

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

(наименование института полностью)

Кафедра «Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение»

(наименование кафедры)

08.04.01 Строительство

(код и наименование направления подготовки)

Водоснабжение городов и промышленных предприятий

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему «Разработка конструкций и системы водоочистки «сухих» фонтанов
для г. о. Тольятти»

Студент

М.И. Петров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

В.М. Филенков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Руководитель программы

к.т.н., доцент В.М. Филенков

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

«_____» _____ 20____ г.

Допустить к защите

И.о. заведующего кафедрой

к.т.н., доцент В.М. Филенков

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

«_____» _____ 20____ г.

Т

Тольятти 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1 ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ «СУХИХ» ФОНТАНОВ	5
1.1 История возникновения фонтанов	7
1.2 Анализ мирового опыта и тенденций применения сухих фонтанов ...	22
1.3 Область применения фонтанов	29
1.4 Выводы по главе 1	32
ГЛАВА 2 ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ	34
2.1 Схемы водоснабжения и конструктивные элементы	34
2.2 Расчет оборудования	39
2.3 Выводы по главе 2	57
ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУХОГО ФОНТАНА.....	59
3.1 Выбор и обоснование места строительства и основные архитектурные решения	59
3.2 Выбор схемы водоснабжения и определение необходимых расходов	63
3.3 Требования к качеству воды	66
3.4 Выводы по главе 3	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	79
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	80

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность разрабатываемой темы обусловлена тем, что благоустройство является важнейшей сферой деятельности муниципального хозяйства, в сфере которой создаются условия для здоровой, комфортной и удобной жизни как отдельно взятого человека по месту проживания, так и целого района или квартала. При выполнении комплекса мероприятий по благоустройству возможно значительно улучшить не только внешний облик городов, но и создать более комфортные микроклиматические, санитарно-гигиенические и эстетические условия на улицах, жилых кварталов и прочих общественных местах.

Цель: Разработать конструкцию и системы водочистки «сухого» фонтана для г.о. Тольятти

Задачи:

- 1.Определить сферы использования сухих фонтанов
- 2.Рассмотреть основные конструктивные элементы
- 3.Разработать концептуальный проект сухого фонтана

Объект исследования

Благоустройство г.о. Тольятти

Предмет исследования

Разработка конструкции «сухого» фонтана для центральной площади г.о. Тольятти

Научная новизна заключается в:

Теоретической разработке конструкций «сухого» фонтана для г.о. Тольятти.

Отсутствии широкого перечня актуальной литературы по данной теме

Создание принципиальной схемы оборотного водоснабжения с применением систем очистки.

Практическая значимость работы заключается в том, что предлагается концептуальная схема очистки системы оборотного водоснабжения фонтана.

Личный вклад автора состоит в обосновании темы, цели, задач и разработке конструктивных решений и схем очистки на основе «сухих» фонтанов.

На защиту выносятся: принципиальная схема оборотного водоснабжения фонтана с системами водоочистки.

Апробация работы. Результаты работы представлены в сборниках трудов:

1. Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России: XV Международная научно-практическая конференция / МНИЦ Пензенский ГАУ. – Пенза: РИО ПГАУ, 2017. – 116 с.

2. Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии: сборник статей XX Международной научно-практической конференции / МНИЦ ПГАУ. – Пенза: РИО ПГАУ, 2018. – 98 с.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 3 глав, выводов по главам, библиографии из 77 наименований. Общий объем работы 87 – стр., включая 33 иллюстрации и 8 таблиц.

ГЛАВА 1 ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ «СУХИХ» ФОНТАНОВ

Водные фонтаны являются повседневной частью жизни каждого поселения, а также являются частью истории и даже мифологии. Они были источником, из которого жизненно важная вода распространялась среди людей, пока не были спроектированы и реализованы водопроводные сети, которые начали подавать свежую воду в здания. Фонтаны в древности, кроме того, также обеспечивали водой жителей городов, находящихся в осаде, и служили для различных священных обрядов. Сегодня же, повсеместно, люди посещают фонтаны, чтобы ощутить свежесть воды, подготовиться к молитве или загадать желание.

«Сухими» фонтанами называются фонтаны с живыми водяными струями, при этом не имеющие открытого бассейна. «Сухой» фонтан представляет собой вымощенную площадь, по которой гуляют люди, и прямо из мостовой вырываются водяные струи. Площадка выполнена так, что лужи не образуются, вода стекает через щели по отводящим каналам в накопительную емкость, где она очищается и с помощью насосов снова подается в струи»[1].

«Сухие» фонтаны еще называют пешеходными, плоскостными, тротуарными, подземными и т.д.

«Сухие» фонтаны — это модный современный элемент дизайна и обустройства парка, бульвара, сквера, городской площади или пешеходной зоны перед торговым центром. «Сухой» фонтан не имеет традиционной чаши с открытой водой, все оборудование скрыто под облицовкой, а у зрителя создается впечатление, что водные струи бьют из-под земли» [2].

Несмотря на кажущуюся простоту, пешеходные фонтаны не оставят никого равнодушными. Варианты отделки могут быть различны, например, решетки, гранитные плиты или скульптуры. Кроме того, коммуникации и

оборудование прокладываются скрытно, что позволяет являться фонтану антивандальной конструкции и безопасной альтернативой купанию.

Такой фонтан увлажняет воздух и помогает спастись от зноя и освежиться в жаркие дни. Пешеходный фонтан быстро становится центром притяжения детей и взрослых, местом отдыха и развлечения в городе, что может улучшить благосостояния города.

«Кроме различных вариаций дизайна, фонтан можно оснастить подсветкой и цветомузыкой, превратив фонтан в светодинамический или светомузыкальный» [9].

В переходный период, когда фонтан отключен, площадь, на которой расположен фонтан, можно использовать по прямому назначению. В холодный период на этой площади можно организовать каток, при определенном техническом оснащении.

Строительные принципы фонтанной технологии определяются ее целью - привести в движение воду. Чтобы привести в движение воду и создать красивую, привлекательную водную картину, прежде всего, необходимо иметь достаточное количество воды. Если отсутствует естественный источник, например, пруд или озеро, то их следует создать и пополнять водой из магистрального водопровода.

«После того как вопрос о водном резервуаре решен, возникает необходимость в том, чтобы найти способ приведения воды в движение и правильно выбрать тип водного сооружения. Движение воды может быть едва заметным - в виде течения в пруду, бегущего ручейка, бурлящих пузырьков родника, либо в виде многокаскадного фонтана, прозрачного водяного колокола, мощного фонтана или низвергающегося водопада» [3].

Когда определена водяная картина и, соответственно, подобрана насадка или комбинация насадок, необходимо подобрать «движущую силу» - фонтанный насос. Простейшим решением будет установка в бассейне погружного насоса. Несколько более дорогостоящий и сложный по монтажу вариант заключается в «сухой» установке центробежного насоса вне

бассейна. Такой насос обычно устанавливается ниже уровня дна бассейна в насосной камере или подвальном помещении и соединяется с фонтаном посредством подающего и обратного трубопроводов.

1.1 История возникновения фонтанов

Nullusenim fons non sacer.

(Все источники - священны),

Сервий Мавр Гонорат,

римский грамматик, IV в. Н.э., Рим.

Слово «Фонтан» происходит от латинского слова Fons, имеющего значение источника как естественного, так и искусственной конструкции, построенной для водоснабжения и декоративных целей. Фонтаны возникли приблизительно в раннем бронзовом веке на юго-востоке Греции и в долине Инда. Они были первоначально питались от естественных источников (например, родников) или от водопроводов (например, акведуков) и были предназначены для обеспечения питьевой водой, водой для купания и водой для стирки для жителей дворцов, городов, поселков и деревень. «Впервые системы водоснабжения, в том числе и фонтанов, были разработаны на Крите, в центре первой развитой цивилизации Европы – Минойцами» [11]. «Позже они были улучшены и привезены в другие европейские и средиземноморские регионы микенами, этрусками, греками, римлянами, венецианцами и османами» [12].

Возникновение фонтанов в различных цивилизациях было связано с их месторасположением: были ли источники водоснабжения в изобилии и были ли они выше или ниже уровня городов.

Древние египтяне, например, использовали изобретательные системы для подъема воды из Нила для питья и орошения. Минойцы, а позже и эллины, с помощью акведуков спускали воду с гор до городских фонтанов, которые заливали воду в бассейны с питьевой водой.

Быстрый технический прогресс в двадцатом веке создал пренебрежение к прошлым водным технологиям, которые считались далекими от нынешних. Было много нерешенных проблем, касающихся водораспределительных сетей и, особенно, фонтанов. В развивающемся мире эти проблемы усугублялись в беспрецедентной степени.

Кроме того, возникли новые проблемы, такие как загрязнение поверхностных и грунтовых вод. Естественно, усугубление нерешенных проблем заставило общество вернуться к прошлому и вновь исследовать успешные прошлые достижения. К их удивлению, люди, которые принимали участие в повторном расследовании на основе археологических, исторических и технических данных, были впечатлены двумя вещами: сходством прошлых принципов с нынешним передовым уровнем техники водоснабжения и методами очистки и водоотведения более ранних периодов [15].

Системы распределения воды

Во время археологических раскопок на Мinoйском Крите и Греции, было найдено несколько различных типов трубопроводов, которые использовались для водоснабжения и для удаления ливневых вод и сточных вод, и были сделаны в основном из камня или терракота. «Система водоснабжения и водоотведения представляла собой каналы и трубы прямоугольного или круглого сечения, но наиболее интересными каналами являются U-образные и усеченные конические терракотовые трубы, никогда ранее не использовавшиеся другими цивилизациями» [16].

«В Кносском дворце распределение воды осуществлялось через сеть терракотовых трубопроводов, расположенных нижних этажах на глубинах от нескольких сантиметров до 3 м» [17]. Мinoйскую систему распределения воды, предположительно, использовали для следующих целей [18]:

1. Подземное водоснабжение: эта система могла быть предназначена для использования ограниченной группой людей или для конкретной деятельности, которая, в свою очередь, может указывать на ритуальное использование воды [19].

2. Водоснабжение хорошего качества для питания фонтанов в открытых районах дворцов, которые не были частью городской системы распределения [20], а значит водоснабжение могли позволить состоятельные люди.

Несмотря на эстетические достижения в роскошных фресках и архитектуре, керамике и обработке металлов, драгоценных и полудрагоценных камней, минойцы решали практические проблемы, связанные с водой и сточными водами, и, таким образом, обширные и продуманные системы, которые минойцы строили для водоснабжения, включая фонтаны, были запланированы и построены для удовлетворения потребностей растущего населения острова.

Большинство из них представляют собой подземные сооружения, снабженные водой непосредственно или из других источников через систему каналов.

Наиболее типичным из этих фонтанов является Минойский фонтан Тыкте, который был обнаружен в гостевом доме на Кноссе (рисунок 1). Фонтан представлял собой прямоугольную подземную конструкцию с центральным резервуаром-цистерной, которая была доступна со двора соседнего здания с тремя нисходящими лестницами. Стены «Минойского фонтана» были построены из крупных блоков известняка и слябов из гипса с внутренним покрытием [12,21].



Рисунок 1 – Минойский фонтан

Этруская цивилизация (около 800 г. до н. Э. - 200 г. н.э.)

Прежде чем рассматривать отношение римлян к управлению водными ресурсами, необходимо напомнить, что римская система водоснабжения уходила своими корнями в технологии этрусской цивилизации. Этруская цивилизация, развитие которой находилось под влиянием Греции и Ближнего Востока, процветало в центральной Италии примерно с восьми веков до нашей эры.

«Этруски понимали важность управления водными ресурсами» [22], например, «туннель-шлюз» (рисунок 2) выполнял функции мелиорации и орошения путем контроля сброса небольшого водосбора вблизи древнего этрусского города Вейи, в нескольких километрах от Рима.



Рисунок 2 – «Туннель-шлюз»

На протяжении своей ранней истории Рим управлялся этрусскими королями, последний из которых был свергнут только в конце 6-го века до нашей эры. Этрусские цари превратили Рим в настоящий город, восстановив болотистую землю между холмами и построив первые коллекторы, из которых наиболее известна «Клоака Максима».

К первому столетию до н.э., после нескольких веков бурных взаимоотношений и войн, этруски ассимилировались среди римлян [14], а этрусские города превратились в римские центры.

История колодцев и фонтанов в ранних китайских династиях

В Китае внутридомовые сети водоснабжения появились только в конце 19 века в некоторых крупных городах. Китайцы в древности обычно забирали воду для ежедневного использования из двух источников: колодцев и ближайших ручьев, которые являются основным источником водоснабжения в Китае и играют важную роль и по сей день.

Археологические находки показывают, что ранние колодцы (около 3000 лет до нашей эры) строили квадратной формы и в качестве материалов использовали бревна, но в период 475-221 гг. до н.э. ввиду распространения керамических изделий стены колодцев стали укреплять глиной (рисунок 3) [24].



Рисунок 3 – Древнекитайский колодец

В последующие времена (около 202 г. до н. Э. - 220 г. н.) колодцы стали строить из кирпича, а поверх колодца (618-907 гг. Н.э.) стали строить крытую структуру, которая помимо украшения и защиты источника стала выполнять религиозные функции (рисунок 4).



Рисунок 4 – Китайский фонтан

Греко-римская классическая европейская античность

В древнегреческих городах фонтаны размещали в общественных местах на агоре и в святилищах, восхваляя богов и героев разнообразных мифов и преданий. Вода из горных источников ручьями стекала в общие водосборники, откуда самотеком по свинцовым трубам поступала к фонтану, истекая из устья фонтанной насадки, представляющей скульптурную маску в виде головы льва или какого-нибудь другого величественного животного, и заполняла фонтанную чашу из известняка или мрамора.

Типичный фонтан древнегреческого водоснабжения (рисунок 5) состоял из одного либо двух резервуаров, в первый резервуар вода поступала из источника, затем переливалась во второй через простой каменный бортик, либо через украшенные носики. У тех фонтанов, что питали источники с большим расходом воды в обязательном порядке имели большой приемный

резервуар, из которого малыми струями воду сливали в «рабочий» резервуар, например, в городе Аттик (рисунок 6), из которого в свою очередь жители забирали воду для своих нужд. Очень редко, в качестве источника, использовали подземные и дождевые воды.

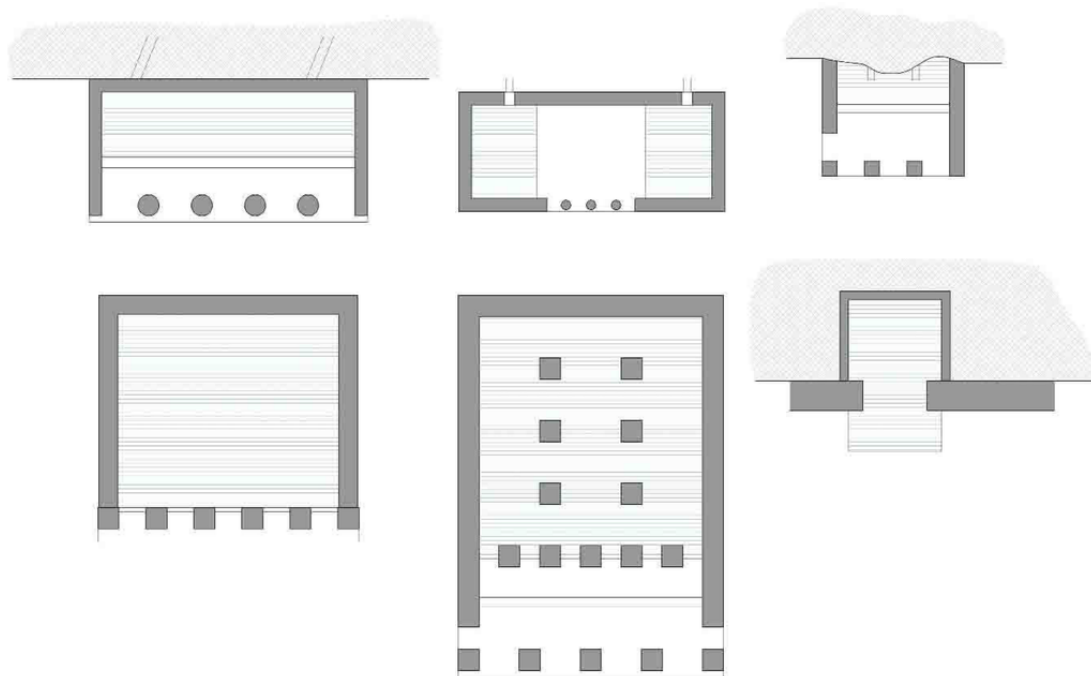


Рисунок 5 – Типовые схемы древнегреческих фонтанов

Многие из архетипических классических и эллинистических фонтанов были построены либо в подпорной стене, такой как Палестра Сикиона, либо в задней стене портика, например, в южной части Афинской Агоры. Довольно часто, древние греки перенаправляли ручьи к природной скале, из которой в последствии высекали чашу, а затем надстраивали портик над фонтаном.

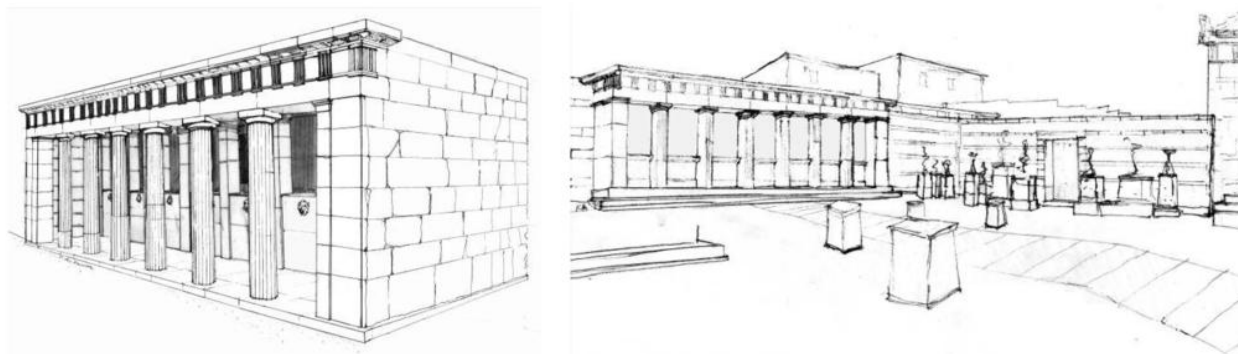


Рисунок 6 – Фонтан города Аттик

Кроме того, древние греки применяли несколько функциональных конструкций, ранее не используемых в других цивилизациях; конструкции способствовали извлечению воды из фонтана. Одни использовали для наполнения ведер или керамических банок (гидрия), другие применял дренажа и удаления избыточной воды, третьи позволяли направить избыточную воду для повторного использования в туалетах или в других местах, это говорит о том, что древние греки понимали всю ценность воды и делали шаги в сторону ее эффективного использования [26].

Римский период (4-й век до н.э. - 4-й век)

Рим, который был основан в 753 году до нашей эры, унаследовал и значительно развил технологии водоснабжения этрусков, и их технологии были непревзойденными до конца XVIII века. Однако, римские технологии были тесно связаны с этрусской в течение нескольких первых веков после основания Рима, поэтому чисто римской стоит рассматривать технологию только в период после строительства первого акведука (в 312 году до н.э.). По словам Секстуса Юлиуса Фронтинуса, римского консула, которого называли «Куратором аквариума» (хранителем воды) Рима, «на момент 95 года до н.э. в Риме существовало девять акведуков, спустя 200 лет было одиннадцать, а еще два были построены в 109 и 226 годах нашей эры» [28].

Акведуки Рима и несколько небольших местных источников снабжали водой сотни общественных и несколько десятков монументальных фонтанов, а также множество крупных частных и общественных термальных ванн, не считая воду, что поставляли императорскому дому и владельцам частных вилл. Даже в четвертом веке, в глубоком упадке, в Риме было 1352 фонтанов и цистерн. Отношение Древнего Рима к воде и фонтанам оставило неизменный отпечаток на Риме (и Италии), который пережив падение Римской империи, сохранил тысячи небольших фонтанов, что функционируют и по сей день обеспечивая свежей бесплатной превосходной питьевой водой всех желающих.

Но водоснабжение осуществляли не только в самом Риме: Римская империя простиралась от испанского атлантического побережья до реки Рейн в Германии и от шотландской низменности до нескольких сотен километров к югу от побережья Северной Африки, в каждом подконтрольном районе имелся крупный город-полис, что состоял из форума (деловой зоны), театра и амфитеатра, военных казарм, общественных бань и необходимых акведуков, что снабжали водой все указанные сооружения и расположенные в них фонтаны.

Вода от сборного резервуара, в который поступала вода из акведука, текла к фонтанам по трубам, что изготавливали из дерева, камня, цемента, терракота и свинца; краны и клапаны, что были прообразом современных, изготавливали из высококачественных бронзовых сплавов. Римляне первые кто, применив принцип сообщающихся сосудов, смогли подавать воду под давлением. «Кроме того, ввиду активной политической жизни и не только, римляне доработали греческую технологию по удалению избыточной воды и использовали ее для очистки улиц» [30].

Средневековые времена

В ранний византийский период (приблизительно 4-й с-15-го века н.э.) средневековые технологии фонтанов переняли римские традиции и обычаи. Ввиду развала Римской Империи меньше было построено, и ноу-хау прошлого позабыли. Ввиду несовершенства технологий плотно застроенные поселения имели мало места для строительства впечатляющих фонтанов, а малые города не имели средств для этого.

С другой стороны, мощное и богатое духовенство того периода строило фонтаны для церквей и монастырей, что смогли пережить набеги и разрушения и дожили до наших дней (рисунок 7). Типичными фонтанами того времени были простые ниши на стене здания или более редкие одиночные, где каменная раковина наполнялась водой, вытекающей из простого или слегка украшенного носика.



Рисунок 7 – Монастырские фонтаны

Средневековые фонтаны воплощали в себе новый готический архитектурный стиль в виде отдельных куполообразных конструкций, арок, куполов, колоннад и балочных перемычек того периода, но в инженерной части все было по-прежнему. Хорошо продуманные примеры также показывают типичные византийские типы кладки. Что касается водоснабжения, то оно было реализовано обычными методами той эпохи, которые указаны ниже (рисунок 8 и рисунок 9).

Самым характерным типом фонтана византийского периода является «фиал», что имел купол, который покрывал круглый малый бассейн в центре, где освященную питьевую воду применяли во время различных ритуалов монастыря. В бассейне не было естественного потока воды, вода просто вытекала из центра круглой чаши, куда поступала от родников и ранее существовавших систем акведуков, которые ввиду развала Римской Империи из-за недостатков средств для обслуживания тоже подверглись разрушению.

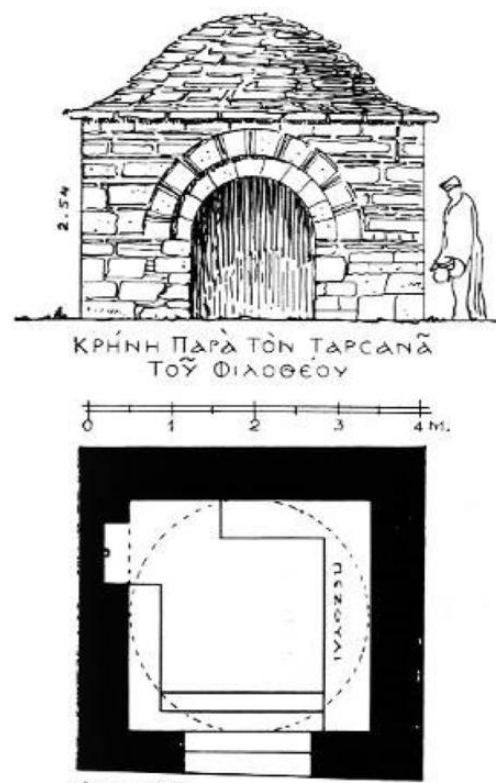


Рисунок 8 – Монастырский арочный фонтан

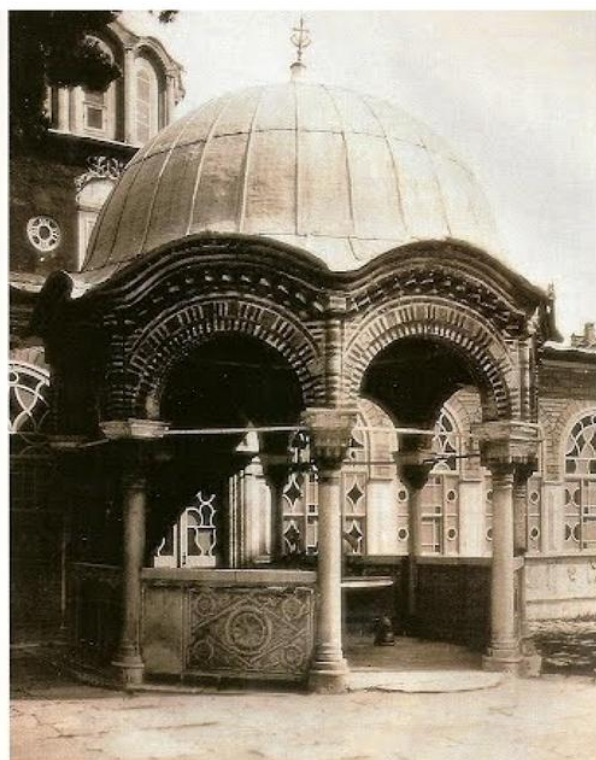


Рисунок 9 – Византийский куполообразный фонтан

Средневековье, ренессанс и барокко в Западной Европе

После падения Римской империи великие варварские вторжения превратили Империю во множество независимых маленьких государств с непостоянными границами и правителями в постоянном состоянии войны. В это время из-за совокупного воздействия естественного износа и отсутствия технического обслуживания огромные акведуки были разрушены, ведь огромная и сложная система акведуков может быть построена и функционировать только в регионе в состоянии покоя, под контролем одной централизованной власти со значительными экономическими ресурсами [31].

За некоторыми исключениями, ни одно из этих условий не существовало в Западной Европе с 5 по 15 век нашей эры, что и позволило разрушить ранее построенные римские системы водоснабжения. Кроме того, недостаток средств по объективным причинам виден в скудости средневековых фонтанов, которые были маленькими, простыми и часто делались из материалов, взятых из древних памятников и тех же старых акведуков. Во время раннего средневековья управление водными ресурсами было на хорошем уровне только в Восточной Римской империи (то есть в Византии) и исламских королевствах в Западной Европе в Испании, что обладала отличной системой водоснабжения для орошения, хозяйственно-бытовых нужд и фонтанов. В исламской Испании были построены новые и отремонтированы старые римские водопроводы, построены общественные и частные фонтаны. Здесь должно быть достаточно вспомнить, что исламская культура впитала в себя и применяла греческие и римские водные технологии добавив новые изобретения, в том числе сложные насосы Ибн аль-Джазари, которые существовали около XI-XII вв. Н.э.

В средневековой Западной Европе технология водоснабжения и фонтанов была сохранена благодаря монастырям и аббатствам, что представляли собой автономные сообщества, где вода была необходима как для повседневной жизни и орошения садов и огородов, так и для ритуалов. Сады с фонтанами выглядели как некие мистические места, своего рода

земной эквивалент Рая (или Эдемского сада), как христианами, так и мусульманами, и, поскольку, фонтаны использовали одновременно несколько людей, на фонтанах устанавливали большой бассейн с несколькими кранами для сброса воды (рисунок 10).



Рисунок 10 – Лаваторий

Этот фонтанный тип, называемый лаваторием, часто использовали по всей Европе. Фонтаны питали короткие акведуки, забирая воду из источников, расположенных на расстоянии нескольких километров. Трубы обычно были изготовлены из свинца по технологии, аналогичной римской. Если вода, поставляемая религиозной общине акведуком, превышала его потребности, излишки обычно отдавали людям за пределами религиозной общины.

Новая эра систем водоснабжения и фонтанов возникла в северной и центральной Италии в начале 13-го века н.э. во времена расцвета коммун (городов-государств). В то время, после периода мягкого климата (так

называемый средневековый теплый период) и широкого использования тяжелого плуга [30] в сочетании с процветающей торговлей между Левантом и Северной Европой, осуществляемой итальянскими коммунами, благосостояние населения пошло на увеличение, что привело к активному росту количества строительных работ, включая реконструкции старых сооружений [35].

Новые времена

Вода и фонтаны воды стали использовать как культурные аллегории. Им часто приписывают религиозные, мифические и другие значения, например, в христианской культуре фонтан в «Фонтане жизни» связан с перерождением, которое происходит после крещения, производным от «Фонтана Жизни» является Фонтан Молодости, из которого можно пить, чтобы вернуть молодость или стать бессмертным, подобные же ценности представляют фонтаны и в мусульманских и буддистских религиях. Кроме того, фонтаны всегда оказывали успокаивающее воздействие на людей, поскольку они привлекали людей для отдыха и общения вокруг них [14].

В виду технологического прогресса парадигма восприятия фонтанов претерпела изменения: возможность установки насосного оборудования изменила способ подачи воды потребителям, переместив фонтан с общественной площади в дом потребителю, сменив название фонтан на смеситель. Технологический прогресс со временем лишил фонтаны издавна присущей им функциональной особенности как источник питьевого водоснабжения, оставив им только культурную функцию. Сегодня забор воды из фонтана, например, для бытовых целей будет выглядеть несколько вульгарно, но в прежние времена в этом не было ничего особенного. С Новых времен фонтаны должны поразить своей исторической, художественной или технической ценностью.

Водный фонтан на Трафальгарской площади в Лондоне в Великобритании, сегодня является популярным местом экскурсионных туров, как и фонтан Каналетес на площади Каталонии в Барселоне. Кроме

того, с момента своего строительства, Трафальгарская площадь была также местом проведения политических демонстраций.

«Возникли новые типы высокотехнологичных фонтанов, которые называются «водные киоски», что распространяют в некоторых европейских странах с начала XXI века» [13]. Вода, которую они забирают из водопроводных сетей, подвергает определенным обработкам (активный углерод, охлаждение, добавление диоксида углерода) для улучшения своих органолептических характеристик, таких как запах, вкус и температура и подают ее потребителю за определенную плату. Такие киоски сокращают использование бутилированной воды и выделяемых отходов (ПЭТ-бутылки), а также выбросов CO₂, связанных с транспортировкой бутылок с установок разлива в бутылки потребителю, что получило широкое одобрение от властей в Италии, как от государственных, так и муниципальных, до такой степени, что за последние десять лет их число выросло с нуля до более тысячи, особенно в северной и центральной частях страны.

Новый тип «сухой» фонтан представляет собой фонтан с живыми водяными струями, при этом не имеющий открытого бассейна. «Сухой» или пешеходный фонтан представляет собой вымощенную площадь, по которой гуляют люди, и прямо из мостовой вырываются водяные струи. Кроме того, совместив фонтан с динамическим освещением и музыкальным сопровождением можно получить новые способы художественного выражения.

Следующим шагом в эволюции стали детские площадки с «сухими» фонтанами, что в США также называют «разбрызгивающими площадками» (sprayground). Владельцы парков отдыха обнаружили, что «разбрызгивающие» площадки (рисунок 6) не только привлекательны для детей ввиду активного воздействия с фонтаном, но экономически выгодны по сравнению с бассейнами. Дешевле установить, эксплуатировать и обслуживать, распылители стоят меньше, чем просто бассейны как в ближней, так и в долгосрочной перспективе.



Рисунок 11 – Детская площадка с сухим фонтаном

1.2 Анализ мирового опыта и тенденций применения сухих фонтанов

«Сухими» фонтанами называют фонтаны с живыми водяными струями, при этом не имеющие открытого бассейна. «Сухой» фонтан представляет собой вымощенную площадь, по которой гуляют люди, и прямо из мостовой вырываются водяные струи. Мостовая устроена таким образом, вода, выбрасываемая фонтанов, стекает, не образуя при этом луж, через щели по отводящим каналам в накопительную емкость, где ее очищают и с помощью насосов снова подают в струи.

«Сухие» фонтаны еще называют пешеходными, плоскостными, тротуарными, подземными и т.д. Данное определение было озвучено в Акте о Здравсоохранении (Health Act) 1986 года в Британской Колумбии, что «сухой» фонтан - это бассейн с распылителем, который представляет собой «искусственно сконструированную выемку или бассейн для детей, в которые впрыскивается питьевая вода, но не может накапливаться на дне» [34].

Аналогичным образом, в городе Норфолк, штат Вирджиния, конкретно определяют бассейн с распылителем как «любая мелкая искусственная конструкция, построенная из материалов, отличных от естественной земли или почвы, используемых для распыления воды, и которая имеет дренажную

зону, предназначенную для удаления воды, после разбрызгивания из сопел, со скоростью, достаточной для предотвращения потерю воды».

Популярность парков с «сухими» фонтанами в США [35], также называемые «разбрызгивающими площадками» (sprayground) или «разбрызгивающими подушками» (splashpad), значительно увеличилась в последнее десятилетие, и не только потому, что они нравятся детям. Парки отдыха обнаружили, что данные «разбрызгивающие» площадки являются экономически выгодными альтернативами бассейнам, потому что дешевле установить, эксплуатировать и обслуживать, распылители стоят меньше, чем просто бассейны как в ближайшей, так и в долгосрочной перспективе. Как правило, в сухих фонтанах нет стоячей воды (она стекает без накопления), поэтому постоянный контроль за качеством воды не требуется. Фонтаны имеют более длительный рабочий сезон, чем бассейны, более доступны и могут быть автоматизированы или вручную настраиваться пользователями.

Традиционно, распылительные площадки представляют собой отдельные зоны парка с плоскими поверхностями с автономными интерактивными функциями распыления. В настоящее время, площадки с распылителем занимают всю площадь парка и включают в себя различные восходящие, многоуровневые функции игры, которыми могут управлять сами дети.

«В то же время одна из тенденций, которую мы наблюдаем, - это создание подобных площадок для многоцелевого использования, поэтому в проекте, предусматривающем сопла ниже уровня земли, можно отключить подачу воды, а затем использовать площадку для концертов, ярмарок или других мероприятий» [33]. В настоящее время его фирма проводит разработку проекта такого типа в амфитеатре. Игровая площадка станет площадкой для вечерних выступлений, когда вода будет выключена.

Еще один парадокс по выбору целевой аудитории, связан с разбрызгиванием воды. В то время как в большинстве случаев парки отдыха требуют большего количества всплесков (по расходу воды), другим нужна

возможность регулировать высоту струи для того, чтобы привлечь посетителей всех возрастов. Один производитель водных сооружений, базирующийся в Квебеке, предлагает линию распылительных устройств, которые позволяют разбрызгивать воду в виде тумана или в виде легких струй (рисунок 12).

Предустановленные элементы управления ограничивают их рассеивание, ограничивая попадание воды только непосредственно рядом с распылителем и позволяя другим пользователям оставаться относительно сухими. Данный функционал можно использовать на общественных площадях, зоопарках и парках развлечений. Линии продуктов предназначена для того, чтобы предложить интерактив, который позволяет участникам контактировать с водой, и будучи в уличной одежде, охлаждаться и оставаться относительно сухим.

Множество различных форсунок на рынке обеспечивают разнообразное распыление, включая как водопады, души, гейзеры, мелкодисперсное распыление, форсунки, пенные аэрозоли, фонтаны, спринклеры, барботеры и стреляющие потоки воды.

Вода может быть либо проточная (из системы водоснабжения, которая затем стекает в канализацию в виде сточных вод), либо рециркулируемая вода после химической обработки до тех же стандартов качества, что и вода в бассейнах [35].

Еще одна тенденция в дизайне сухого фонтана заключается в визуализации парка в целом с точки зрения архитектуры, а также в попытке достичь сложных структур и эффектов с использованием моделей распыления воды. Во всех продуктовых линиях эти элементы имеют разные формы и цвета, распылительные форсунки изготавливают ПВХ, но ПВХ очень сильно восприимчив к ультрафиолету и разрушается под его воздействием, можно заменить на сталь и нержавеющую сталь, что увеличит цену в 2-4 раза.

Производители по всему миру предлагают продукты, способные создавать из воды формы представляя собой аква-архитектуру. Внутренние коллекторы и перегородки позволяют создавать столь четкие и точные формы воды, почти скульптурные водяные купола или клетки, давая детям ощущение некоего помещения или комнаты.



Рисунок 12 – Сухой фонтан

Звук и освещение все чаще включаются в парки с распылителями. Через несколько часов парки с распылителем освещены эстетически привлекательными способами, а освещение используется для раскрашивания воды при использовании парков. Поскольку сухие фонтаны часто устанавливают в общественных парках в естественных или ландшафтных условиях, проектировщики парков и ландшафтные архитекторы должны гармонично вписать фонтан в имеющиеся ландшафтные условия.

Тенденции развития «сухих» фонтанов:

- Включение большего количества форм и способов распыления, в том числе «два-в-одном».
- Расширенные средства управления и клапаны обеспечивают более интерактивное представление.
- Зонирование для разных возрастных групп.
- Включение альпинистских конструкций и горок.
- Интеграция звука и освещения.

- Проектирование для различных целей.

Выбор нескользящей поверхности распылительного парка не менее важен, чем выбор распыляющих форсунок.



Рисунок 13 – Сухой фонтан

Покрытие должно иметь художественно-эстетическую ценность, защиту конструкций и механизмов, противостоять скоплению загрязнений, что может привести к образованию засоров или скоплению бактерий, а также покрытие должно быть не скольким и не травмоопасным [35]. Часто применяют как для плавательных бассейнов, имея ввиду, что поверхности должны быть непористыми, чтобы предотвратить образование плесени или бактерий, а также устойчивость к скольжению, чтобы снизить урон в случае падения. Бетон - наиболее широко используемая поверхность распылительного парка, наименее дорогостоящий вариант и его легко очищаемый, а раскрашивание, тиснение или кислотное травление могут улучшить его внешний вид. Чтобы обеспечить дополнительное

сопротивление скольжению, добавляют в него песок, но в этом случае покрытие превращается в наждачную бумагу. Прорезиненные поверхности, хотя и популярны, создают ложное ощущение безопасности; к тому же, они стоят дороже и их трудно чистить.

В то время как распылители становятся все более изощренными, самые простые элементы, включая простые сопла, встроенные в землю, часто оказываются самыми популярными. Наземные спреи обеспечивают высокую игровую ценность и гарантируют, что даже малыши могут взаимодействовать с водой и влиять на нее. Дети любят менять модели брызг, стоя или сидя на струйных распылителях (рисунок 14).



Рисунок 14 – Сухой фонтан на детской площадке

Интерактивные продукты, которые позволяют детям влиять на поток воды, направление и формы распыления, также популярны и дают детям понятие о причинах и следствиях, а в некоторых случаях – о совместной работе. Некоторые водные игрушки имеют ручные колеса или рычаги,

которые увеличивают или уменьшают поток воды. Другие водные игрушки требуют взаимодействия с ними для получения меньшего или большего потока воды, по средствам ускорения вращения водяного колеса. Работая вместе, дети могут блокировать сопла в различных местах, чтобы создать давление, чтобы больше воды вытечет из оставшихся отверстий или из центральной колонны.

При выборе материала по долговечности следует обращать внимание на продукты, которые могут держать свою форму, например, стекловолоконные материалы, что стойкие при ультрафиолетовом и химическом воздействии, не подвержены воздействиям температуры.

Водные структуры активируются компьютеризованными контроллерами, которые выключают подачу воды, когда в этом районе нет активности, или ручные приводы, на которые наступают дети, на других фонтанах запрограммированные контроллеры регулируют выход воды, отключая определенные функции в определенное время суток или вращая их время работы, произвольно или программируемо. Кроме того, водяная «хореография» или смена моделей распыления возможна с помощью электронных электромагнитных клапанов и компьютерного программирования.

Зонирующие парки для различных возрастных групп начинались как тенденция и в настоящее время являются установленным принципом проектирования, ведь что не по нраву одним, по нраву другим.

В детской зоне могут использоваться наземные спреи и другие не пугающие функции, которые производят мягкие туманы и нежные потоки воды, зона для детей старшего возраста, поведение которых, более активно, должна быть сосредоточена на высокоэнергетических действиях с компонентами, которые стимулируют конкуренцию и коллективную работу. Семейно-развлекательный сектор, переходящий между двумя другими зонами, должен способствовать социальному взаимодействию и творческой игре с участием нескольких поколений.

Независимо от зоны, функции распыления должны быть достаточно разнесены, чтобы дети не врезались в них или друг в друга. Особенно с компонентами, которые вращаются или поворачиваются.

Сухой фонтан служит одновременно и игровым пространством для детей, и сложным зрелищем для взрослых, состоящий из струйных форсунок и форсунок с «прыгающей водой», все на одном уровне, создадут серию «водяных клеток» с вертикальным распылителем на несколько метров в высоту в центре.

1.3 Область применения фонтанов

Современный ландшафтный дизайн немислим без использования тротуарной плитки, различных архитектурных форм, водоемов, и, по возможности, фонтанов. Современные фонтанные сооружения могут быть различных размеров и стилей. Они, в отличие от тех, что строились в древности, носят чисто декоративный характер. Заставить воду течь с определенной скоростью и в нужном направлении смогли античные механики, путем создания сообщающихся сосудов.

Фонтан и не один, есть практически в каждом городе, он является центром притяжения горожан и гостей города, рядом с ним назначают свидания, а в вечернее время подсветка струящейся воды создает романтическую обстановку. В дизайне приусадебных участков популярны декоративные садовые фонтаны. Сооруженный посредине водоема или отдельно стоящий, он выступает средоточием жизни домочадцев: детям весело и интересно играть около воды, взрослым отдыхать, сидя в освежающей прохладе.

Возведение фонтанного сооружения процесс трудоемкий и требует специальных знаний. Наличие воды в достаточном количестве – вот основное условие строительства. При отсутствии пруда или иного естественного, или искусственного водоема, возникает необходимость его сооружения. Чаша фонтана может быть выполнена из бетона, пластика или

нержавеющей стали. Объем емкости напрямую зависит от сложности конструкции и количества используемой воды для достижения требуемой водной картины. Кстати, о том, как должна двигаться вода в рассматриваемой архитектурной конструкции стоит подумать в первую очередь. Медленный или быстрый ручей, бьющие вверх струи, каскад, водопад, колокол и другие конфигурации вытекающей воды из отверстий скульптуры, определяют специальные насадки. Когда вопросы резервуара и водного рисунка решены, мастера приступают к непосредственному монтажу всей конструкции: установке чаши и насоса, монтажу защитных фильтров, фитингов, насадок и подсветки, прокладыванию трубопроводов и электропроводки.

Эксплуатация фонтанов не представляет ничего сложного. Регулярная очистка и замена фильтров обеспечивают бесперебойную работу насоса в течение всего срока работы. При возникновении неисправности следует вызвать мастера по ремонту, и не в коем случае не пытаться отремонтировать самостоятельно. Это чревато нарушением гидроизоляции, а при наличии электроприборов, и нанесение вреда жизни и здоровью.

«Кроме уличных и садовых фонтанных конструкций, существуют интерьерные фонтаны, предназначенные для оформления помещений, в том числе и жилых. Одним из самых распространенных вариантов, которым может себя порадовать владелец коттеджа – стенной фонтан. Монтаж его не представляет ничего сложного, а сочетание зеленых растений, цветов и водопада напоминает райский уголок» [36].

Таким образом, современный фонтан играет одну из главных ролей в создании живописного пейзажа или интерьера и является неотъемлемой частью ландшафтного дизайна. Городские улицы и площади, частные сады и парки заметно преображаются, если они украшены оригинальными фонтанными композициями, притягивающими восхищенные взгляды гостей и жителей города.

Области применения фонтанов как уже было сказано ранее – различные. В прежние времена вода забиралась из различных источников, таких как озера, горные реки, ручьи и родники, и самотеком по системе трубопроводов, каналов или акведуков поступала водоразбора – фонтаны, которые могли располагаться как на площадях городов и обслуживать большое количество потребителей среди населения, так и располагаться в частных домах и обслуживать небольшое количество потребителей.

К XX веку в связи с развитием и удешевлением систем поквартирного водоснабжения, а также появление насосного оборудования, фонтаны в большей мере стали приобретать функции украшения городов, площадей и домов.

К началу XXI века возникли перспективы использования фонтанов в коммерческих целях, ведь достижения технической и архитектурной мысли, воплощенные в виде фонтанов, привлекают людей.

Выделим области применения фонтанов:

1. Снабжение потребителей водой для хозяйственно-бытовых нужд
2. Использование фонтанов в качестве декоративных элементов, применяемых для украшения городских парков и площадей
3. Использование фонтанов для украшения развлекательных, торговых и бизнес центров для привлечения посетителей
4. Использование фонтанов для детских площадок в качестве развлечения
5. Использование фонтанов для санаториев и больниц в качестве некоторого релаксирующего средства
6. Использование фонтанов как средств развлекательного характера
7. Использование фонтанов для увлажнения воздуха и создания ощущения прохлады в регионах с сухим климатом
8. Использование фонтанов для дренирования окружающей территории

9. Использование фонтанов как запасного водоема для противопожарных целей

1.4 Выводы по главе 1

В связи развитием технологического прогресса первоначальная цель фонтанов как снабжение водой потребителей для хозяйственно-бытовых целей стала отходить на второй план уступая место целям по украшению и развлечению на всевозможных объектах.

Эволюция фонтанов от самотечного до сухого фонтана с механическим побуждением движения жидкости представлен на рисунке15.

Используя фонтаны как элементов украшения или развлечения возникают вопросы по рациональному использованию водных ресурсов, ресурсосбережению, охране природы и повышению экономической эффективности. Данные вопросы рассмотрим в следующих главах

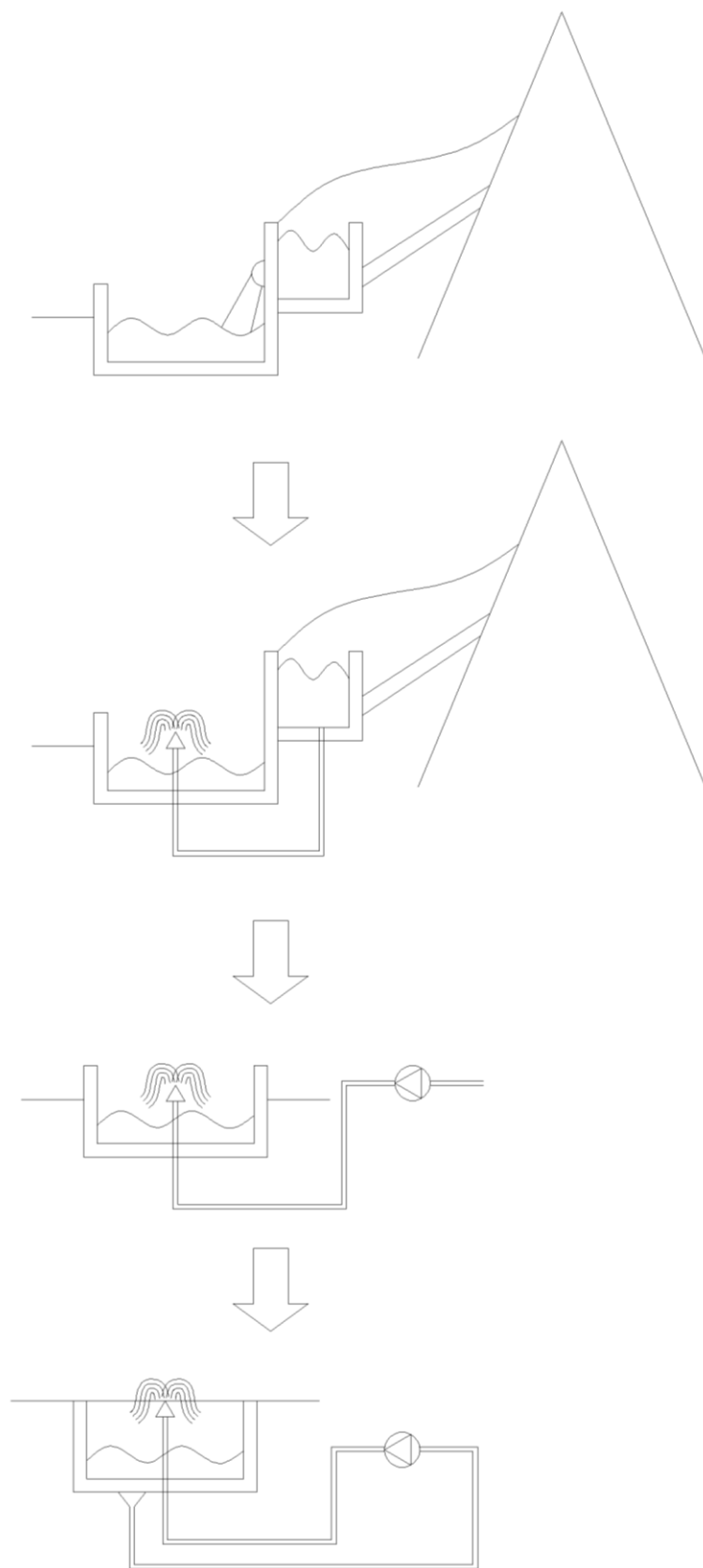


Рисунок 15 – Эволюция фонтанов

ГЛАВА 2 ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

2.1 Схемы водоснабжения и конструктивные элементы

Инженерное сооружение, такое как фонтан, относится к источникам питьевого водоснабжения, а значит вода, подаваемая к фонтанам, во избежание нанесения вреда человеку, должна соответствовать требованиям СанПиН [44], в ней должны отсутствовать химические примеси, и окраска должна быть едва заметной для глаза.

Водоснабжение как сухих, так и обычных фонтанов водой может осуществляться по схемам, приведенных на рисунке 16

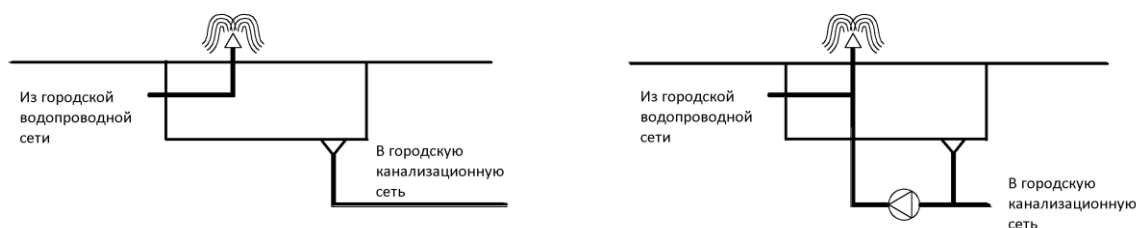


Рисунок 16 – Схемы систем водоснабжения фонтанов

«Для небольших фонтанов с одиночными струями и расходом воды в 2-5 л/сек вода может подаваться непосредственно от городского водопровода со спуском использованной воды в водосточную сеть. В тех районах, где стоимость воды невелика, а стоимость электроэнергии значительна, применение схемы возможно и для фонтанов с большим расходом воды» [6].

«К фонтанам можно подавать воду от охлаждающих установок, если она хорошего качества, или артезианскую воду после использования как в системах кондиционирования воздуха. Для увеличения высоты струй может применяться насосная подкачка.

Использованная вода сбрасывается в водосток. В больших фонтанах применяется рециркуляция воды при постоянном пополнении бассейна от городского водопровода. Бассейн фонтана можно использовать как резервуар, из которого вода забирается насосами. Насосная устраивается под фонтаном или лучше в одном из ближайших зданий.

Схема с рециркуляцией воды применима при дешевой электроэнергии и большой производительности фонтана» [5].

Рециркуляция будет рациональна, если выполняется условие:

$$N_{\phi}P_{\text{эл}} < Q_{\phi}P_{\text{в}} \quad (1)$$

Где N_{ϕ} – номинальная электрическая мощность насосов, используемая фонтаном в кВт/ч

$P_{\text{эл}}$ – цена 1 кВт/ч электрической энергии

Q_{ϕ} – расход воды, м³/ч

$P_{\text{в}}$ – стоимость 1 м³ воды

Использование рециркуляции значительно сокращает расход воды из-за многократного использования.

«Экономическая пригодность того или иного варианта должна быть уточнена путем сравнения их стоимости. Для фонтанов, расположенных значительно выше горизонта воды, может применяться двухступенчатого подача: сначала от места забора в регулирующий резервуар, расположенный на одной из верхних террас, а затем из него насосом второго подъема – к фонтанам»[40].

Насос первого подъема лучше всего применить для подпитки фонтана, тогда при малой производительности и периодическом в течении суток наполнении резервуара данная схема в большинстве случаев будет наиболее перспективной в экономическом плане.

«В парках со значительным падением горизонталей следует использовать родники и реки, расположенные выше парка, для накапливания воды в водохранилищах или в резервуарах, устраиваемых на

высоте, обеспечивающей нормальное питание водой фонтанной системы» [6].

Фонтан, как правило, имеет несколько групп форсунок, к которым вода подается с помощью насоса, что установлен в подвале соседнего дома либо в специальном здании вблизи. Из данного помещения фонтан должен быть виден либо необходим пункт управления, через который осуществляется регулирование как вручную, так и с помощью электроприводов.

Для поддержания постоянного уровня воды осуществляется подпитка из водопроводных сетей, объем жидкости регулируется вентилем, заблокированным с поплавком, защищающим от перелива.

В нижней части резервуара устанавливается дренажный патрубок, защищенный сеткой, что предотвращает засорение труб и повреждение насосов. По нему вода самотеком поступает к насосам и вновь подается к коллектору. От коллектора по трубопроводам вода подается к группам насадок.

«В центральной в специальной камере под фонтаном, что закрыта сверху стеклянным колпаком, для освещения струй и придания фонтану большей художественной выразительности установлены мощные рефлекторы. Работающие светильники, как и насос, будут выделять большое количество тепла, для удаления которого потребуется организация систем вентиляции камер» [6].

«Перелив воды и опорожнение бассейна производится в водосток, для удаления конденсирующейся влаги в камере установлен трап, присоединенный к водостоку» [39].

«В фонтанах со сложным оборудованием, большим количеством трубопроводов и насадок все основные коммуникации рекомендуется прокладывать в полупроходных каналах, а в центре в постаменте фонтана, устраивать камеру, доступную для осмотра. Лишь второстепенные, подводящие трубы в таких фонтанах можно замуровывать в конструкции» [6].

«В фонтанах со сложной композицией водяных струй, с большим расходом воды и с разной высотой струй желательно для каждой группы насадок устанавливать свой насос» [43]. Это увеличит стоимость сооружения, но значительно уменьшит стоимость его эксплуатации. «Для каждой группы насадок, как правило, устанавливается один рабочий агрегат» [6]. Лишь в случаях, когда недопустимы продолжительные остановки в работе фонтана или, когда отказ или повреждение одного агрегата испортит симметричность силуэта, следует устанавливать запасный агрегат.

Для насоса необходимо быть под напором, поэтому он должен располагаться ниже уровня воды в резервуаре, из которого насос забирает воду.

Мощность мотора насоса N , кВт, определяется по формуле:

$$N = q \cdot H \cdot \eta / (102 \cdot \eta_1) \quad (2)$$

Где q – расход воды, л/сек

H – напор, м

η – коэффициент перегрузки, принимается равным 1,10;

η_1 – коэффициент полезного действия насоса, определяется по каталогам завода-изготовителя, ориентировочно можно принимать 0,6 – 0,8.

Трубопроводы

«В качестве трубопроводов чаще всего применяются стальные и чугунные водопроводные трубы, но не исключено применение армированных металлопластиковых и медных труб. При прокладке труб в конструкциях фонтана, недоступных для осмотра, необходимо позаботиться о защите от коррозии, после чего покрыть антикоррозионными материалами трубы и фитинги.» [6]. При монтаже трубопроводов важно обращать внимание на герметичность соединений.

С точки зрения гидравлики и наибольшей эффективности желательно прокладывать трубы таким образом, чтобы уменьшить гидравлическое сопротивление трассы. Это достигается уменьшением количества отводов, тройников и врезок, а также выполнение указанных соединений более

плавными. Уменьшение гидравлического сопротивления трассы позволит увеличить давление на выходе из насадки, что, в свою очередь, увеличит высоту струи.

С той же целью необходимо стремиться к тому, чтобы скорость потока жидкости в трубах была незначительна и не превышала 0,5 – 0,6 м/с.

Для наибольшей эффективности фонтана необходимо придерживаться следующих правил:

«Отдельная струя должна иметь индивидуальное управление. Для этого на подводящих трубах ставятся ручные вентили (балансирующие клапаны) или клапаны с электроприводами при удаленном управлении работой фонтана. Регулирующие клапаны размещаются в помещении насосной. Из помещения насосной фонтан должен быть хорошо виден» [6].

Наклон и направление струи должен легко меняться при настройке фонтана. Достигается это с помощью свинцового или медного соединения трубы и насадки. Данная вставка позволяет не только менять наклон струи, но и, меняя сечение патрубка создавать гидравлическое сопротивление, что придаст новые варианты высоты или дальности горизонтального боя струи и изменения расхода воды насадкой [6].

«Установка и поддержка определенного уровня воды в резервуаре фонтана с обратным водоснабжением, достигается подпиткой воды через специальный вентиль или подводкой воды по трубе малого диаметра, отрегулированным на пропуск определенного количества воды. При отсутствии такого устройства происходит потеря воды в бассейне в следствии уноса ее ветром и испарения, и вызывает периодическую остановку фонтана в течение дня до наполнения бассейна вновь» [6].

Сток воды регулируется обустройством специальных переливов. Регулирование обеспечивает правильную работу всех насадок и создает необходимый уровень воды, обеспечивающий нормальный, штатный режим насосной установки» [6].

«Конструкция бассейнов и чаш должна обеспечивать полное удаление воды из них зимой. Для этого дно бассейна должно иметь уклон не менее 0,005 к сливному отверстию. Сливное отверстие должно защищаться решеткой, что избежать возможности засорения трубопровода листьями и мусором. Также трубопроводы необходимо прокладывать с уклоном по направлению к насосной или бассейну для возможности полного опорожнения системы» [6].

«Конструкция фонтанных насадок, выходящих на поверхность бассейнов, должна предусматривать возможность их снятия на время холодного периода» [6].

2.2 Расчет оборудования

Определение диаметров фонтанных трубопроводов и сопротивлений в них осуществляется исходя из следующих скоростей движения воды: в магистралях на подводке к кольцам или группам насадок – до 1,0 м/с, на разводящих и кольцевых трубопроводах – 0,5-0,6 м/с.

Потери давления определяются по формуле:

$$I = n^2 \cdot v^2 / (R^{2y+1}) \quad (3)$$

Где n – коэффициент трения

v – скорость потока воды, м/с;

R – гидравлический радиус для труб, равный $D/4$

Для труб малого диаметра можно принять значение показателя степени:

$$y = 2,5 \cdot n^{0.5} - 0.13 - 0.75 \cdot R^{0.5} \cdot (n^{0.5} - 0.1) \quad (4)$$

Каждую квадратичную формулу можно привести к выражению:

$$i = A \cdot q^2 \quad (5)$$

Потери давления на трение на участке определяется по формуле:

$$h = A \cdot l \cdot q^2 \quad (6)$$

где q – расход жидкости, л/с

A – удельное сопротивление, Па/м, вычисляется по формуле:

$$A = 1.6227 \cdot n^2 / ((d/4)^{2y+1} \cdot d^4) \quad (7)$$

Скорости движения воды определяется по формуле:

$$v = q / F = 4 \cdot q / (\pi \cdot d^2) \quad (8)$$

где F – площадь сечения трубы, m^2 ;

d – диаметр трубы, m

На рисунке 17 представлена схема равномерного распределения воды

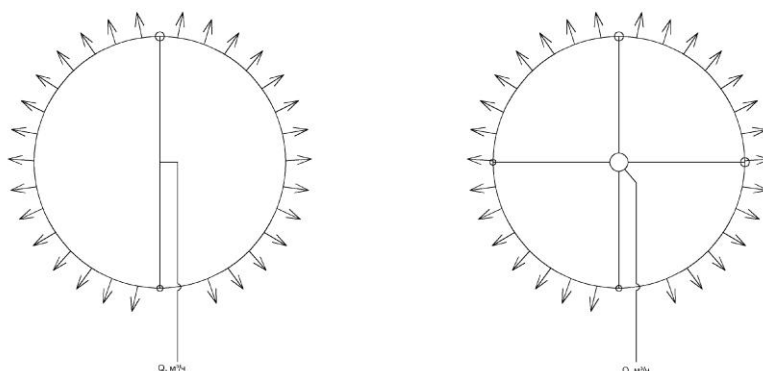


Рисунок 17 – Схема с равномерным распределением воды

«В тупиковых фонтанных трубопроводах или замкнутых кольцевых с просверленными отверстиями или большим количеством насадок, из которых бьют струи воды, происходит непрерывный ее расход по всей длине трубопроводов» [6].

Интенсивность расхода по всей длине трассы составит:

$$q = Q / l \quad (9)$$

где q - расход жидкости по длине, $л/(с \cdot м)$,

Q – общий расход, $л/с$

l – длина, $м$.

Для кольцевых систем интенсивность определяется:

$$q = 0.318 \cdot Q / D, \quad (10)$$

где D – диаметр, $м$

«Как правило, кольцевые трубопроводы для обеспечения примерно равного напора и одинаковой высоты струй получают питание водой не из

одной, а из нескольких симметрично расположенных на кольце точек. Поэтому расчет отдельных участков можно производить по аналогии с тупиковыми трубопроводами, без длительных расчетов по увязке колец» [45].

Согласно закону Дюпюи:

«При непрерывном расходе по всей длине участка эквивалентный расход, сосредоточенный на конце тупикового трубопровода или в точках схода кольцевых трубопроводов, находящихся по оси симметрии отдельных участков, составит» [6].

$$Q_{\text{экв}} = (1/3)^{0,5} \cdot q \cdot l = 0.55 \cdot q \cdot l = 0.55 \cdot Q \quad (11)$$

Итак, при расчете непрерывного расхода мы переходим к замене путевых расходов одним единственным сосредоточенным расходом 0,55, что получаем в конце участка.

«Кольцевые трубопроводы с неравномерными расходами воды в фонтанных системах встречаются редко и должны рассчитываться в соответствии с правилами расчета трубопроводов» [46].

При расчете выбираем напор h на самой дальней насадке, против направления движения воды в трубах, от которой и производится расчет.

Расход воды насадками зависит от их диаметра и напора и определяется по следующим формулам гидравлики.

В фонтанных системах происходит последовательное соединение точек расхода при смене расходе после каждой точки, следовательно:

$$h = h_1 + h_2 + \dots + h_n \quad (12)$$

т.е. потери суммируются и нарастают по мере увеличения расчетных участков и последовательного приближения к точке, откуда вода подается в сеть.

На рисунке 18 представлен пример расчетной схемы фонтанных трубопроводов.

Характеристика истечения B_n для форсунки является постоянной и вычисляется по формуле:

$$B_{\text{и}} = \mu^2 \cdot K_{\text{и}} \quad (13)$$

При свободном напоре H у самой отдаленной насадки расход воды будет составлять:

$$q = (B_{\text{и}} \cdot H) \quad (14)$$

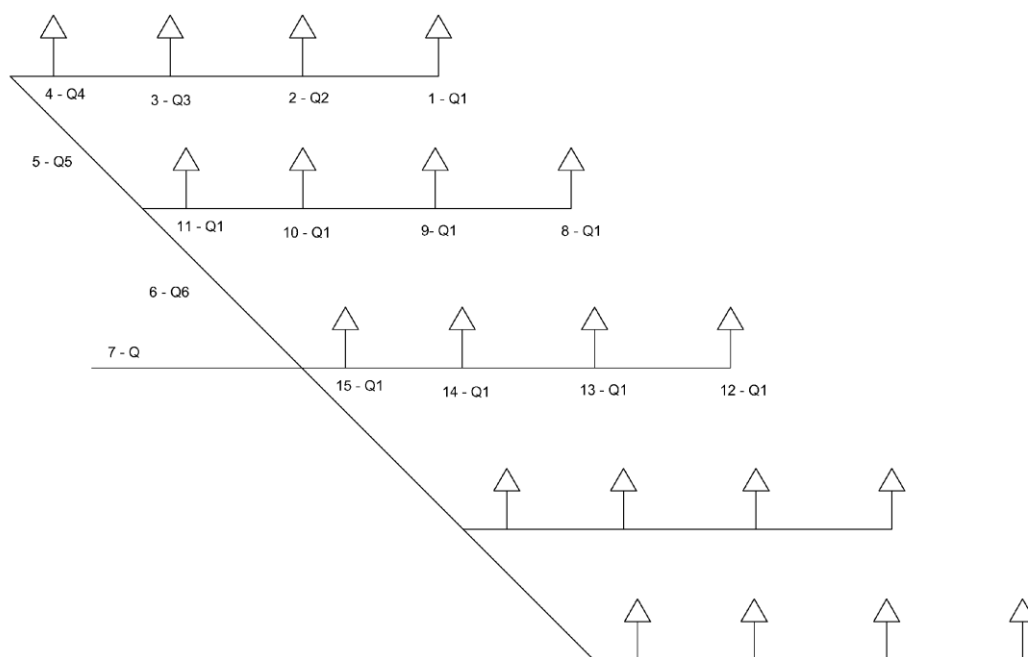


Рисунок 18 – Пример расчетной схемы

Местные сопротивления

При проектировании гидравлических систем в целях наибольшей эффективности следует учитывать все местные сопротивления. «Гидравлическая увязка осуществляется диаметрами; в случае затруднения увязки или ее невозможности вводятся дополнительные сопротивления в виде диафрагм или создавать сопротивления путем зажатия трубопровода, что вызывает его повреждения» [50].

Потери давления на местных сопротивлениях определяются по формуле:

$$h = \xi \cdot v^2 / (2 \cdot g) = \xi \cdot (2.88 \cdot q / (2 \cdot d))^2 \quad (15)$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления

Фонтанные насадки

Большинство фонтанных насадок производят из латуни, меди или бронзы, внутреннюю поверхность которых тщательно шлифуют. Шероховатости и дефекты на поверхности впоследствии приведут к быстрому разрушению струй в воздухе, в связи с этим не применяются стальные насадки, что быстро покрываются ржавчиной. Особое внимание уделяется обработке выходных отверстий сопел, обрез которых должен быть перпендикулярен к осям, по которым направлен поток жидкости [64].

Вертикальные, компактные струи можно получить, если выполнить плавный переход от трубопровода к форсунке, плавно выполнив переход от меньшего к большему диаметру, избегать турбулизации потока и обращать внимание на качество шлифованной поверхности насадок, что сильнейшим образом влияет гидравлическую характеристику системы. Дальнобойность или высота и форма струи определяется напором на выходе из насадки и конструкции последней.

«Оказавшись в воздухе, струя разрушается в виду воздействия силы тяжести, встречного турбулентного воздушного потока, создаваемого ветром, и за счет силы трения струи о воздух. Последней величиной, как правило, пренебрегают так как ее влияние крайне мало. Ламинарный поток на линейных участках преобразуется в турбулентный при прохождении потоком местных сопротивлений, и данная турбулентность способствует тому, что, струя при выбросе из насадки разрывается, что нарушает ее целостность» [6].

Для того, чтобы избежать дробления струи сразу на выходе из насадки необходимо стабилизировать поток, то есть сделать его ламинарным. Для этого перед выбросом необходим прямой участок, длина которого должна быть не менее $20d$. Если это обеспечить не удастся, то следует перед насадками на прямых участках устанавливать специальные выпрямители – успокоители струй, представляющие собой вставку из ряда пересекающихся

плоских пластинок (см. рисунок 19). Недостатком данных успокоителей – удорожание системы и создание дополнительных сопротивлений.

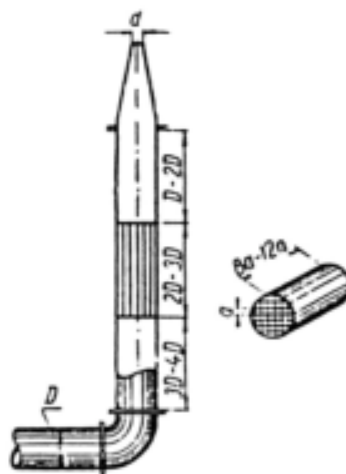


Рисунок 19 – Успокоитель струи перед насадкой

«Выпрямитель необходимо вставить на расстоянии не менее 3-4 диаметров трубы от фасонной части, служащей источником образования вихрей; выходной конец, более тонкий, должен находиться не ближе 1-2 диаметров до входа в насадку. Длина успокоителя должна быть в 12-15 раз превышать ширину его ячеек, а диаметр в 4-5 раз превышать диаметр насадок» [50].

Установка таких выпрямителей увеличивает полет струи на 8-10%.

«Для фонтанных установок чаще всего используются цилиндрические или коноидальные насадки, создающие сплошную неразрывную струю, или насадки, распыляющие воду»[6].

«Если для создания определенного художественного эффекта требуется раздробленная вертикальная струя или образование водяных фигур в виде колокола, снопа, спирали, то в этих случаях применяются насадки специальных конструкций» [53].

Расход через насадку Q , м³/с определяется по формуле:

$$Q = \mu \cdot F \cdot (2 \cdot g \cdot H)^{0.5} \quad (16)$$

Где μ – коэффициент расхода воды, зависит от насадки и от напора

F – площадь живого сечения выходного отверстия, м^2

H – напор у насадки (высота фонтанной струи), м

Для цилиндрических насадок расход определяется по формуле:

$$q = 0.003477 \cdot \mu \cdot d^2 \cdot H^{0.5} \quad (17)$$

где d – диаметр насадки, мм

«Для облегчения подсчетов приведенная формула может быть упрощена до формулы

$$q^2 = 0,00012105 \cdot \mu^2 \cdot d^4 \cdot H \quad (18)$$

Обозначая $0,00012105 \cdot d^4$ через $K_{\text{и}}$ и $\mu^2 \cdot K_{\text{и}}$ через $B_{\text{и}}$, получаем:

$$q^2 = B_{\text{и}} \cdot H \quad (19)$$

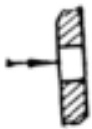
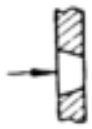
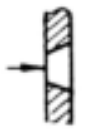
Откуда:

$$H = q^2 / B_{\text{и}} \quad (20)$$

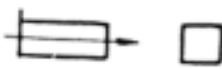
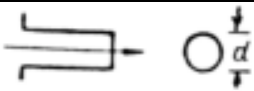
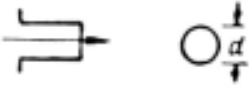
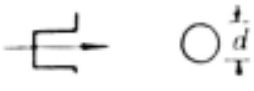
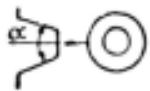
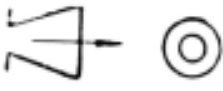
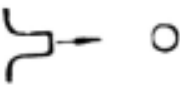
«Для коноидальных и пожарных наконечников, имеющих коэффициент расхода воды μ равный единицы, можно считать, что $K_{\text{и}} = B_{\text{и}}$. При насадках с другой величиной коэффициента расхода воды значения $B_{\text{и}}$ умножается на μ^2 принятой насадки» [6].

Величины коэффициентов истечения μ для различных отверстий и насадок приводятся в таблице 1 [52].

Таблица 1 – Характеристики насадок

№	Тип насадки	Эскиз	Коэффициент μ	Примечания
1	Отверстие в тонкой стенке		0,62	Для напоров больше 2 м коэффициент расхода уменьшается до 0,60 – 0,61
2	Отверстие Понселе		0,60 – 0,64	При $d > 30$ мм, и $h > 0,6$ м: $\mu = 0,6$ для меньших диаметров: при $d = 10$ мм $\mu = 0,64$ при $d = 20$ мм $\mu = 0,63$ при $d = 30$ мм $\mu = 0,62$
3			0,62	

Продолжение таблицы 1

4	Отверстие в тонком дне		0,64	
5	Квадратная насадка		0,82 – 0,84	
6	Треугольная насадка		0,79- 0,80 0,82- 0,83	Для напоров: До 1,0м Более 1,0 м
7	Насадка Вентури, длинная		0,82	Длина 3 – 4 d
8	Насадка Вентури, короткая		0,61	Длина менее 2d
9	Насадка Борда с выступающим внутрь резервуара концом		0,71 0,53	Длина более 3d менее 3d
10	Коническая сходящаяся насадка		0,92 0,945 0,857	Угол a = 5° a = 13° a = 45°
11	Коническая расходящаяся насадка		0,48	
12	Насадка по форме сжатой струи		0,97	
13	Пожарная насадка	-	0,98- 1,0	
14	Спринклерная головка	-	0,7- 0,75	

Струя, выбрасываемая из отверстия насадки, непрозрачная по причине того, что при выбросе происходит эжекция воздуха, то есть

окружающий форсунку воздух всасывается в струю воды из-за образования области низкого давления в месте сжатия струи.

Выполняя отверстие в месте сжатия, из струи воды исчезнет воздух и она станет прозрачной, как и струя, вытекающая из отверстия в тонкой стенке.

При использовании крупных насадках и сильных напорах есть вероятность отрыва струи от внутренней поверхности, если отсутствует соединение с наружным воздухом, что говорит о том. Что сечение в месте сужения струи будет меньше, чем сечение насадки. На это стоит обращать внимание при проектировании фонтанов со струями значительной высоты.

Сопротивление форсунок мало, и при расчете фонтанов ими можно пренебречь. На рисунке 20 изображены комбинированные фонтанные насадки – с вертикальной и наклонными струями. Первая насадка является точеным из латуни цилиндром с медными трубками

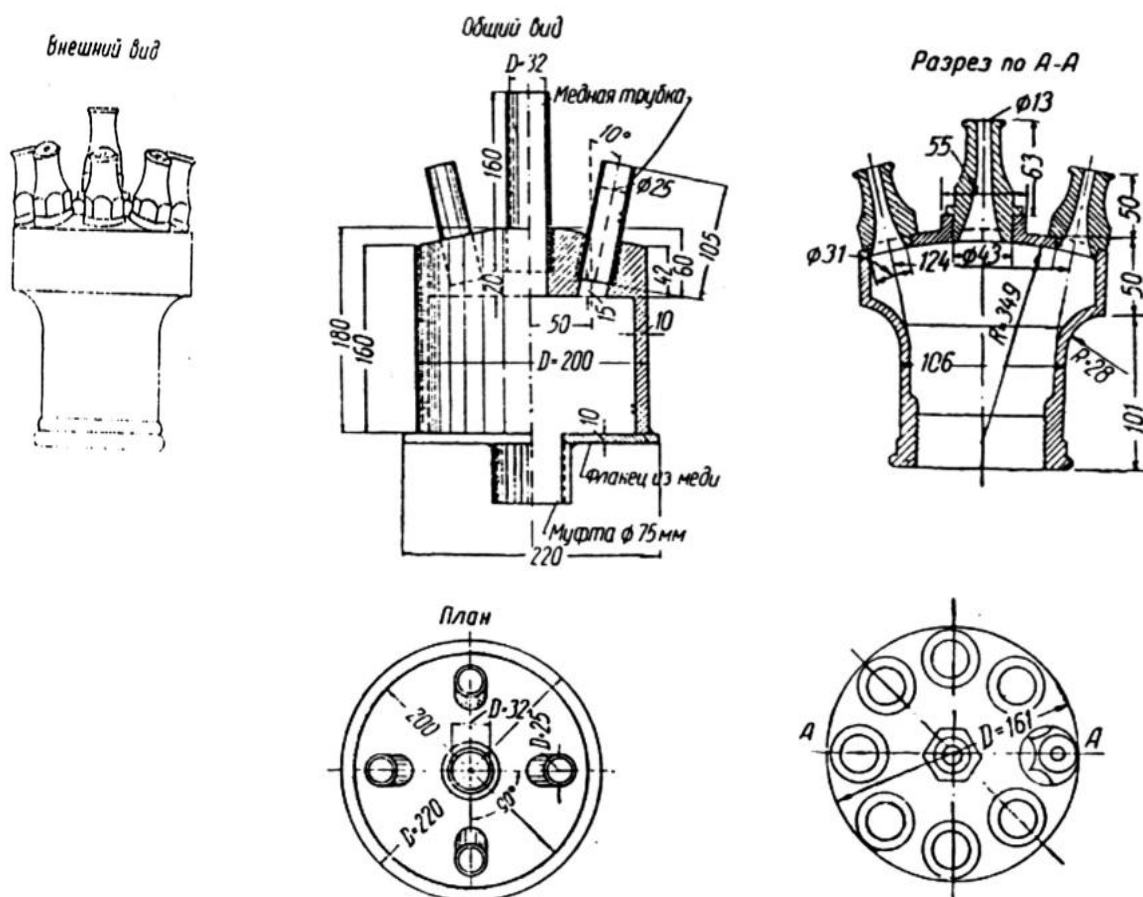


Рисунок 20 – Насадка с несколькими струями

«Более удачной конструкцией является насадка с боковым подводом воды, т.к. более длинный прямой участок трубы устраняет завихрения в ней. Отражательный конус на резьбе позволяет возможности регулирования размеров водяного тюльпана (рисунок 21)» [63].

«Красивые белые пенящиеся струи получаются при применении струйных эжекторных насадок (рисунок 22). Работа их основана на принципе передачи энергии потоков от большего к меньшему, например, при заборе воды из бассейна фонтана, находящегося в состоянии покоя» [63].

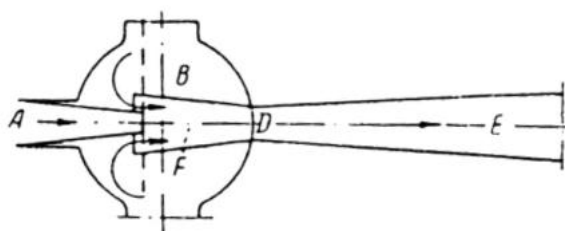


Рисунок 22 – Эжекторная насадка

Для получения мощных дальнобойных струй используются насадки с подсосом воздуха, работающие по принципу инъекции (рисунок 23)

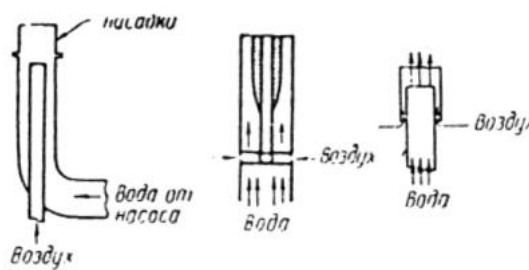


Рисунок 23 – Принципиальная схема аэрирующих насадок

«В менажерных насадках для этой цели можно применять полый сердечник, соединенный небольшими трубками с атмосферой. Аэрированные струи в таких наконечниках, имеющих большую преломляющую способность, гораздо эффективнее при дневном и, тем более при искусственном освещении» [6]. Воздух соединяется с водой, которая на большей высоте сохраняет форму конусообразного стержня. Эти насадки

обладают на 10-12% большей дальностью, чем обычные при том же напоре.

В южных регионах с низкой относительной влажностью в воздухе используют насадки, распыляющие воду на мелкие капли. Такие форсунки эффективно увлажняют и охлаждают окружающий воздух (рисунок 24)

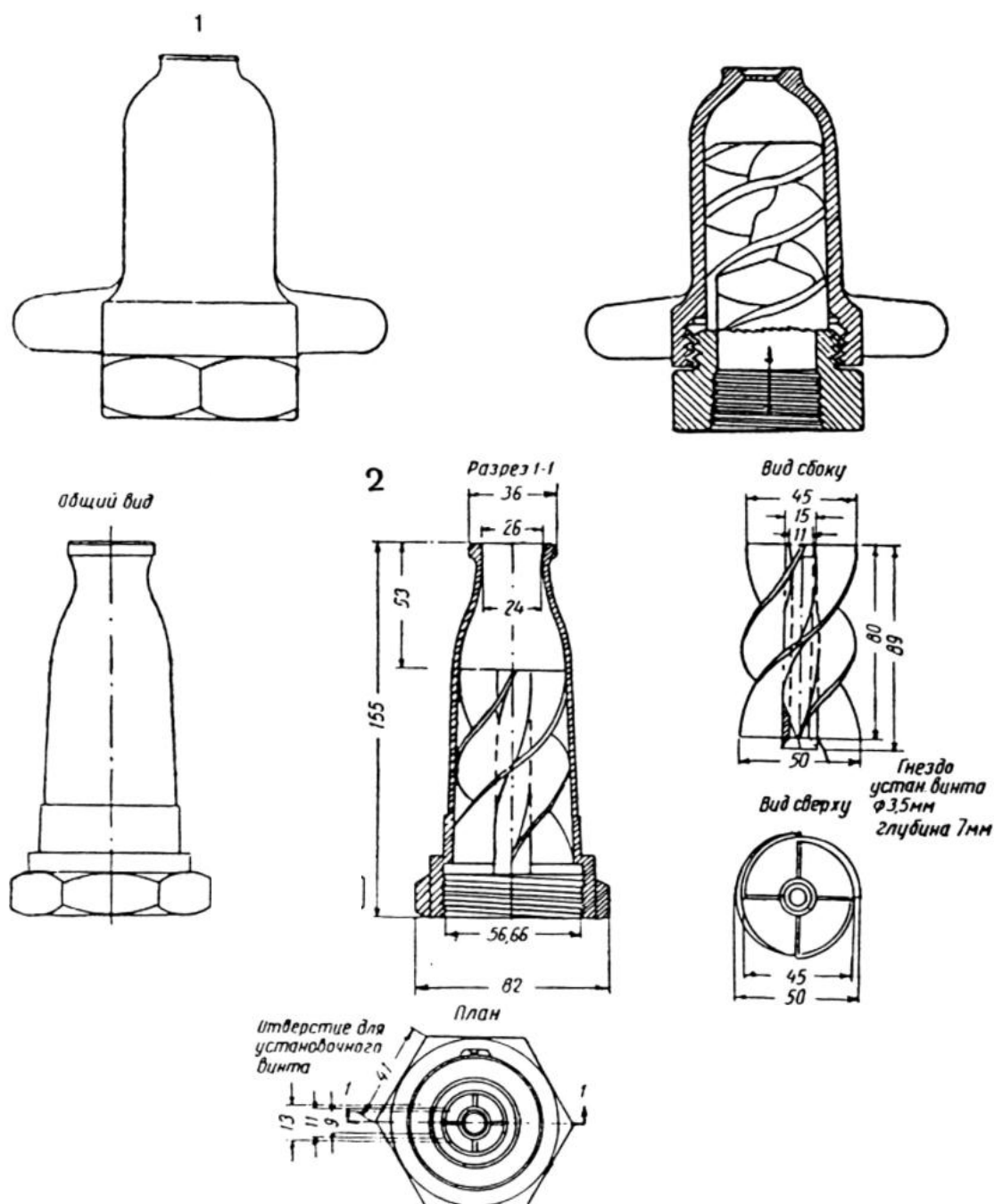


Рисунок 24 – Конструкция распыляющих насадок

«Для тех же целей можно использовать форсунки, применяемые в приточных вентустановках с кондиционированием воздуха и в промышленном водоснабжении. Данные насадки разделяются на винтовые и центробежные, разбрызгивание в которых достигается при турбулизации струи с помощью специальных спиралей, расположенных внутри насадки» [6].

Для получения более красочного и большего конуса фонтана можно применять многоструйные вращающиеся насадки. Несколько сопел в одной насадке, направленные в противоположные стороны загнутые спирали за счет реактивного вращения способны заставить струю вращаться, а также насадки ударного действия, особенностью которых является распыление воды друг в друга или, струи о струи, и насадки щелевого типа.

«Во избежание частого засорения эти насадки, расходующие сравнительно небольшое количество воды, лучше присоединять к трубопроводам, питающему фонтан непосредственно от городской сети» [58].

В системах с оборотной системой в виду загрязнения следует выполнять периодический тщательный уход за системой трубопроводов и самого резервуара, из которого поступает вода. Перед всасывающим патрубком насоса необходим сетчатый фильтр, позволяющий легко себя очистить от загрязнений. Кроме того, поблизости от фонтана в подземном колодце должен быть промывной кран со шлангом.

Расчет струй

Расчет струй иногда сравнивают с расчетом пожарных струй. Это сомнительное утверждение, так как для пожаротушения требуется, чтобы необходимое количество воды с минимальными потерями по объему достигло очага пожара, что осуществляется посредством компактных струй при большом напоре. Цель фонтанных струй - достижение максимального художественной выразительности при желательном малом расходе воды.

Все необходимые расчеты для фонтанных систем заключаются в подсчете расходов жидкости, форм траекторий струй и давления на выходе из насадок для подбора оборудования.

«Наличие целого ряда местных факторов, не учитываемых расчетом (заусеницы, незначительные сужения трубопровода в местах сварки, отсутствие экспериментальной проверки устанавливаемых насадок), вызывает отклонения от принятых в расчете величин, поэтому нельзя быть уверенным, что выполненная конструкция будет полностью отвечать расчету. В следствии этого при проектировании фонтанов со сложной композицией водяных струй необходимо для достижения желаемого эффекта предварительно производить экспериментальную проверку принятых в проекте величин» [59].

Последним этапом перед запуском проекта фонтана является тщательная регулировка, на которую следует обращать особое внимание при приемке и пуске фонтана.

«Струи в художественном исполнении фонтана могут быть вертикальными и наклонными. Для вертикальных и высоких струй необходимо, чтобы поток перед насадкой спрямился и стал ламинарным, так как при турбулизации струя быстро разрушается» [6].

Высота вертикальной струи S_v может быть определена по формуле Люгера:

$$S_v = H / (1 + \varphi H) \quad (21)$$

$$1/S_v = 1/H + \varphi \quad (22)$$

Где H – напор у насадки, м

φ – коэффициент диаметра насадки, определяется по формуле:

$$\varphi = 0,25 / (d + (0.1 \cdot d)^3)$$

Аналогичная формула для определения высоты вертикальных раздробленных струй была предложена Фриманом:

$$S_v = H \cdot (1 - 0,000113 H/d) \quad (23)$$

Расход воды можно определить по формуле

$$q = (B_H / (1/S_v - \varphi))^{0.5} \quad (24)$$

По указанным формулам вычисляется высота раздробленной части струи. Эта высота всегда меньше величины напора у насадки. При низких и слабых напорах эта разница уменьшается, и струя остается компактной до самой кроны. При условии, что $h <$ диаметра насадки, ствол струи исчезает, а крона превращается в водослив с круглым ребром, расход воды которого равен:

$$Q = 2/3 \cdot \mu \cdot D \cdot \pi \cdot h \cdot (2 \cdot g \cdot h)^{0.5} \quad (25)$$

«Струю по вертикали можно разбить на три части: основание, ствол и крону.

Крона имеет грибообразную форму, очертание которой при средних напорах достаточно стабильно, что используется в фонтанах для поддержания струей шара, выполненного из легкого сплава» [59].

При больших напорах крона имеет форму снопа, что объясняется влиянием пузырьков воздуха, захваченных струей.

«Для нормальной работы вертикальных струй необходимо, чтобы было поддержано правильное соотношение между высотой струи и размером водоема, из которого бьет эта струя. Чем выше струя и чем больше сила ветра, тем больше относ. капель струи за пределы поверхности водоема» [60].

Высота струи и размеры резервуара следует принимать такими, чтобы ветровое воздействие сносило струю только в пределах резервуара. Пренебрежение данным фактором приводит, во-первых, к бесполезным потерям воды, что важно при обратном водоснабжении, во-вторых, к переувлажнению цветников в округе, что приводит последних к гибели.

Скорость вертикальной струи постепенно снижается и достигает нуля в месте образования кроны.

Вода, замедляясь в кроне распадается на отдельные капли и под воздействием силы притяжения падает вертикально вниз в случае

безветренной погоды, но при наличии ветра капли отклоняются от вертикали. Скорость ветра существенно может влиять на художественную композицию фонтана.

Потери воды фонтанами

Важным фактором циркуляционных систем водоснабжения фонтанов является учет расхода воды, который теряется при разбрызгивании, уносе ветром и испарении. Унос ветром зависит от формы фонтанной насадки и, разумеется, силы ветра, и может быть принят равным 0,5-1,5% для цилиндрических насадок и 1,5-3,0% для насадок, распыляющих воду [6].

Количество влаги, испаряющейся с поверхности водоема, в основном зависит от влажности и температуры воздуха, а также от средней скорости ветра и вычисляется по формуле:

$$H_{\text{исп}} = 11,6 \cdot (I_m - I) \cdot (1 + 0.134 \cdot V_m) \quad (26)$$

Где $H_{\text{исп}}$ – слой испарения в бассейне за месяц;

I_m – максимальное парциальное давление водяных паров, мм рт.ст. (равна соответствующему количеству граммов водяного пара в 1м³ воздуха при данной температуре)

I – абсолютная влажность воздух, гр/м³

V_m – средняя скорость ветра за месяц, м/с

В конструкции фонтанной системы с оборотом воды следует учитывать, что необходимо постоянное восполнение утраченной воды и поддержание ее на заданном уровне, что осуществляется выполнением устройства подпитки в резервуаре фонтана – устройством специального крана (рисунок 25), или подведением водопроводной трубы от городской сети водоснабжения с отрегулированным на определенный расход вентилем.

«Для больших фонтанов со значительным расходом количество воды, поступающей через шаровой кран воды следует проверять расчетом на пропускную способность» [61].

При распылении воды специальными насадками следует добавить запас к подпитке на испарение воды в количестве 0,6 – 0,8 %.

В случае отсутствия устройств поддержания заданного объема воды в резервуаре фонтана будут возникать перерывы в работе фонтана вплоть до полного пересыхания оно, что осложняет эксплуатацию фонтана

Устройство переливов и выпуск воды из фонтанов

В прямоточных схемах фонтанных систем без повторного оборота воды последняя сбрасывается в водосток. Выпуск воды из фонтана в отдельную канализацию, как правило запрещен.

«В фонтанах с оборотной системой водоснабжения выпуск воды в водосток производится только при опорожнении бассейна фонтана или при его чистке. При недостаточной регулировке системы возможна постоянная утечка незначительного количества воды через переливы.

Выпуск воды при отсутствии водостоков можно производить и в канализацию.

Фонтанные бассейновые чаши должны иметь уклоны к одной-двум пониженным точкам, откуда можно было бы производить опорожнение фонтана в зимнее время» [62].

Для слива воды из резервуара в конструкцию включается труба небольшого диаметра с вентилем. Этот вентиль требуется для управления стоком воды при переливе и управлением формы струи, что позволит сделать ее более плавной.

Если, перелив через борты не предусмотрен, то в боковой поверхности бортов чаш предусматривается, перелив через решетку сбоку, от которого вода по трубе переливается в нижний бассейн.

Различные варианты переливов показаны на рисунке 11.

Расход воды через перелив определяется по формуле:

$$Q = \mu \cdot F \cdot (2 \cdot g \cdot H)^{0.5} = 2 \cdot 22 \cdot F \cdot H^{0.5} \quad (27)$$

Необходимая высота напора над отверстием перелива, обеспечивающая удаления расчетного количества воды составит:

$$H = Q^2 / (2 \cdot g \cdot \mu^2 \cdot F^2) \quad (28)$$

«Устройство переливов диаметром менее 75 мм нежелательно во избежание быстрого зарастания и засорения труб» [30].

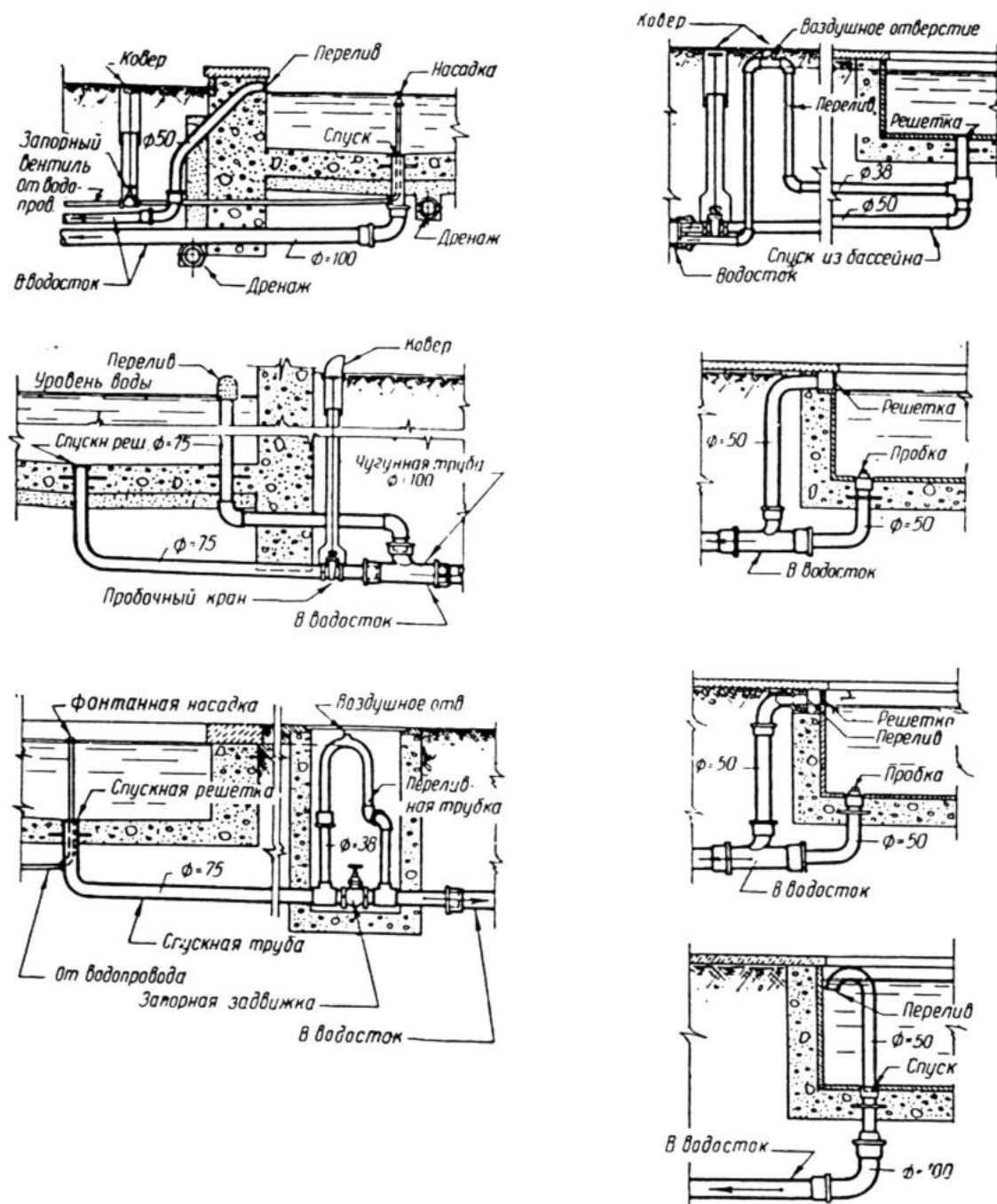


Рисунок 25 – Варианты переливов и выпусков

Освещение фонтанов и струй

«Искусство освещения фонтанов и фонтанных струй состоит главным образом в том, чтобы количество света, его яркость, контрасты света и тени, полихромность цветовой гаммы соответствовали архитектонике фонтана.

Правильное претворение в жизнь творческого замысла архитектора, гармоничный подбор цветов, синхронизация работы всех гидравлических и осветительных устройств, автоматизация управления фонтанам – все это является серьёзной задачей, которую должен разрешить инженер-электрик, проектирующий светотехнику и электрооборудование фонтана» [65].

Как и для любой другой качественной инженерной системы, осветительное оборудование должно быть максимально скрыто, за исключением тех случаев, когда имеются специальные требования к художественному оформлению фонтана. Подсветка фонтанных струй эффективна при освещении дна бассейна или поверхности сухого фонтана.

«Яркость и эффект освещения в значительной степени увеличиваются, если в струях выбрасываемой воды содержатся пузырьки воздуха, многократно отражающие свет. Внутреннее декоративное освещение водоемов и бассейнов затопленными лампами и прожекторами создает лучший световой эффект, чем свет, направленный на водную поверхность снаружи» [69].

Освещение применяется для следующих целей:

1. Для подводного освещения
2. Для освещения отдельных архитектурных элементов
3. Для освещения и придания художественной выразительности струям и каскадам
4. Для освещения переливов и водяных сводов

2.3 Выводы по главе 2

Система водоснабжения фонтана, как и любая другая система водоснабжения, должна отвечать требованиям по удобству монтажа и эксплуатации, по поддержанию хорошего качества питьевой воды и надежности, не допускать замораживания системы и обеспечивать консервацию ее в холодный период и т.д.

При проектировании водопроводных сооружений необходимо предусматривать наиболее рациональную схему водоснабжения, удешевляющую затраты на их эксплуатацию, снижение металлоемкости, стремление к компактности системы и рационализации технологий, внедрение эффективных конструктивных решений и т.д.

В качестве принципиальной схемы, принимаем схему с обратным водоснабжением и дополнительным резервуаром. Данная схема позволит снизить потребление питьевой воды из городского водопровода. Перед заполнением резервуара обратную воду требуется очистить до хорошего состояния согласно СанПиН.

Для сухого фонтана следует применить несколько отдельных групп насадок, что даст больше возможностей для художественной выразительности фонтанных струй и предусматривает несколько вариантов разбрызгивания. Регулирование высоты разбрызгиваемых струй можно осуществить как с помощью отдельного насоса на каждую группу струй (регулирование высоты происходит за счет изменения частоты вращения двигателя насоса, следовательно, изменение напора), так и с помощью одного рабочего насоса и нескольких балансирующих клапанов с сервоприводами на каждой группе насадок (увеличивая сопротивление на клапане уменьшится напор на выходе из насадки, следовательно, уменьшится высота разбрызгивания, и наоборот).

ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУХОГО ФОНТАНА

В данной главе рассматривается проектирование сухого фонтана в г.о. Тольятти с учетом технологических и эксплуатационных особенностей.

3.1 Выбор и обоснование места строительства и основные архитектурные решения

Для фонтана принимаем место строительства – Центральный парк г. Тольятти (рисунок 26), возле памятника Ленину. Рельеф местности – пологий; строения, деревья и подземные инженерные коммуникации на месте строительства – отсутствуют, что приведет к снижению затрат на капитальное строительство.



Рисунок 26 – Зона размещения сухого фонтана

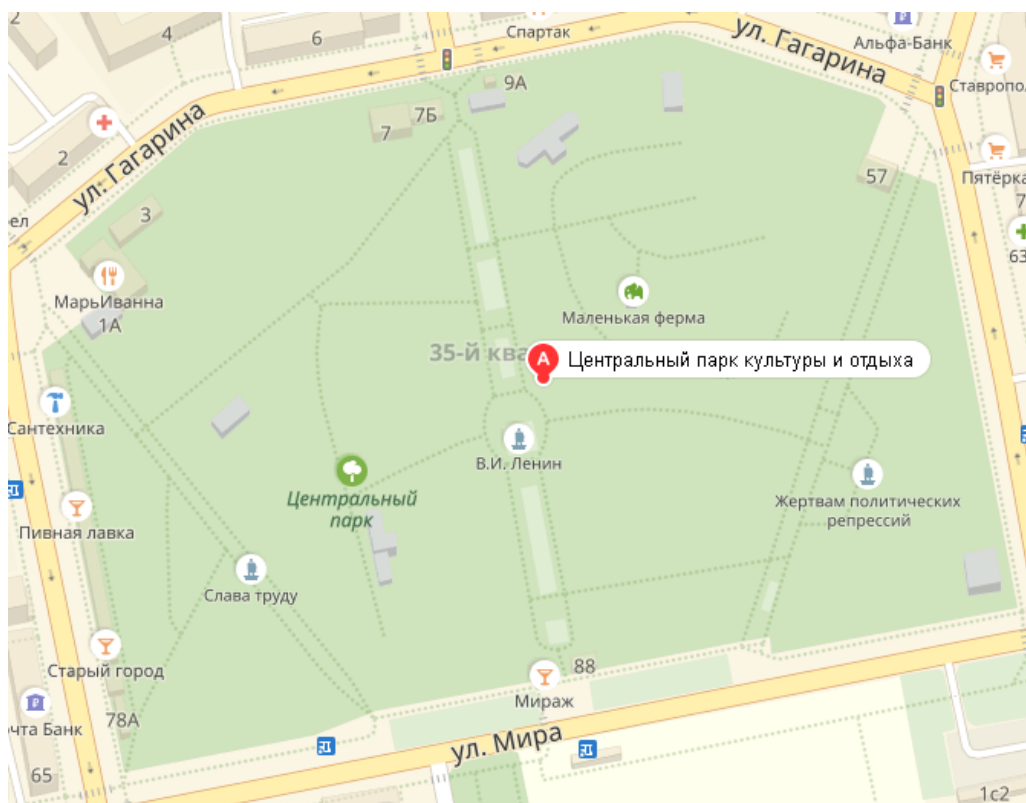


Рисунок 27 – Расположение сухого фонтана

Зона застройки включает в себя – фонтан (Ф) размером 24х24 м с пешеходной дорожкой шириной 2,5 м вокруг себя и комнату управления (КУ), состоящей из надземной части, внутри которой расположено оборудование для управления фонтаном, и подземной, в которой находится насосное оборудование, распределительные гребенки и оборудование для очистки воды.

Художественное оформление фонтана рассматривается в виде схемы «шахматы» с ячейками 3,0х3,0 м в количестве 8х8 шт (рисунок 28).

Фонтанные насадки приняты двух типов: «распылители» и струйные насадки с регулировкой по дальности – 1 и 2,5 м. Вариант «шахматы» включает в себя регулировку дальности струй от 1,0 и 2,5 м в шахматном порядке.

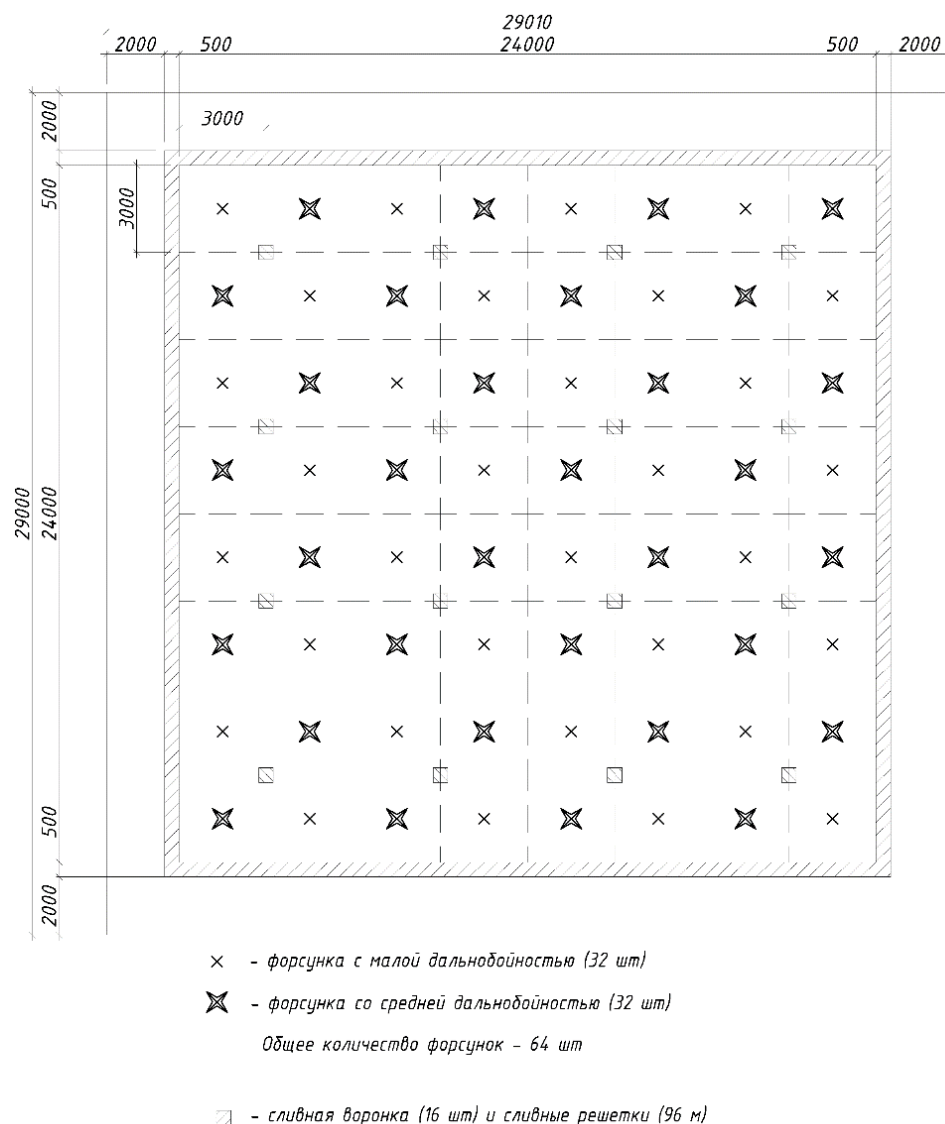


Рисунок 28 – План фонтана

По периметру фонтана предусматривается пешеходная дорожка шириной 2 м и полоса 0,5м сливного канала, перекрытого защитными решетками.

Системы водоснабжения и водоотведения подключаются к существующим сетям. Подключение включает себя установку новых колодцев и прокладку сетей от точки подключения до комнаты управления и фонтана (рисунок 29).

3.2 Выбор схемы водоснабжения и определение необходимых расходов

Система водоснабжения – это комплекс взаимосвязанных инженерных сооружений, обеспечивающих прием воды из природного источника (водозаборные сооружения), доставку ее (водоводы), подготовку ее до необходимого качества (очистные сооружения), нагнетание (насосные станции) и передачу ее до потребителей (магистральные и распределительные сети), «а также бесперебойный отбор требуемого количества воды с заданным напором в нужном режиме» [71].

В качестве расчетной схемы примем оборотную схему водоснабжения с повторным использованием очищенной сточной воды (рисунок 30) - предполагается, что сточная вода после очистки используется для восполнения системы оборотного водоснабжения, если она по качеству соответствует необходимым требованиям [41]

Водный баланс при данной схеме определяется по формуле:

$$Q_{\text{ист}} = Q_{\text{сбр}} + Q_{\text{ос}} + Q_{\text{шл}} + Q_{\text{пот}} ; \quad (29)$$

где $Q_{\text{ист}}$ – расход воды, забираемый из источника, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$Q_{\text{сбр}}$ – расход воды, сбрасываемый в канализацию после очистки, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$Q_{\text{ос}}$ – потери воды с влажным осадком на очистном оборудовании, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$Q_{\text{шл}}$ – потери воды с влажным шламом на очистном оборудовании, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$Q_{\text{пот}}$ – безвозвратные потери воды на технологическом участке, $\text{м}^3/\text{ч}$;

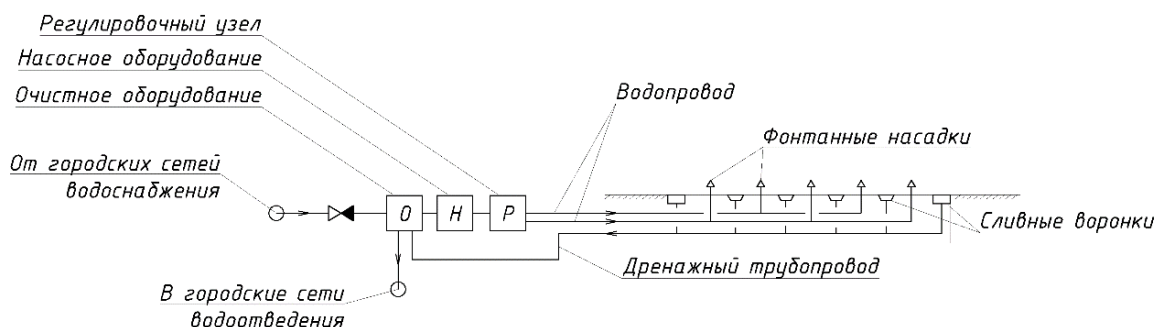


Рисунок 30 – Принципиальная схема сухого фонтана

В качестве фонтанных насадок применим насадки фирмы Vodalux [72].
Выбор фонтанных насадок сведен в таблицу 4.

Для системы водоснабжения важно определить наибольший расход воды. Расходы при каждом типе насадок сведен в таблицу 2.

Таблица 2

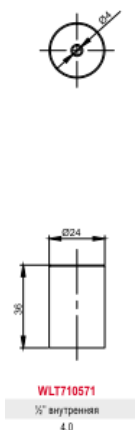
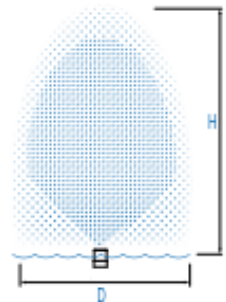
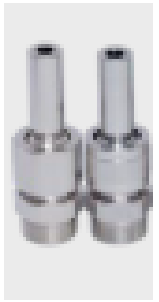
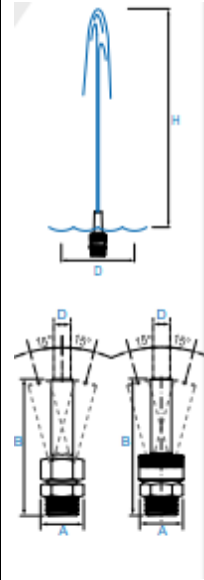
Вариант фонтанной насадки	Количество насадок с дальностью, шт	Общий расход, л/с (м³/ч)
Распылитель	32	8.3 (30.1)
Одноструйная насадка (дальность 1 м)	64	5.76 (20.7)
Одноструйная насадка (дальность 2,5 м)	64	8.96 (32.3)
Максимальный расход $Q_{\max}$, л/с (м³/ч)		8.96 (32.3)

Потери воды фонтаном определим по формулам, указанным в главе 2 и сведем расчет в таблицу 3.

Таблица 3

Вид потерь	Расчетная формула	Расчет	Потери воды
Унос ветром Q_v	$0,5 \div 1,5\%$ от общего расхода в зависимости от скорости ветра	$0,015 \cdot 32.3$	$0.48 \text{ м}^3/\text{ч}$
Испарение $Q_{\text{исп}}$	$H_{\text{исп}} = 11,6 \cdot (I_m - I) \cdot (1 + 0.134 \cdot V_m)$	$11,6 \cdot (24,84 - 16,7) \cdot (1 + 0,134 \cdot 3,2)$	$134 \text{ мм/мес} = 0,13 \text{ м/мес} = 0,00018 \text{ м/ч}$ Принимая во внимания площадь водосбора фонтана $24 \times 24 \text{ м}$, расход воды на испарение составит $0,1 \text{ м}^3/\text{ч}$
На разбрызгивание $Q_{\text{разбр}}$			$32.3 \text{ м}^3/\text{ч}$
Уравнение водного баланса: $Q_{\max} = Q_{\text{разбр}} + Q_v + Q_{\text{исп}}$ $32.9 = 32.3 + 0.48 + 0,1$			

Таблица 4

Тип	Марка форсунки	Расход, л/с	Напор, м	Внешний вид	Форма струи	Иллюстрация
1. Распылитель (высота струи 0,5)	Spraying Fog Jet WLT710571 	0,26	14	 WLT710571 3/4" внутренняя 4,0		
2. Малой дальности (высота струи 1,0-2,5)	Smooth Bore MS-0305 	0,09-0,14	1,3-2,9	 MS-0305, MS-0305L 3/4" нап. 5,0 22 x 62		

Проверим рациональность выбранной схемы по формуле 1 [6]:

$$N_{\text{ф}} P_{\text{эл}} < Q_{\text{ф}} P_{\text{в}};$$

Где $N_{\text{ф}}$ – мощность, потребляемая фонтаном в кВт/ч

$P_{\text{эл}}$ – стоимость 1 кВт/ч электроэнергии

$Q_{\text{ф}}$ – расход воды, м³/ч

$P_{\text{в}}$ – стоимость 1 м³ воды

Ориентировочно примем насос мощностью 4 кВт по характеристикам расхода 32,3 м³/ч и напора 20 м. Стоимость 1 кВт в г. Тольятти составляет 3,84 руб/кВт [73]. Стоимость 1 м³/ч воды составляет 19,62 руб/м³ [74].

Составим уравнение:

$$4,0 \cdot 3,84 < 32,9 \cdot 19,62$$

$$15,36 < 645,1 \text{ – отношение } 1:41$$

Неравенство выполняется, а значит использование схемы с оборотным водоснабжением – рационально.

3.3 Требования к качеству воды

Вода, используемая в сухом фонтане, предполагает активное, прямое взаимодействие с человеком, не столь интенсивно, как в плавательном бассейне, но все же вода может проникать в организм человека через рот, нос и уши. В связи с этим, к воде предъявляются по основным показателям требования, что предусмотрены ГОСТ для питьевой воды [44]. В воде должны быть созданы условия, препятствующие размножению бактерий и микрофлоры.

По аналогии с плавательными бассейнами [75], для систем оборотного водоснабжения показательным является прирост содержания хлоридов и аммиака, что свидетельствует о загрязнении воды органическими веществами, приносимыми извне; также допускается увеличение содержания хлоридов в воде не более 50-60 мг/л, а аммиака – не более 0,5 мг/л. О загрязнении также можно судить по окисляемости, которая не должна превышать 3 мг/л. Выделим наиболее значимые требования и сведем их в таблицы 5-8.

Таблица 5 – Эпидемиологические требования

Показатель	Единицы измерения	Нормативы
Термотолерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 00 мл	Отсутствие
Общие колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие

Продолжение таблицы 5

Общее микробное число	Число образующих колонии бактерий в 1 мл	Не более 50
Колифаги	Число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл	Отсутствие
Споры сульфитредуцирующих клостридий	Число спор в 20 мл	Отсутствие
Цисты лямблий	Число цит в 50 мл	Отсутствие

Таблица 6 – Содержание химических веществ

Показатели	Единицы измерения	Нормативы (предельно допустимые концентрации (ПДК), не более
1	2	3
Водородный показатель	единицы pH	7,2 - 7,8
Общая минерализация (сухой остаток)	мг/л	1000 (1500)
Жесткость общая	мг-экв./л	7,0 (10)
Окисляемость перманганатная	мг/л	3,0
Нефтепродукты, суммарно	мг/л	0,1
Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионоактивные	мг/л	0,5
Фенольный индекс	мг/л	0,25

Таблица 7 – Содержание вредных веществ при ее обработке

Показатели	Единицы измерения	Нормативы (предельно допустимые концентрации (ПДК), не более	Показатель вредности	Класс опасности
Хлор				
- остаточный свободный	мг/л	в пределах 0,3-0,5	орг.	3
- остаточный связанный	""	в пределах 0,8-1,2	""	3
Хлороформ (при хлорировании воды)	""	0,2	с.-т.	2
Озон остаточный	""	0,3	орг.	
Формальдегид (при озонировании воды)	""	0,05	с.-т.	2
Полифосфаты (по)	-	3,5	орг.	3
Остаточные количества алюминий- и железосодержащих коагулянтов	""	см. показатели "Алюминий", "Железо" таблицы 2		

Таблица 8 – Благоприятные органолептические свойства воды

Показатели	Единицы измерения	Значение, не более
Запах	баллы	2
Привкус	""	2
Цветность	градусы	20
Мутность	мг/л (по каолину)	3

Вода должна отвечать следующим требованиям:

1. Требования, предъявляемыми международными нормами и Государственной санитарной инспекцией, а также вода должна быть бактерицидной, т.е. способной уничтожать вносимые бактериальные загрязнения
2. Обеззараживающий реагент, должен быть полностью смешан с водой

3. Резервуары должны поддерживаться в чистоте и систематически очищаться, то же относится к покрытию и дренажу

В состав оборудования, обеспечивающего очистку и дезинфекцию циркулирующей воды, входят:

1. Устройства для удаления крупных загрязнений и случайных предметов (грубая очистка)
2. Установки для изъятия из воды высокодисперсных примесей, что влияют на мутность и цветность воды (тонкая очистка)
3. Обеззараживающие установки
4. Коагулирование и подщелачивание
5. Насосные установки
6. Водоподогреватели
7. Системы автоматического управления и контрольно-измерительные приборы

Крупные загрязнения, такие как листья, ветки, бумажный мусор и подобное, случайно оказавшиеся на площадке сухого фонтана, задерживаются решетками, что установлены на сливных воронках на площадке фонтана и в решетках на дренажном трубопроводе на входе в комнату управления. Размер отверстий в решетках 10-12 мм при обеспечении скорости движения воды в них 1-1,5 м/с

Для извлечения более мелких загрязнений, таких как окарины, травы, волос и так далее, применим грубые фильтры, представляющие собой герметичные стальные сосуды со вставляемыми в них сетчатыми стаканами, с размером ячейки сетки 2 мм. Вместо фильтра с сеткой, можно применить грубый фильтр с гидравлической промывкой, заполненный гравием.

Вода загрязняется грубо- и тонкодисперсными примесями в результате повседневной эксплуатации, а также становится более мутной и цветной, что обусловлено коллоидально-растворенными веществами. Во избежание данных процессов, используют коагуляцию, и в качестве коагулянта применяют сернокислый алюминий и железный купорос. В процессе

коагуляции может понизится щелочность обрабатываемой воды, для ее повышения применим небольшое количество щелочи в виде кальцинированной соды.

Для ускорения процесса коагуляции, а именно ускорения растворения коагулянта в растворные баки подают сжатый воздух и подогретую воду до 40 °С. Расход воздуха составит 8-10 лс на 1м² площади бака для растворных баков и 3-5 л/с на 1 м² для расходных баков

Для регулирования расхода коагулянта применим поплавковые дозаторы.

Осветление и обесцвечивание воды произведем с помощью скорых напорных фильтров с зернистой загрузкой или с намывным фильтрующим слоем из керамзита.

«Качество воды в значительной степени зависит от метода и режима обеззараживания воды. Независимо от схемы водоснабжения должно выполняться общее требование – обязательная дезинфекция воды»[75].

Существующие множество методов дезинфекции, которые в общем разделяются на реагентные, безреагентные и комбинированные.

«К реагентным относятся хлорирование, озонирование, олигодинамия (обработка ионами серебра, меди), бромирование, йодирование и т.д» [75]

К безреагентным методам относятся обработка бактерицидными ультрафиолетовыми лучами, ультразвуком и др.

Основные загрязнения в воду будут вноситься от посетителей фонтана и окружающей среды. Фонтан являясь общественным местом, как и плавательный бассейн, представляет собой вероятный источник эпидемических заболеваний, и если для доступа к бассейну необходимо предоставлять определенные медицинские справки, то для доступа к сухому фонтану запрашивать справки не является возможным.

«Для предотвращения вспышки эпидемических заболеваний и обеспечении надлежащего санитарного состояния вода должна быть бактерицидной, т.е. способной уничтожать вносимые бактериальные

загрязнения. Следовательно, методы обработки должны действовать в течении длительного времени. Безреагентные методы не способны придавать воде бактерицидные свойства, т.е. не обладают «остаточным последствием», но при этом способны уничтожать споровые и другие формы бактерий. Кроме того, безреагентные методы слишком дорогие при своей недостаточной эффективности, поэтому рассмотрим реагентные методы хлорирования и озонирования» [75].

Наибольшее распространение получило хлорирование воды среди методов обеззараживания ввиду его высокой степени эффективности. Помимо этого, при его применении вода перенимает его бактерицидные свойства, в виду того, что хлор и хлорсодержащие соединения не улетучиваются в течение длительного времени.

«В результате взаимодействия хлора с протеинами и аминокислотами, содержащимися в оболочке бактерий и их внутриклеточном веществе, происходят окислительные процессы, химические изменения внутриклеточного вещества, распад структуры клеток и гибель бактерий и микроорганизмов» [75].

Процесс обеззараживания хлором или хлорсодержащими препаратами сопровождается введением таких доз, при которых по окончании окислительных процессов органических веществ в воде оставались излишки хлора, или так называемый остаточный хлор.

Данный процесс протекает неравномерно: количество избыточного хлора увеличивается с увеличением дозировки вводимого хлора до количества, требуемого для окисления всех имеющихся в воде органических веществ. «При дальнейшем увеличении дозы вводимого хлора концентрация остаточного хлора падает до минимума, при котором исчезают в воде привкусы и запахи (особенно хлорфенольные), а после этого наступает перелом, и дальнейшее увеличение дозы хлора приводит к пропорциональному увеличению концентрации свободного активного остаточного хлора» [75].

Эффективность хлорирования ограничивается пределом сверху равным $pH = 7,8$. При $pH > 7,8$ уменьшается бактерицидная эффективность хлорирования, возрастает мутность и цветность, что приводит к возможному обрастанию трубопроводов и фильтров. Чтобы сохранить бактерицидный эффект хлорирования в этом случае приходится увеличивать концентрацию хлора в воде, в результате чего происходит раздражение слизистой оболочки глаз и носа. Снизу эффективность ограничена пределом $pH = 7,2$. При следующем снижении pH произойдет усиление окислительных процессов, в результате чего возникает коррозия, дальнейшее увеличение концентрации остаточного хлора ведет к раздражению слизистой оболочки глаз. Усиленная коррозия системы рециркуляции происходит при $pH < 6,5$, вода становится крайне агрессивной.

Как итог можно подвести, что хлорирование является доступным, относительно дешевым и эффективным средством, но необходимо вести постоянный контроль за состоянием обработанной воды, которая не должна как вредить пользователям (раздражение слизистой), так и вызывать коррозионные процессы в системе.

«Озон применяется не только для обеззараживания воды, но и для улучшения ее физических и органолептических свойств – обесцвечивания и дезодорации. Озоном уничтожаются бактерии, споры, вирусы и разрушаются органические вещества, растворенные в воде. Озон более эффективен, чем хлор, при уничтожении спор и разрушении плотных оболочек одноклеточных микроорганизмов, микроводорослей и простейших. Снижение цветности воды при озонировании возрастает с повышением значения pH . Применение озона эффективно также для устранения из воды железа и марганца, при этом растворимые соли преобразуются в нерастворимые, легко задерживаемые фильтрованием» [75].

При обработке озоном, вода приобретает голубую окраску, да и растворенные в воде минералы не меняют своего состава. Природные свойства воды не изменяются при озонировании, а его избыток не ухудшает

качества воды. Озонирующие установки работают по принципу пропуска предварительно очищенного и осушенного воздуха между электродами при тихом электроразряде переменного тока высокого напряжения (свыше 1000В). Затем озонированный воздух добавляют в эмульгатор (или смеситель) где происходит смешивание с водой. Расход электроэнергии составит 28—87 кВт·ч для получения 1 кг озона. «Расход энергии для обеззараживания 1 м³ воды составляет 120 Вт» [75].

Сравнивая озонирование с методом хлорирования получим ряд преимуществ:

- а) озон не требуется завозить на объект, так как его получают на месте (в отличие от привозного хлора);
- б) избыточное содержание озона в воде не приводит к раздражению слизистой оболочек глаз и носа.

Однако имеются и существенные недостатки:

- а) большие затраты на электроэнергию при процессе обеззараживания воды, ввиду высокого напряжения и тока высокой частоты;
- б) быстрое разложение озона;
- в) малая предельно допустимая концентрация озона в воздухе (0,001 мг/м³).

В начале главы 3.2 была проведена проверка схемы оборотного водоснабжения на рациональность. Проверка показала, что обратная схема с высоким электропотреблением в 41 раз дешевле по эксплуатации прямоточной схемы с забором воды и последующим сбросом ее в канализацию. Электропотребление озонирования для расхода 32,3 м³/ч составит ориентировочно 4 кВт·ч, при повторной проверке на рациональность обратная схема с озонированием в 20 раз дешевле по эксплуатации нежели чем прямоточная схема.

С другой стороны, электропотребление метода хлорирования значительно ниже метода озонирования, но возникает проблема с доставкой хлора и контроля его содержания, в то время как при озонировании

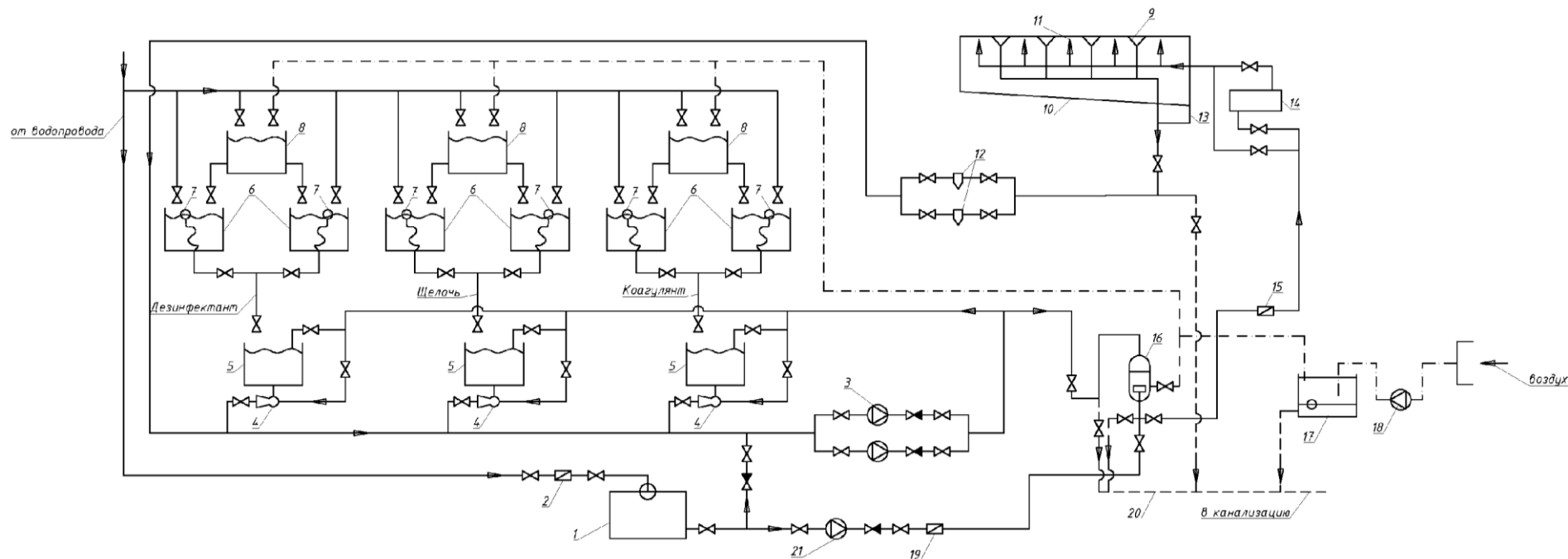
обеззараживающий материал получают из окружающего воздуха, а количество озона только необходимо поддерживать на минимальном уровне и превышении этого уровня не вызовет никаких отклонений.

При низкой цене электроэнергии вполне допустимо применять озонирование для обеззараживания воды в фонтанах.

Рассмотрим обратную схему фонтана более подробно (рисунок 31).

Вода из городских сетей водоснабжения поступает в обратную систему через бак с разрывом струи 1. Заполнение ванны осуществляется циркуляционными насосами 3. Режим наполнения и подпитки на циркуляционной водопроводной линии контролируется системами автоматизации, расход воды определяется по водосчетчику 2 что установлен перед промывным баком.

Водообмена из сухого фонтана 10 происходит через выпуски на дне, а затем попадает в грубые фильтры 12. Предварительно очистившись от крупных загрязнений вода нагнетается для глубокого осветления в напорные фильтры 16. В скоростных водонагревателях 14 вода очищается и подогревается, а затем вновь поступает резервуар через впуски 11, предназначенные для циркуляции. Измерение расход выполняется при помощи дифманометра-расходомера 15 со специальным сужающим устройством, размещенным на трубе после фильтров.



1 – бак, 2 – водосчетчик, 3 – циркуляционный насос, 4 – эжектор, 5 – бак с воздухом, 6 – расходный бак с раствором, 7 – поплавковый дозатор, 8 – растворный бак, 9 – переливной лоток, 10 – сухой фонтан, 11 – циркуляционные впуски, 12 – грубые фильтры, 13 – сливная воронка, 14 – скоростной водонагреватель, 15 – расходомер, 16 – напорный фильтр, 17 – газосборник-ресивер, 18 – воздухоудовка, 19 – расходомер, 20 – дренаж, 21 – промывной насос

Рисунок 31 – Подробная схема обратного водоснабжения

Вода, распыленная по площадке фонтана, не успев собраться в лужи, переливается через трапы 9 на линию всасывания циркуляционного насоса. При необходимости можно перенаправить воду от трапов к сбросу в водосток или канализацию.

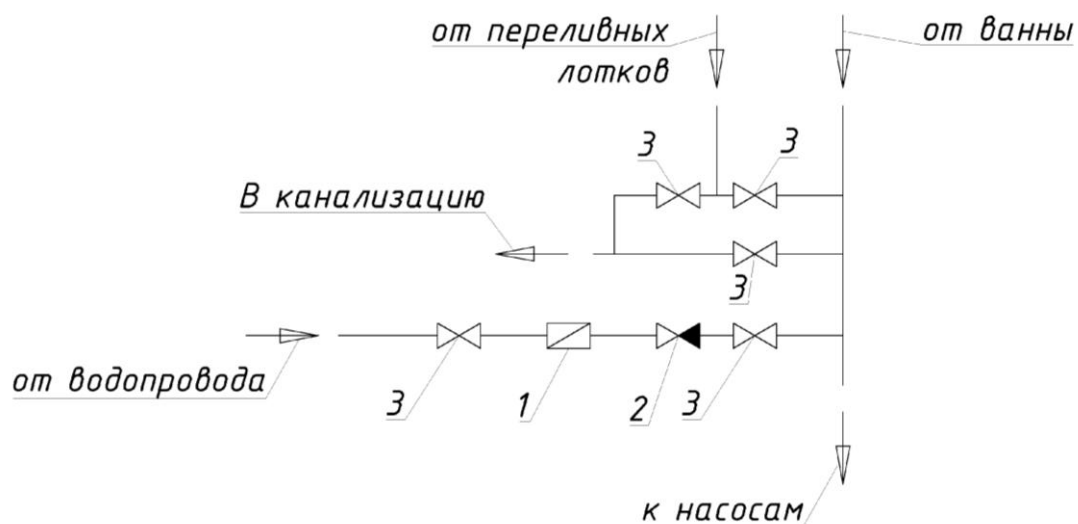
Водоподготовка, включающая установки по обеззараживанию, коагулированию и подщелачиванию воды в циркуляционном контуре, осуществляется с помощью ввода растворов реагентов в трубу на всасывании циркуляционных насосов. В растворных баках 8 осуществляется подготовка реагентов, для лучшего перемешивания растворов к бакам подведена линия сжатого воздуха. Вода отстаивается в растворных баках и подается в расходные баки 6. Дозировка осуществляется с помощью поплавковых дозаторов 7. Растворы реагентов во всасывающую линию подаются с помощью эжекторов 4, что установлены на циркуляционном контуре, монтаж идет вместе с бачками 5, выполняющими функцию преграды для подсоса воздуха.

Промывку фильтров выполняют с помощью промывного насоса 21. Интенсивность промывки контролируется дифманометра-расходомера 19, после промывного насоса.

После промывки вода сливается в дренаж 20, что позволяет осуществить контроль за промывкой фильтров.

Водокольцевая воздуходувка 18 подает сжатый воздух для более интенсивного процесса промывки фильтров, растворения реагентов и перемешивания воды, которая укомплектована газосборником-ресивером 17.

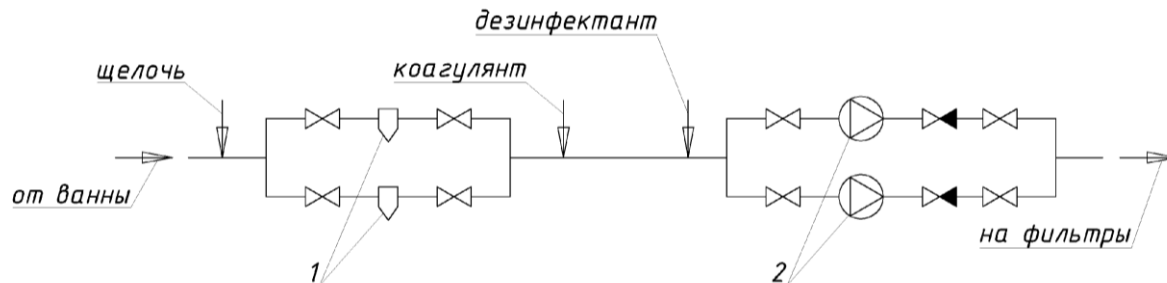
На рисунке 32 обозначена схема питания циркуляционной системы обратного водоснабжения от городского водопровода, что выполняется без разрыва струи. Для того, чтобы предотвратить возможный перелив воды из внутреннего контура во внешний соединительные перемычки оборудуют обратными клапанами с задвижками.



1 – Водомер, 2 – обратный клапан, 3 – задвижка

Рисунок 32 – Схема подключения к хозяйственно-питьевому водопроводу

На рисунке 33 показана рекомендуемая последовательность ввода реагентов во всасывающую линию рециркуляционного контура.



1 – грубый фильтр, 2 – циркуляционный насос

Рисунок 33 – Схема ввода реагентов

3.4 Выводы по главе 3

От выбора художественной схемы зависит энергопотребление фонтана, в первую очередь количество разбрызгиваемой воды и ее стоимость. В контексте экономии энергоресурсов следует применять схемы с обратным водоснабжением, при условии ее рациональности.

Сформирована художественная схема фонтана, приняты типы форсунок и их количество, рассчитан максимальный расход воды и принята схема обратного водоснабжения, прошедшая проверку на рациональность.

Ввиду использования обратной схемы, принципиальная схема обработки и использования воды будет идентична обработке воды в плавательных бассейнах.

Основные положения диссертации опубликованы в 2х статьях автора:

1. М.И. Петров, В.М. Филенков. Сухие фонтаны. В сборнике Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России: XV Международная научно-практическая конференция / МНИЦ Пензенский ГАУ. – Пенза: РИО ПГАУ, 2017. – 116 с.
2. М.И. Петров, В.М. Филенков. Эволюция фонтанов. В сборнике: Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии: сборник статей XX Международной научно-практической конференции / МНИЦ ПГАУ. – Пенза: РИО ПГАУ, 2018. – 98 с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В связи развитием технологического прогресса первоначальная цель фонтанов как снабжение водой потребителей для хозяйственно-бытовых целей стала отходить на второй план уступая место целям по украшению и развлечению на всевозможных объектах.

Используя фонтаны как элементов украшения или развлечения возникают вопросы по рациональному использованию водных ресурсов, ресурсосбережению, охране природы и повышению экономической эффективности.

При проектирования водопроводных сооружений необходимо предусматривать наиболее рациональную схему водоснабжения, удешевляющую затраты на их эксплуатацию, снижение металлоемкости, стремление к компактности системы и рационализации технологий, внедрение эффективных конструктивных решений и т.д.

Наиболее рациональной схемой для сухого фонтана будет служить схема с обратным водоснабжением, что позволит снизить потребление питьевой воды из городского водопровода.

От выбора художественной схемы зависит энергопотребление фонтана, в первую очередь количество разбрызгиваемой воды и ее стоимость. В контексте экономии энергоресурсов следует применять схемы с обратным водоснабжением, при условии ее рациональности.

Ввиду использования обратной схемы, принципиальная схема обработки и использования воды будет идентична обработке воды в плавательных бассейнах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фонтаны пешеходные [Электронный ресурс]// Vodalux. – 2016.-
Режим доступа: <http://vodalux-fontan.ru/ru/fountains-by-type/pedestrian/165.html>
2. Типы фонтанных сооружений [Электронный ресурс] / Статья // ООО ПСК «Стевин». – 2016.- Режим доступа:
<http://stevin.su/praktika/fontan.html>
3. Фонтаны. Диалог специалистов АВОК [Электронный ресурс]/ АВОК. – 2016.- Режим доступа:
<http://forum.abok.ru/index.php?showtopic=70897&hl=%F4%EE%ED%F2%E0%ED>
4. Выбираем насадки для фонтанов – распылители водных струй [Электронный ресурс]/ Статья // Landscape-Project.ru. – 2016.- Режим доступа:
<http://landscape-project.com/vodnie-sooruzheniya/nasadki-dlya-fontanov.html>
5. Кедров В.С., Ловцов Е.Н. Санитарно-техническое оборудование зданий. Учеб. Для вузов. – М.: Стройиздат, 1989. – 495 с.ил.
6. Спышинов Н.А. Фонтаны. Описание, конструкции, расчет. – М.: Государственное издательство архитектуры и градостроительства, 1950. – 172 с.ил.
7. Курсовая работа: проектирование фонтанов [Электронный ресурс]/ Статья// Bestreferat.ru. – 2009.- Режим доступа:
<http://www.bestreferat.ru/referat-168120.html>
8. Условия выбора схемы водоснабжения фонтана [Электронный ресурс]/ Статья // Мастер-фонтан. – 2007.- Режим доступа:
<http://www.masterfontan.ru/projection/choise/>
9. Светомузыкальные, парковые фонтаны [Электронный ресурс]/ Статья // ООО МГК Союз. – 2016.- Режим доступа:
http://www.allwater.com.ua/production/musical_fountains/

10. Short Global History of Fountains. Multidisciplinary Digital Publishing Institute [Электронный ресурс] / Статья // MDPI. Water. 2015. Режим доступа: <http://www.mdpi.com/2073-4441/7/5/2314/htm>
11. Mays, L.W.; Koutsoyiannis, D.; Angelakis, A.N. A brief history of urban water supply in antiquity. *Water Sci. Technol. Water Supply* 2007, 7, 1–12.
12. Angelakis, A.N.; Spyridakis, S.V. Major Urban Water and Wastewater Systems in Minoan Crete, Hellas. *Water Sci. Technol. Water Supply* 2013, 13, 564–573.
13. Histoire des Jardins; Oust, S., Ed.; PREVOT, Philippe: Bordeaux, France, 2006.
14. SAMIRAD. Saudi Arabia Market Information Resource Directory. Available online: <http://www.saudinf.com/index.htm> (accessed on 21 March 2015)
15. Hynynen, A.J.; Juuti, P.S.; Katko, T.S. Water Fountains in the World scape; Hynynen, A.J., Juuti, P.S., Katko, T.S., Eds.; International Water History Association (IWhA): Delft, The Netherlands, 2012.
16. Angelakis, A.N.; Koutsoyiannis, D.; Papanikolaou, P. On the geometry of the Minoan water conduits. In *Proceedings of the 3rd IWA International Symposium on Water and Wastewater Technologies in Ancient Civilizations*, Istanbul, Turkey, 22–25 March 2012; pp. 172–177
17. Evans, S.A. The Palace of Minos at Knossos: A Comparative Account of the Successive Stages of the Early Cretan civilization as Illustrated by the Discoveries, (Vol. I–IV); Macmillan and Co.: London, UK; pp. 1921–1935
18. Angelakis, A.N. The History of Fountains and Relevant Structures in Crete, Hellas. *J. Glob. Environ. Issues* 2015. in Press
19. Angelakis, A.N.; Spyridakis, S.V. The status of water resources in Minoan times: A preliminary study. In *Diachronic Climatic Impacts on Water Resources with Emphasis on Mediterranean Region*; Angelakis, A.N., Issar,

A.S., Eds.; Springer-Verlag: Heidelberg, Germany, 1996; Chapter 8; pp. 161–191.

20. Platon, E. Minoan terracotta water spouts. In Proceedings of the 7th International Congress of Cretan Studies, Rethymnon, Greece, 25–31 August 1991; pp. 767–775.

21. Angelakis, A.N.; Kavoulaki, E.; Dialynas, M.G. Sanitation and Stormwater and Wastewater Technologies in Minoan Era. In Evolution of Sanitation and Wastewater Management through the Centuries; Angelakis, A.N., Rose, J., Eds.; IWA Publishing: London, UK, 2013; Chapter 1; pp. 1–24.

22. Hodge, A.T. Roman Aqueducts & Water Supply, 2nd ed.; Gerald Duckworth: London, UK, 2002.

23. Howard Hayes, S. Etruscan Cities & Rome; Cornell University Press: Ithaca, NY, USA, 1967; p. 320.

24. Jiao, J.J. A 5600-year-old wooden well in Zhejiang Province, China. *Hydrogeol. J.* 2007, 15, 1021–1029.

25. The Old Han Well Found in the Worksite. *Yeng Zhao Night Daily*, 30 April 2010.

26. Liu, S. A Exploring on Form of Chinese Old Well. *Agric. Archaeol.* 1991. (In Chinese).

27. Antoniou, G.P. Ancient Greek Lavatories: Operation with Reused Water. In *Ancient Water Technologies*; Mays, L.W., Ed.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2010.

28. Hellner, N.H. *Κρήνη του Θεαγένους στα Μέγαρα*; Nastou: Athens, Greece, 2009.

29. Pounds, N.J.G. *An Historical Geography of Europe 450 B.C.—A.D. 1330*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 1973; p. 475.

30. Pace, P. *Gli Acquedotti di Roma*; Art Studio S. Eligio: Roma, Italy, 1983; p. 330.

31. De Feo, G.; Laureano, P.; Drusiani, R.; Angelakis, A.N. Water and wastewater management technologies through the centuries. *Water Sci. Technol. Water Supply* 2010, 10, 337–349.

32. Castellani, V.; Dragoni, W. Opere Idrauliche Ipogee nel Mondo Romano: Origine, Sviluppo e Impatto nel Territorio. *L'UNIVERSO* 1989, LXIX, 100–137. (In Italian).

33. Andersen, T.B.; Jensen, P.S.; Skovsgaard, C.S. The Heavy Plough and the Agricultural Revolution in Medieval Europe; Discussion Papers on Business and Economics, No. 6/2013; University of Southern Denmark: Copenhagen, Denmark, 2013; p. 69.

34. Splash pad [Электронный ресурс] / Статья// Wikipedia. 2016. Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Splash_pad

35. Provisions of the Health Act, R.S.B.C. 1996, c. 179

36. Dawn Klingensmith. Splashing Around [Электронный ресурс] / Статья // Recreation Management. 2009. Режим доступа: <http://recmanagement.com/200904fe01.php>

37. Зачем нужны фонтаны. [Электронный ресурс] / Статья // Сканнер. Режим доступа: <http://www.skanner.ru/articles/fontany-iz-betona.php>

38. Фонтаны. Диалог специалистов АВОК [Электронный ресурс]/ АВОК. – 2016.- Режим доступа: <http://forum.abok.ru/index.php?showtopic=70897&hl=%F4%EE%ED%F2%E0%ED>

39. Short Global History of Fountains. Multidisciplinary Digital Publishing Institute [Электронный ресурс] / Статья // MDPI. Water. 2015. Режим доступа: <http://www.mdpi.com/2073-4441/7/5/2314/htm>

40. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: издание второе, переработанное и дополненное. Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2003. -288 с.

41. Врангель Н.Н, История русских усадеб и поместий/ Н.Н. Врангель. – М.: Эксмо, 2009. – 608 с.: ил.

42. Абрамов Н.Н. Надежность систем водоснабжения. – М.: Стройиздат, 1979. – 231 с.
43. Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий: Справочник проектировщика/ Под ред. И.А. Назарова. – М.: Стройиздат, 1976. – 248 с.
44. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. Постановление от 26 сентября 2001 года N24. М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2001.
45. Николадзе Г.И., Сомов М.А. Водоснабжение. – М: Стройиздат, 1995. – 688 с.
46. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений: Справочник монтажника / Под ред. А.С. Москвитина. – М.: Стройиздат, 1979. – 430 с.
47. Разумов Г.А. Проектирование и строительство горизонтальных водозаборов и дренажей. – М.: Стройиздат, 1988. – 241 с.
48. Соколов Л.И., Зотикова Д.И., Дубский Н.Н. Пособие по выбору площадок (трасс) под новое строительство (реконструкцию) объектов и сооружений. – Вологда: ВГТУ, 1996. – 56 с.
49. СП 73.13330.2016 (СНиП 3.05.01-85) Внутренние санитарно-технические системы зданий. Госстрой России. – Введ. 01.04.2017г.
50. Калицун В.И. Гидравлика, водоснабжение и канализация: Учебник для вузов / В.И. Калицун, В.С. Кедров, Ю.М. Ласков, П.В. Сафонов. – 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Стройиздат, 1980. – 359 с., ил. – Загл. 2-го изд.: Основы гидравлики, водоснабжения и канализации.
51. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод / Учебник. – К.: Вища шк. Головное изд-во. 1986. – 352 с.

52. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям/ Под. Ред. М.О.Штейнберга. – 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.: ил.

53. Александровская З.И. Благоустройство городов / З.И. Алесандровская, Е.М. Букреев, Я.В. Медведев, Н.Н. Юскевич. – М.: Стройизда, 1984. – 341 с., ил.

54. Возная Н.Ф. Химия воды и микробиология: Учеб. Пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. Школа, 1979. – 340 с., ил

55. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных аод / Учебник для вузов: - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006 – 704 с.

56. Эксплуатация систем водоснабжения, канализаии и газоснабжения: Справочник / Под. Ред. В.Д. Дмитриева, Б. Г. Мишукова, - 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Стройиздат, Ленингр. Отд.ние, 1988. 383 с., ил.

57. Иванов Е.Н. Противопожарное водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1986 – 316с., ил

58. Музалевская Г.Н. Инженерные сети городов и населенных пунктов: Учебное пособие. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 148 с.

59. Пирумов У.Г. Обратная задача теории сопла / Монография. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.

60. Самарин О.Д. Гидравлические расчеты инженерных систем: Справоч. Пособие. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2014. – 112 с.

61. Фонтаны пешеходные [Электронный ресурс]// Vodalux. – 2016.- Режим доступа: <http://vodalux-fontan.ru/ru/fountains-by-type/pedestrian/165.html>

62. Типы фонтанных сооружений [Электронный ресурс] / Статья // ООО ПСК «Стевин». – 2016.- Режим доступа: <http://stevin.su/praktika/fontan.html>

63. Выбираем насадки для фонтанов – распылители водных струй [Электронный ресурс]/ Статья // Landscape-Project.ru. – 2016.- Режим доступа: <http://landscape-project.com/vodnie-sooruzheniya/nasadki-dlya-fontanov.html>

64. Условия выбора схемы водоснабжения фонтана [Электронный ресурс]/ Статья // Мастер-фонтан. – 2007.- Режим доступа: <http://www.masterfontan.ru/projection/choise/>

65. Светомузыкальные, парковые фонтаны [Электронный ресурс]/ Статья // ООО МГК Союз. – 2016.- Режим доступа: http://www.allwater.com.ua/production/musical_fountains/

66. Любарский В.М, Осадки природных вод и методы их обработки. – М.:Стройиздат, 1980. 128с.

67. Обработка воды обратным осмосом и ультрафильтрацией/ А.А, Ясминов, А.К.Орлов, Ф.Н. Карелин, Я.Д. Рапопорт. – М.: Стройиздат, 1978. – 122 с.

68. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды / Л.А. Кульский, И.М.Горановский, А.М. Когановский, М.А. Шевченко. – К.: Наук. Думка. 1980. – 1206 с.

69. Патентный поиск [Электронный ресурс]/ Патент // Патентный поиск, поиск патентов на изобретения - FindPatent.ru.. – 2012-2017.- Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/212/2128311.html>

70. Армпласт. Завод-производитель композитных материалов. [Электронных ресурс]/ Режим доступа: <https://arm-plast.ru/czenyi/polimernyie-polyi-kypit/oblasti-primeneniya/detskie-igrovyie-ploshhadki.html>

71. Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения. Справочник/ Б.Н. Репин, С.С. Запорожец, В.Н. Ереснов и др., Под ред. Б.Н. Репина. – М.: Высш.шк., 1995. – 431 с.: ил.

72. Водалюкс. Производитель фонтанного оборудования. [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <http://vodalux-fontan.ru/ru/useful/751.html>

73. Energy Base. Тарифы на электроэнергию в г.Тольятти на 2018 год. [Электронный ресурс]/ Режим доступа: [https://energybase.ru/tariff/toljatti/2018?TariffSearch\[type_id\]=1](https://energybase.ru/tariff/toljatti/2018?TariffSearch[type_id]=1)

74. ТСЖ Подсолнух. Тарифы за коммунальные услуги с 01 июля 2017г. [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <http://tsz-podsolnuh.ru/tarify/kommunalnye-uslugi/2-uncategorised/132-tarify-za-kommunalnye-uslugi-s-01-iyulya-2017g.html>

75. Кедров В.С., Рудзкий Г.Г. Водоснабжение и водоотведение плавательных бассейнов. М., Стройиздат, 1977. 128 с.

76. Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России: XV Международная научно-практическая конференция / МНИЦ Пензенский ГАУ. – Пенза: РИО ПГАУ, 2017. – 116 с.

77. Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии: сборник статей XX Международной научно-практической конференции / МНИЦ ПГАУ. – Пенза: РИО ПГАУ, 2018. – 98 с.