости грунтов, точка 10



Повторности 1 -  $\diamond$  - - - - - 2 -  $\square$  - · - · - · 3 -  $\bullet$  - - - - -

Рис. 6

Изменение влажности при определении наименьшей

Из графиков видно, что средняя за первый час скорость впитывания составляет 0,004 – 0,018 м/час. На глубинах 0,5 и 1,0м она увеличивается соответственно в 7,0 – 9,8 раза. Изменение глубины поверхности впитывания особенно резко отражается на значениях коэффициента фильтрации. Последние изменяются от 0,036м/сут до 0,117 м/сут на поверхности, 0,173 м/сут до 1,656 м/сут на глубине 0,5 м и от 0,710 м/сут до 1,958 м/сут на глубине 1,0м. Этот момент необходимо отметить поскольку столь значительное изменения значений одного из важных показателей водопроницаемости грунтов – коэффициента фильтрации – могут повлиять на точность определения параметров с его использованием.

Показатели наименьшей влагоемкости грунтов на участках приведены по отдельным точкам – на рис. 5,6. Где для верхнего метрового слоя она составляет в среднем около 18,2% от массы абсолютно сухой почвы на участке.

По отдельным горизонтам наименьшая влагоемкость изменяется от 17,4% до 21,1% на исследуемом участке. Во втором от дневной поверхности метровом слое она составляет соответственно 20,3%.

Средние значения максимальной молекулярной влагоемкости (ММВ), наибольшего количества воды, которое может быть удержано силами молекулярного притяжения грунтов, для метрового слоя равны 12,8% от

массы сухого грунта на исследуемом участке, по отдельным точкам ММВ изменяется соответственно от 12,3% до 13,6%.

Плотность метрового слоя составляет  $1,52 \text{ т/м}^3$  для грунтов исследуемого участка. Наименьшие значения плотности отмечены в верхнем (0-20см) горизонте,  $1,41-1,45 \text{ т/м}^3$ , наибольшие –  $1,56-1,7 \text{ т/м}^3$  в слое (20-40см).

Установлена экспериментальная кривая впитывания воды грунтами на исследуемой площадке, полученная в результате проведенных исследований (рис. 7.).

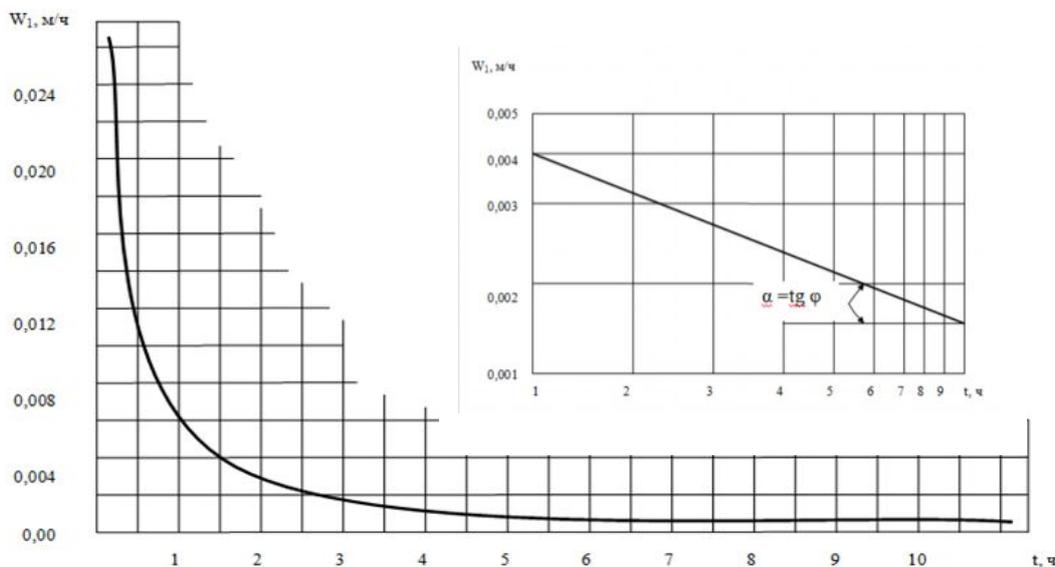


Рис. 7. Кривая впитывания воды в грунт на исследуемой площадке

Так же приведены результаты исследования работы наблюдательной скважины вертикального дренажа по понижению УГВ в районе расположения резервуаров чистой воды.

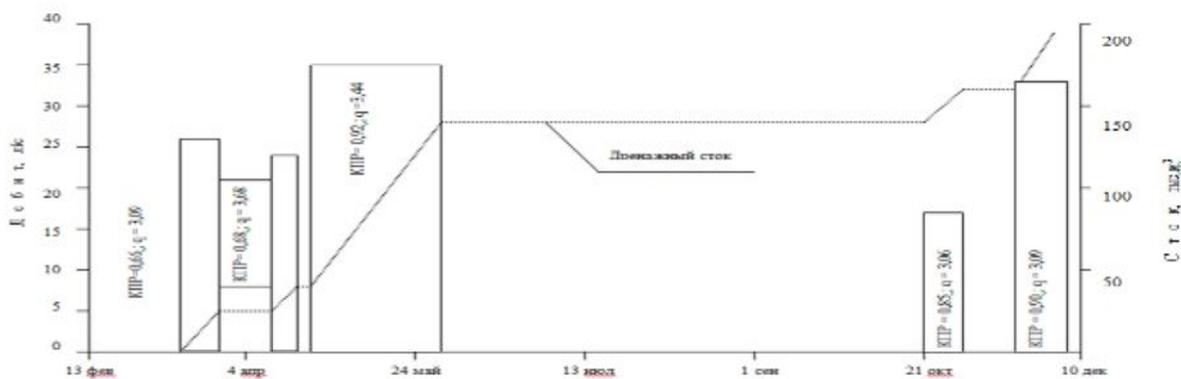


Рис. 8. Периоды работы скважины вертикального дренажа

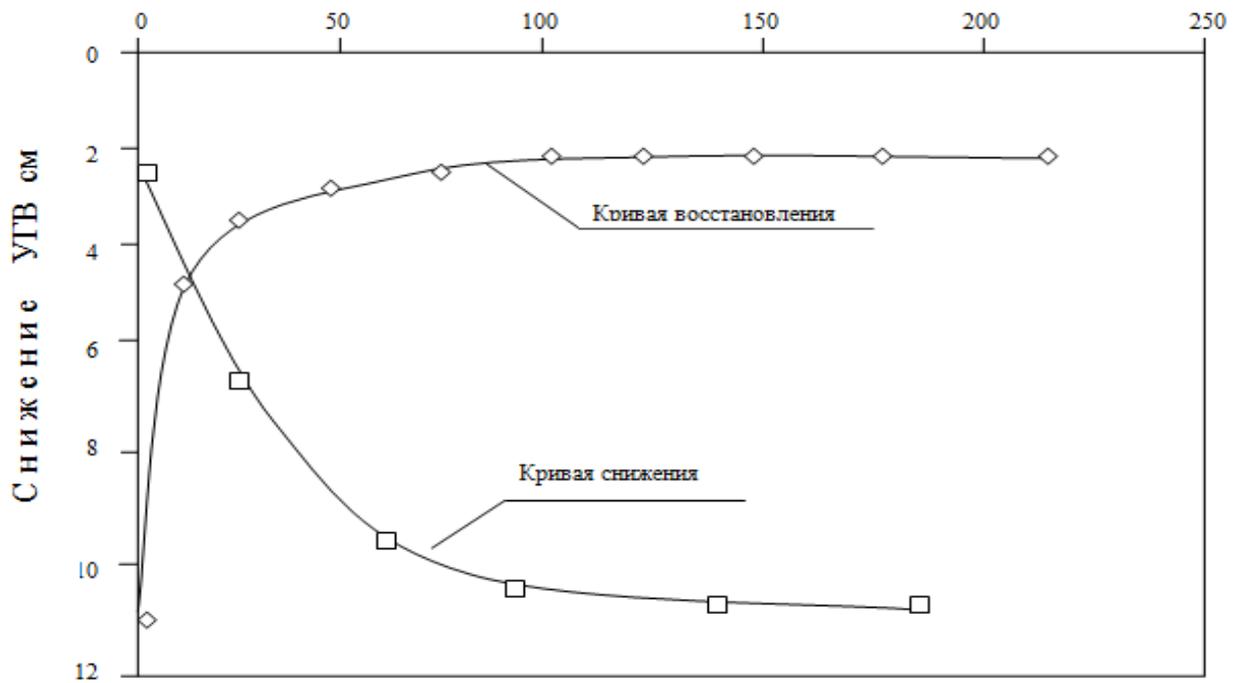


Рис. 9. Кривые скорости искусственного понижения и естественного восстановления УГВ в СВД

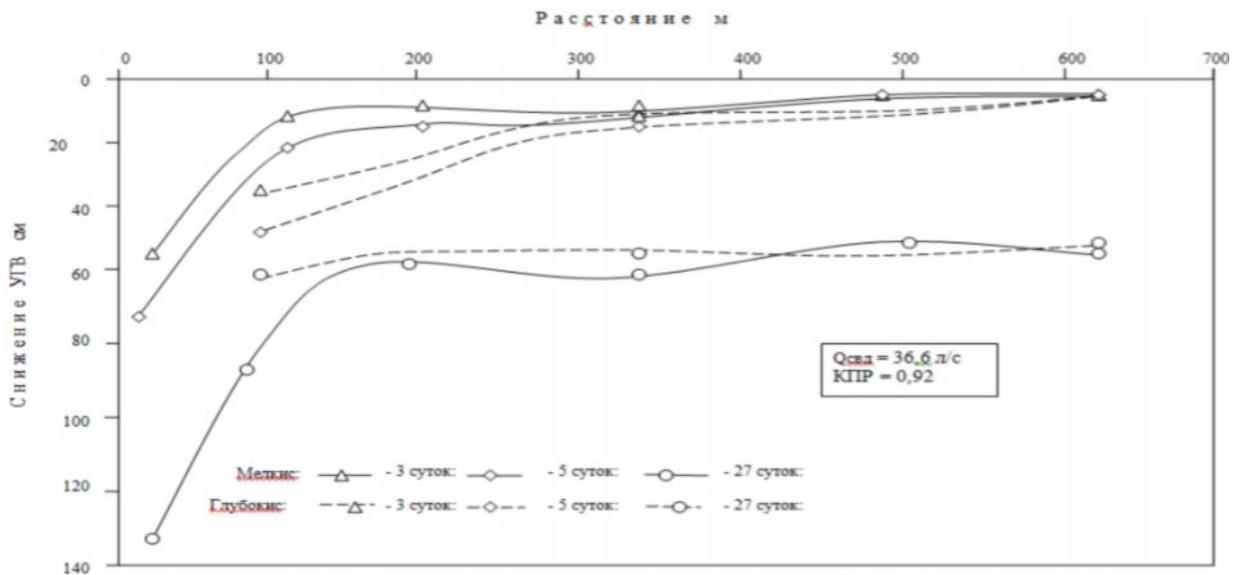


Рис. 10. Снижение УГВ в зависимости от продолжительности работы СВД

на рисунках 8,9,10 показаны периоды работы скважины вертикального дренажа, кривые скорости снижения и восстановления УГВ в СВД, кривые снижения уровня грунтовых вод зависимости от продолжительности работы СВД. Результаты по понижению УГВ скважинах вертикального дренажа показывают, что кратковременные периоды ее действия (10-36 сут.) при дебите 24-37 л/с с коэффициентом полезной работы 0,7-0,9 снижали пьезометрические напоры подземных вод в радиусе до 500 м. Уровень воды в СВД при этом понижался на 6,1-10,6 м. При этом скорость естественного восстановления УГВ в 1,47-1,93 раза превышает скорость понижения.

Установлено, что водопроницаемость грунтов или так называемая скорость впитывания составляет 0,004-0,018 м/сут, влагоемкость изменяется в пределах 17-20%.

**В четвертой главе** представлены расчеты надежности элементов резервуаров чистой воды. Комплекс резервуаров чистой воды состоит из насосной станции второго подъема, водовода, трех резервуаров чистой воды, одного с объемом 3000 м<sup>3</sup> и двух резервуаров объемами по 6000 м<sup>3</sup>, подводными и отводящими трубопроводами, камерами переключений, оборудованных системой задвижек: (рис. 11).

Здесь приведен расчет надежности системы: насосная станция второго подъема – резервуар чистой воды.

Целью данной методики расчета надежности является расчет вероятности отказов составляющих системы водообеспечения чистой водой г.Шымкента. Данный показатель зависит от свойств и характеристик защитных (прочностных) характеристик элементов системы водообеспечения. Количественную оценку степени надежности и бесперебойности работы системы водообеспечения можно произвести через характеристики надежности составляющих резервуара чистой воды, в частности путем оценки вероятности сбоя (отказа).

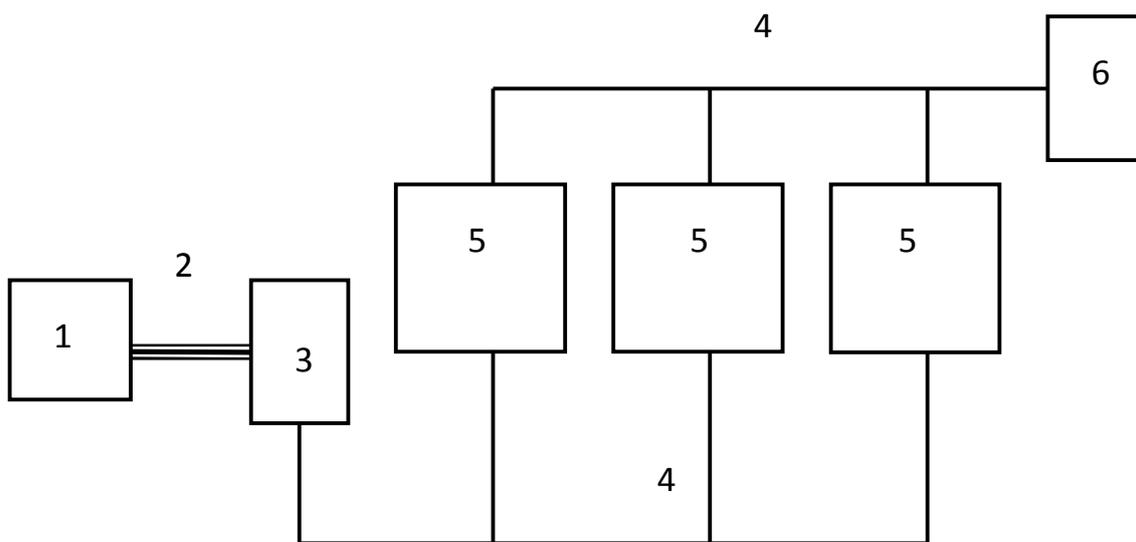


Рис. 11 – схема комплекса резервуаров чистой воды г. Шымкента

1 – насосная станция второго подъема; 2 - водовод; 3 – камера переключений (задвижки); 4 - трубопроводы; 5 –резервуары чистой воды; 6 – камера переключений.

В общем случае аварийное событие (выход из строя использования резервуара чистой воды) складывается из отдельных видов отказов элементов системы водообеспечения. Аналогичные последовательные события (отказы) называются сценарием, а таких сценариев в процессе эксплуатации множество. Совокупность (сумма) всех сценариев образует дерево событий. Дерево возможных аварийных событий для системы очистки показано на рис. 12.

По итогам общего анализа всей структуры объекта (системы) исследований следует разработать и построить деревья отказов для

отдельных подсистем резервуаров чистой воды. Здесь дерево отказов представляет собой взаимосвязанную цепь событий отказов составляющих элементов, как правило, соединенных логическими символами «И», «ИЛИ», соответствующими перемножению или сложению случайных событий отказов. По каждому дереву отказов производится последующий расчет вероятностей отказов систем  $S_i$ . Обозначим вероятность отказа  $j$ -го элемента  $P_{jэ}$ . В этом случае, если  $J_u$  элементов соединены по схеме «И», т.е. происходит отказ этой группы элементов, когда отказывают одновременно все элементы, то вероятность отказа такой группы элементов следует

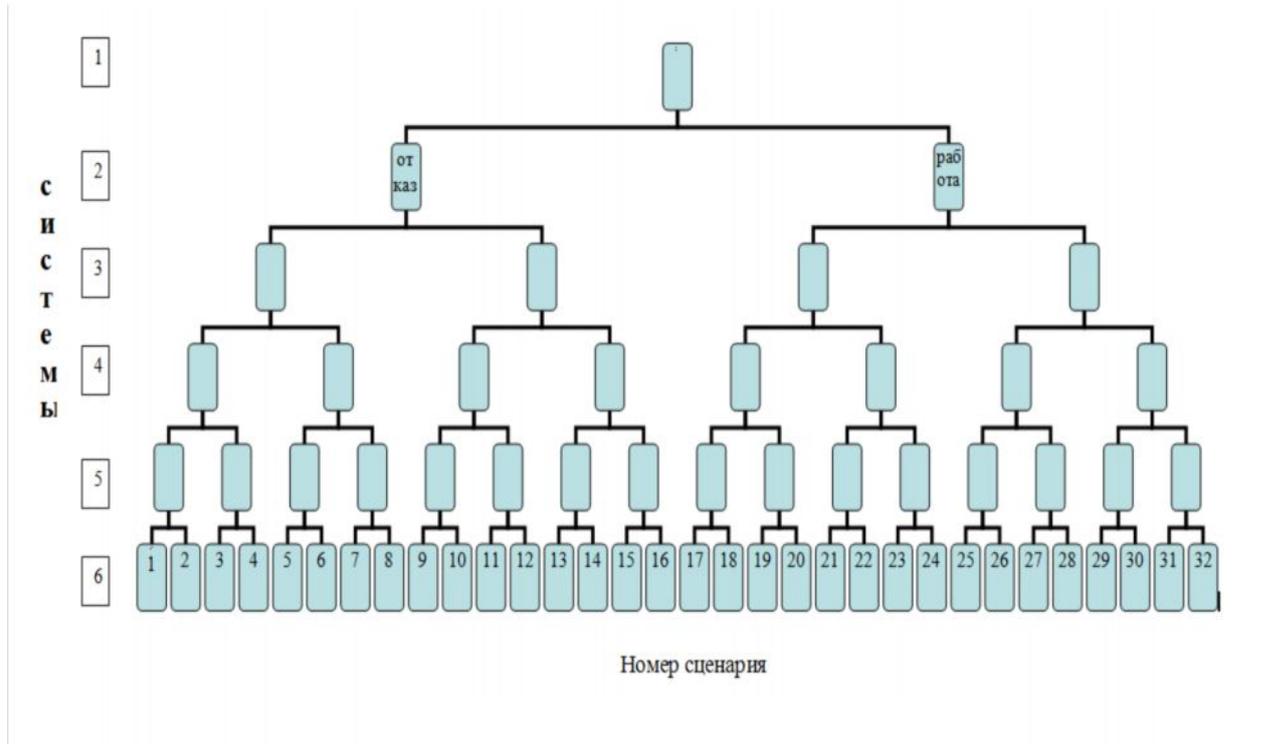


Рис. 12

тий

рассчитывать по формуле

$$S_{\lambda} = \prod_{j=1}^{J_u} P_{jэ} \quad (2)$$

В случае, когда группа из  $J_{или}$  элементов соединены по схеме «ИЛИ», т.е. происходит отказ группы, при отказе хотя бы одного элемента из этой группы, то вероятность отказа рассчитывается по формуле:

$$S_{\lambda} = 1 - \prod_{j=1}^{J_{или}} (1 - P_{jэ}) \quad (3)$$

Для расшифровки вероятности отказа  $S_i$   $i$  – системы проанализированы дерево отказов на примере системы №3 – первого резервуара чистой воды

В целях упрощения расчетов рассмотрены наиболее характерные элементы системы, отвечающие за надежность и безотказность работы:

В процессе эксплуатации отказ РЧВ происходит тогда, когда наступает одновременный отказ одного элемента 1 и отказ кого – либо из остальных элементов 2,3,... Физически отказ РЧВ связан с нарушением целостности его конструкции. Здесь это появление трещин в стене или днище, нарушение герметичности швов соединений стенки и днища, стеновых панелей между собой, мест соединения подводящих и отводящих трубопроводов и т.д. Так же отказ подводящего или отводящего трубопроводов. Причиной этих явлений может быть осадка грунтов. Все это в итоге приводит к неспособности системы обеспечивать бесперебойную подачу воды на городские нужды.

Дерево отказа резервуара чистой воды показано на рис. 13.

Таким образом выявлена вероятность отказа отдельных систем комплекса резервуаров чистой воды г. Шымкента. Согласно статистических данных об отказах, взятых из журналов учета (регистрации) неисправностей элементов (систем) системы водоподачи, оценки с учетом этой статистики показывают следующее.

Наиболее подвержены отказам обратный клапан, поплавков, и задвижки (таблица 2.). Отказы целостных элементов значительны, что свидетельствует о низком качестве изысканий, строительства и эксплуатации.

Конечной целью любого технически рискованного мероприятия является определение экономического ущерба при отказе этих систем.

Исходя из вышеприведенных вычислений, назначается промежуток времени между профилактическими, капитальными ремонтами резервуаров чистой воды, а также величина ресурса этих сооружений.

Таблица 2 - Параметры безотказности элементов комплекса РЧВ.

№ п/п	Элементы систем очистки	Средняя наработка на отказ, лет	Интенсивность отказов, 1/год
1	Резервуар чистой воды	5,0	0,5
2	Обратный клапан	2,0	0,3
3	Поплавков	1,5	0,3
4	Подводящий трубопровод	5,0	0,2
5	Днище резервуара	5,0	0,53
6	Задвижки	2,0	0,5
7	Стены резервуара	5,0	0,61

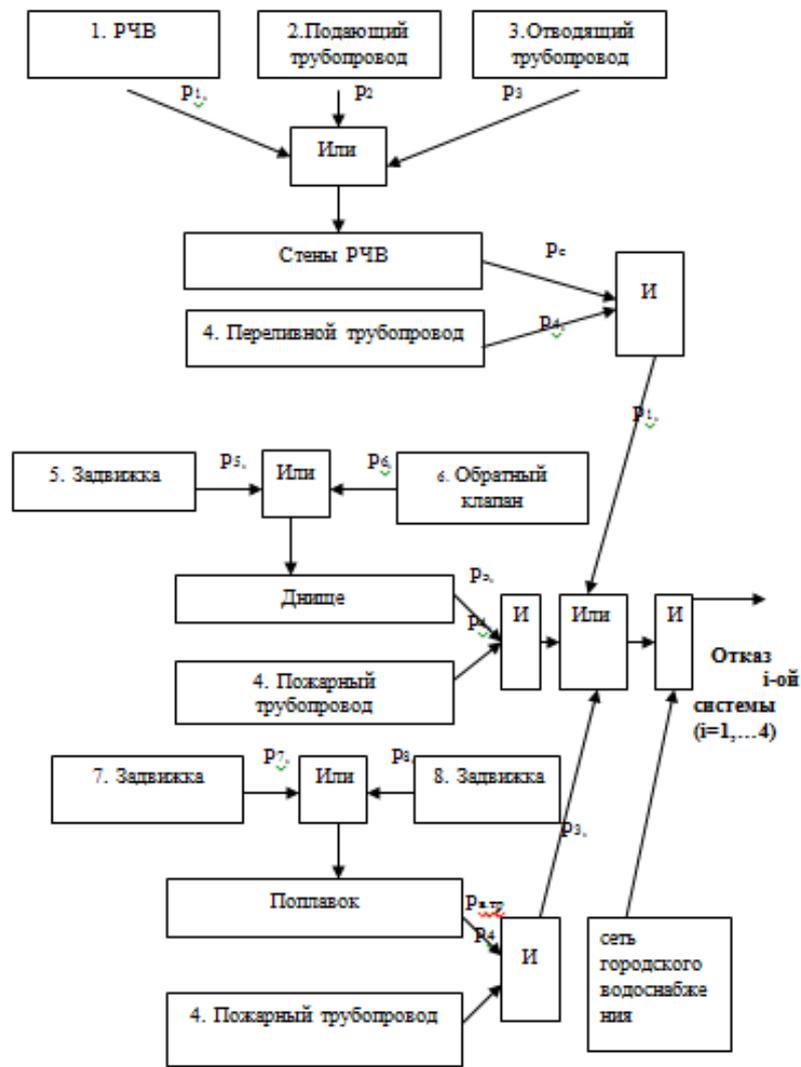


Рис. 13 - Дерево отказов  $i$ -ой системы

В этой же главе приведена количественная оценка надежности подземных сооружений: система водоподачи - резервуар чистой воды, где расчеты произведены по аналогичной схеме.

Резервуар чистой воды представляет собой прямоугольное в плане железобетонное сооружение, расположенное на определенной отметке для обеспечения напора, т.е является активными. Данные резервуары полуподземные, оснащены рядом установок и оборудования, обеспечивающие выполнение его основных функций. Водоемкость одного резервуара составляет 6000 куб.м.

При проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений, расположенных на водонасыщенных слабых грунтах необходимо исходить из общего принципа усиления конструкций от воздействия просадок грунта и инфильтрационных процессов. В данном случае отказ системы обуславливается отказом отдельных элементов системы, таких как трубопроводное оборудование, поплавки, обратные клапаны, всевозможных задвижек и конечно же непосредственно элементов строительных конструкций (днище, стены, герметическая изоляция). Безопасность системы зависит от множества факторов. В первую очередь от надежности

непосредственно строительных конструкций которые постоянно подвержены просадкам грунтов от его водонасыщения, а так же от таких внешних воздействий как неощутимые землетрясения. Таким образом, количественную оценку степени безопасности данного сооружения нужно произвести через характеристики надежности и работоспособности, в частности, путем оценки вероятности выхода ее из строя (отказа).

Если физический барьер (железобетонные плиты днища, стен и др.) нарушен, то такое событие в теории надежности следует считать отказом, поскольку обеспечение чистоты и результаты очистки попадают под вероятную угрозу.

В общем случае аварийное событие формируется совокупностью отказов систем, приводящих к неисправности и невозможности эксплуатации системы водообеспечения т.е. к потере контроля над всем процессом. Такая последовательность событий называется сценарием. Совокупность всех сценариев образует дерево событий. Дерево возможных аварийных событий для исследуемого случая показано на рис. 14.

Каждый из этих сценариев с определенным номером  $m=1,2...M$  ( $M=16$  для случая на рис. 14 может реализоваться с вероятностью  $P_m$ , причем

$$\sum_{m=1}^M P_m = 1$$

Последний из сценариев с номером  $M$  соответствует безаварийной работе. В задачу нашего исследования по определению вероятностного

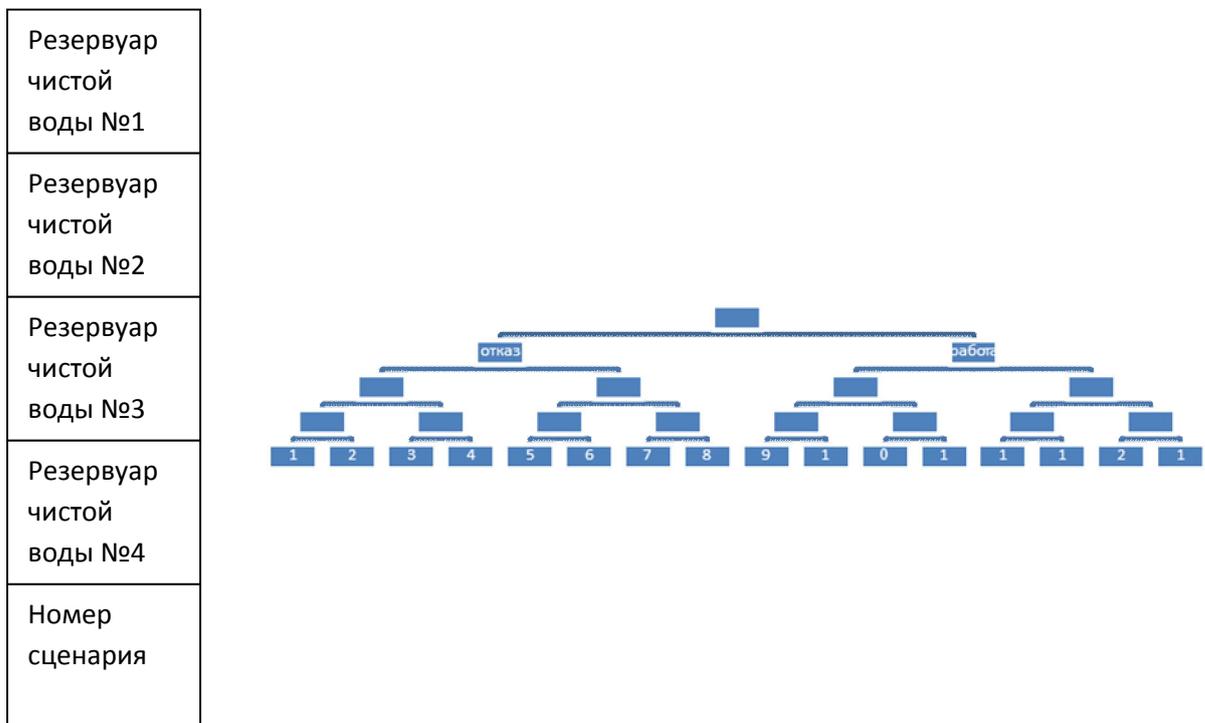


Рис. 14 Дерево отказов для резервуаров чистой воды при неощутимых землетрясениях

анализа надежности и отказа входит вычисление всех вероятностей  $P_m$  и отказа  $P_{от}$ . Если вероятности  $P_m$  известны, то вероятность отказа

вычисляется как вероятность события, которое реализуется хотя бы в виде одного отказа в соответствии с деревом событий.

Тогда по:

$$P_{om} = \sum_{m=1}^{M=1} P_m = 1 - P_m \quad (4)$$

где  $M=2^n$  – число сценариев;

$n$  – число систем (резервуаров чистой воды), из которых состоит исследуемый объект.

Рассмотрены возможные сценарии:

- сценарий 8: отказ РЧВ №1 (система 1);
- сценарий 12: отказ РЧВ №2 (система 2);
- сценарий 14: отказ РЧВ №3 (система 3);
- сценарий 15: отказ РЧВ №4 (система 4).

Вероятности остальных сценариев ничтожны, т.к. одновременный отказ в работе двух и более систем обычно связан с катастрофическими землетрясениями более 10 баллов.

Обозначим через  $S_i$ ,  $i=1,2,3,4$  вероятность отказа  $i$ -ой системы (РЧВ), а через  $S_i=1- S_i$  – вероятность безотказной работы этой же системы. Тогда, имея дерево событий, аналогичное дереву на рис. 14, можно определить вероятность каждого сценария  $P_m$  как произведения соответствующих вероятностей.

Параметры произведенных расчетов показателей надежности исследуемых элементов, приведены в таблице 3.

Оценка с учетом этих данных показывает, что вероятность отказа отдельной системы  $S_i=6 \cdot 10^{-5} \dots 4 \cdot 10^{-4}$  для  $t=1$  год и  $S_i=4 \cdot 10^{-3} \dots 2 \cdot 10^{-3}$  для 10 лет.

Вероятность отказов на участке резервуаров чистой воды в целом составляет соответственно:

$$P_o=(2 \dots 6) \cdot 10^{-3} \text{ - для } t=1 \text{ год,}$$

$$\text{и } P_o=(2 \dots 7) \cdot 10^{-2} \text{ - для } t=10 \text{ лет.}$$

Таблица. 3 – Показатели надежности резервуаров чистой воды

Элементы сооружений	Сред время наработка на отказ, лет	Интенсивность отказов 1/год
Стеновые панели и плиты	50	0,02
Швы между панелями и плит	20	0,05
Гидроизоляция	10...20	0,05...0,1
Плиты днища	50...80	0,0125...0,02
Швы между плитами днищ	20	0,05
Трубопроводы	50...70	0,0125..0,2
	25	0,04

Исходя из наших расчетов, выявлены наиболее слабые звенья резервуаров чистой воды, что может быть рекомендованы для аналогичных сооружений систем водоснабжения и для других регионов Республики Казахстан, расположенных аналогичных регионах.

Также здесь сделаны выводы и рекомендации по повышению эксплуатационной надежности резервуаров чистой воды, особенности расчета элементов конструкций аналогичных сооружений в слабых грунтах под воздействием динамических нагрузок от воздействия неощутимых землетрясений.

**В пятой главе** приведены рекомендации по предложенному способу проведения восстановительных работ в РЧВ, обеспечению их эксплуатационной надежности, расчеты экономической эффективности от внедрения результатов диссертационной работы. Как показали расчеты, за счет внедрения рекомендаций по восстановительным работам экономический эффект составил 18 млн. тенге, вложенные средства окупятся на третий год. При этом срок окупаемости равен 2,8 лет, при нормативно допустимом сроке окупаемости для систем водоснабжения и водоотведения -  $T=8$  лет;

После реконструкции первого РЧВ в 2012 году резко упали показатели среднесуточной утечки воды с 226,8 до 136,2 м<sup>3</sup>. Аналогичная картина произошла после завершения реконструкции второго и третьего РЧВ в 2013г. с 136,2 до 45,36 м<sup>3</sup> и в 2014 г. с 45,36 до 2,3 м<sup>3</sup> соответственно. Фактические потери и график их изменения представлены и рис. 15.

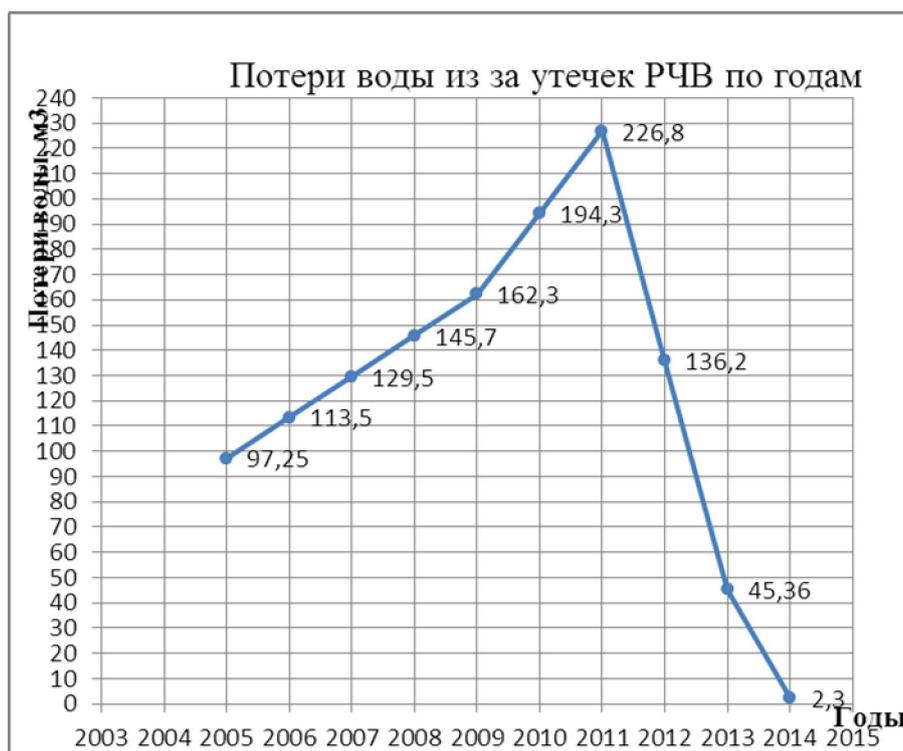


Рис. 15 - График изменения среднесуточных потерь воды в РЧВ на площадке №6 в период с 2005 по 2014 годы.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что в районе исследования имеется два инженерно-геологических характеристик грунта. Первый - суглинок с просадочным давлением – 111кПа. Плотность 1,69 г/см<sup>3</sup>, влажность

– 9,8-18,7%, степень влажности – 0,31-0,59, коэффициент пористости – 0,86, показатель текучести - <0, коэффициент фильтрации – 0,23 м/сут., сцепление – 5кПа, модуль деформации при водонасыщенном состоянии - 4,0МПа, мощность слоя – 10,9-11,3 м. Второй – галечниковый грунт с супесчаным заполнителем до 35%. Плотность – 2,21 г/см<sup>3</sup>, удельный вес – 22,1 кН/м<sup>3</sup>, модуль деформации при водонасыщенном состоянии – 36,3 мПа, мощность вскрытого слоя – 10,9-11,3 м.

2. Определены основные факторы, снижающие надежность функционирования РЧВ расположенных в слабых водонасыщенных грунтах. Вследствие воздействий естественных просадок грунтов от обводнения, и постоянных динамических нагрузок произошло частичное разрушение элементов РЧВ в виде трещин стеновых панелей и днищ, сдвиг стыковых соединений.

3. Экспериментально установлены значения коэффициентов повышения прочности  $\beta_3$  для элементов РЧВ, которые изменяются в зависимости от величины опорных усилий, зависящих от высоты наполнения воды в резервуаре.

4. Лабораторные и полевые исследования показали, что водопроницаемость грунтов составляет 0,004-0,018 м/сут, а влагоемкость изменяется в пределах 17-20%. В связи с чем, требуется проведение мероприятий по исключению утечек воды с РЧВ в целях защиты грунтов от обводнения.

5. Исследованиями установок СВД определено, что при дебите 24-37 л/с с коэффициентом полезной работы 0,7-0,9 наблюдались снижение пьезометрических напоров грунтовых вод в радиусе до 500 м. Уровень воды в СВД снижался на 6,1-10,6 м. При этом скорость естественного повышения УГВ уменьшалась в 1,5-2 раза за счет работы СВД в паводковый период, что свидетельствует о необходимости установки СВД в районе расположения РЧВ для понижения УГВ в паводковый период в целях защиты грунтов от обводнения.

6. Определены показатели надежности, средняя наработка на отказ и интенсивность отказов, для комплекса РЧВ и непосредственно его элементов: стеновые панели, плита днища, соединительные и гидроизоляционные швы. Наиболее слабым элементом являются гидроизоляционные швы ( среднее время наработки на отказ от 10 до 20 лет; интенсивность отказов от 0,0125 до 0,05 в год).

7. Разработаны и внедрены в ТОО «Водные ресурсы-Маркетинг» в г. Шымкент рекомендации по повышению эксплуатационной надежности и реконструкции РЧВ и его элементов в целом.

8. Результаты исследований позволяют получить экономический эффект около 18 млн. тенге, от использования нового

способа восстановительных работ. Срок окупаемости составляет 2,8 года при нормативном сроке 10 лет, получено резкое уменьшение потерь воды в РЧВ.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

**1. Медеуов А.Т.** Экологические аспекты и технология очистки сточных вод молочной промышленности [Текст] /А.Т. Медеуов, П.С. Султанбекова, Е.М. Наурызбаев // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Приоритетные направления развития науки и образования: Будущее и стратегия», посвященной 70-летию президента КУДН, академика, д.т.н., проф. А.М. Куатбекова. - Шымкент, 2010. - С. 74-76.

**2. Медеуов А.Т.** Эколого-экономическое обоснование строительства Арысского водохранилища [Текст] /А.Т. Медеуов, Е.М. Наурызбаев, Г.С. Муташева // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Приоритетные направления развития науки и образования: Будущее и стратегия», посвященной 70-летию президента КУДН, академика, д.т.н., проф. А.М. Куатбекова. - Шымкент, 2010. - С. 76-77.

**3. Медеуов А.Т.** Анализ трубопроводных конструкций при неощутимых землетрясениях [Текст] /А.Т. Медеуов А.Т., А.И. Абдурасулов, К.К. Бейшекеев // Наука и новые технологии №9. – Бишкек: Изд – во НЖИДХЛ, 2011. - С. 33-36.

**4. Медеуов А.Т.** Технологические основы организации научно-методической деятельности факультета и его мониторинга [Текст] /А.Т. Медеуов, А.Ф. Марасулов // Сборник трудов международной научно-практической конференции «Инновационные направления подготовки квалифицированных кадров в высших учебных заведениях» - Шымкент, 2011.- С. 359-362.

**5. Медеуов А.Т.** Теоретические основы землетрясений [Текст] /А.Т. Медеуов // Наука и новые технологии №9.- Бишкек: Изд – во НЖИДХЛ,2012. - С. 20-23.

**6. Медеуов А.Т.** Анализ проблем воздействия неощутимых землетрясений на надежность функционирования подземных коммуникаций [Текст] /А.Т. Медеуов // Известия вузов №7. – Бишкек: Изд – во НЖИДХЛ,2012.- С. 33-36.

**7. Медеуов А.Т.** Особенности работы подземных трубопроводов при динамических воздействиях, передающихся через грунт [Текст] /А.Т. Медеуов // Известия вузов №3.- Бишкек: Изд – во НЖИДХЛ,2013.

- С. 13-16.

**8. Медеуов А.Т.** Методика расчета усилий в трубопроводе от виброосадки грунта в основании трубопровода при неощутимых землетрясениях [Текст] /А.Т. Медеуов // Наука и новые технологии №3.  
- Бишкек: Изд – во НЖиДХЛ, 2013.- С. 10-12.

**9. Медеуов А.Т.** Функционирование подземных коммуникаций при динамических воздействиях неощутимых землетрясений [Текст]  
/А.Т. Медеуов // Известия вузов №3. – Бишкек: Изд – во НЖиДХЛ, 2013.  
- С. 41-44.

**10. Медеуов А.Т.** Выбор профиля в среде интегрированных систем [Текст] /А.Т. Медеуов, Е.И. Бугибаев // Сборник трудов международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы качественного развития образования, воспитания и подготовки профессиональных кадров», посвященной 70-летию заслуженного работника образования РК, к.х.н., проф., члена корреспондента КазНАЕН Куатбековой К.П.  
- Шымкент, 2013. - С. 113-116.

#### **КОРТУНДУ**

**Медеуов Аязгали Тулендиевичтин 05.23.04 – суу менен камсыздоо, канализация жана суу ресурстарын коргоо курулуш системалары адистиги боюнча техникалык илимдердин кандидаты илимий**

**даражасын изденип алуу үчүн «Начар кыртыштардагы таза суу резервуарларынын эксплуатациялык ишенимдүүлүгүн жогорулатуу» темасындагы диссертациясына**

**Негизги сөздөр:** Таза суу резервуары (РЧВ), сууга каныккан начар кыртыштар, суу менен камсыздоо системасы, кыртыштын чөгүүсү, жер астындагы резервуарлардын элементтери, динамикалык жүктөлүүлөр, эксплуатациялык ишенимдүүлүк.

**Изилдөө объектиси:** Шымкент ш. суу менен камсыздоо системасынын РЧВ.

**Иштин максаты жана милдеттери:** сууга каныккан начар кыртыштарда жайгашкан РЧВ туруктуу динамикалык жүктөлүүнү эсепке алуу менен иштебей калуусунун түрлөрү жана негизги себептерин ачыктоо.

Бул максатка жетишүү үчүн төмөнкү милдеттер аткарылды:

- кыртыштагы суунун деңгээлин (УГВ) төмөндөтүү үчүн вертикалдуу дренаж скважинасынын (СВД) ишин изилдөө, РЧВ районундагы кыртыштын фильтрациялык жана бекемдик мүнөздөмөлөрүн изилдөө;

- сууга каныккан начар кыртыштарда эксплуатацияланган Шымкент ш. №6 аянтчасындагы РЧВ комплексинин ишенимдүүлүгүн эсептөө;

- сууга каныккан начар кыртыштарда эксплуатацияланган РЧВ эксплуатациялоо жана РЧВ калыбына келтирүү иштерин жүргүзүү боюнча сунуштарды иштеп чыгуу.

**Изилдөө методдору:** изилдөө методикасынын негизине матстатистиканын системдик анализи жана суу менен камсыздоо системаларынын ишенимдүүлүгүнүн ыктымалдык теориясы алынган.

**Алынган натыйжалар жана иштин илимий жаңычылдыгы:**

- сууга каныккан начар кыртыштарда РЧВ эксплуатациялоодо анын иштөө ишенимдүүлүгүн төмөндөткөн негизги факторлор ачыкталды;

- УГВ төмөндөтүү, РЧВ жайгашкан райондогу кыртыштын фильтрациялык жана бекемдик мүнөздөмөлөрүн аныктоо боюнча теоретикалык жана эксперименталдык изилдөөлөрдүн натыйжалары алынды;

- РЧВ калыбына келтирүү иштери аткарылды, аларды эксплуатациялоонун техникалык регламенти иштелип чыкты;

- изилдөөнүн натыйжалары «Водные ресурсы-Маркетинг» ЖЧК жана М.Ауэзов атындагы ТКМУ КИПУДН окутуу процессине ишке киргизилди.

**Колдонуу областы:** изилдөөнүн натыйжалары туруктуу динамикалык жүктөлүүнү эсепке алуу менен сууга каныккан начар кыртыштарда жайгашкан РЧВ үчүн сунушталат.

Изилдөөнүн натыйжаларын колдонуудан алынган **жылдык экономикалык эффект** 18 млн.тенге түзөт.

**РЕЗЮМЕ**

**диссертации Медеуова Аязгали Тулендиевича на тему «Повышение эксплуатационной надежности резервуаров чистой воды в слабых грунтах» на соискание ученой степени кандидата технических наук по**

**специальности 05.23.04 – водоснабжение, канализация и строительные системы охраны водных ресурсов**

**Ключевые слова:** Резервуар чистой воды (РЧВ), слабые водонасыщенные грунты, система водоснабжения, осадка грунтов, элементы подземных резервуаров, динамические нагрузки, эксплуатационная надежность.

**Объект исследования:** РЧВ системы водоснабжения г.Шымкент.

**Цель и задачи работы:** является разработка рекомендаций по повышению эксплуатационной надежности резервуаров чистой воды (РЧВ).

Для достижения цели решались следующие задачи:

- выявление основных причин и видов отказов РЧВ, расположенных в слабых водонасыщенных грунтах;
- исследование работы скважины вертикального дренажа (СВД) по понижению уровня грунтовых вод (УГВ), исследование фильтрационных и прочностных характеристик грунтов района РЧВ;
- расчет надежности комплекса РЧВ на площадке №6 в г. Шымкент, эксплуатируемых в слабых водонасыщенных грунтах;
- разработка рекомендаций по эксплуатации РЧВ, эксплуатируемых в слабых водонасыщенных грунтах, рекомендаций по осуществлению восстановительных работ РЧВ.

**Методы исследования:** В основу методики исследований положены системный анализ матстатистики, теория вероятности надежности систем водоснабжения.

**Полученные результаты и научная новизна работы:**

- определены основные факторы, снижающие надежность функционирования РЧВ, расположенных в слабых водонасыщенных грунтах;
- установлена зависимость скорости естественного повышения УГВ и его искусственного понижения в СВД, а так же исследованы фильтрационные и прочностные характеристики грунтов в районе расположения РЧВ,
- разработан метод по повышению эксплуатационной надежности РЧВ, в слабых водонасыщенных грунтах, с использованием прогрессивных материалов;
- предложен технический регламент эксплуатации РЧВ для ТОО «Водные ресурсы и маркетинг» в г. Шымкент, который рекомендован и для всех систем водоснабжения и водоотведения РК.

**Область применения:** Результаты исследований рекомендуются для РЧВ, расположенных в аналогичных условиях.

**Годовой экономический эффект** от использования результатов исследований составляет 18 млн.тенге, срок окупаемости составляет 2,8 лет, получено резкое уменьшение потерь воды в РЧВ.

**Resume**

**of dissertation Medeuov Aizgali Tulendievich on theme «Growing of operational reliability of storage reservoir of clean water of soft ground » for a**

**degree of PhD in Technical Sciences with a specialization in 05.23.04 – stock water, canalization and building systems of water conservations**

**Key words:** storage reservoir of clean water (SRCW), weak water bearing ground, water work, soil settlement, elements of underground reservoir, dynamic load, operational reliability.

**Target of study:** SRCW of water work of the city Shymkent.

**Aim and tasks of the work:** revelation of primary reasons and types of refusals SRCW, working at weak water bearing ground taking into influence of permanent dynamic load.

For this target solved following tasks:

-study of working chink of vertical drainage (CVD) of receding water table(RWT), study of filtration and strength characteristics of grounds of region SRCW;

-reliable calculation of complex SRCW at the square No.6 in the city Shymkent, exploited at weak water bearing ground;

-development of recommendations of exploitation SRCW, exploited at weak water bearing ground, recommendations of realizing reclamation works of SRCW.

**Methods of study:** To the base of research methodology is operation analysis of mathematical statistics, theory of probability of reliable of system water working.

**Draws and scientific novelty of the work:**

- revealed main factors, detract from reliability of functioning SRCW at exploitation at weak water bearing grounds;
- gotten results of theoretical and experimental studies of falling RWT, of defining filtration and strength characteristics of ground of the region SRCW;
- realized reclamation work at SRCW, developed regulation of their exploitation;
- results of studies introduced LLP "Water recourses -Marketing" and educational process at KEPUDN and UKGU named after M.Auezov.

**Field of use:** Results of studies recommended for SRCW, where presents weak water work grounds taking into consideration permanent dynamic load.

**Yearly economical effect** from using of results of studies consists of 18 millions tenge.

Подписано к печати 28.05.2014г. формат бумаги 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офс. Печать офс. Объем 1,5 п.л. Тираж 150 экз.

---

г.Бишкек, ул, Сухомлинова, 20. ИЦ “Текник” КГТУ, т.: 54-29-43  
E-mail: [beknur@mail.ru](mailto:beknur@mail.ru)