

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 каскадного фонтана в г.о. Тольятти»

Студент

Н.В. Хромченков

(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.

Тольятти 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1 ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФОНТАНОВ .....	4
1.1 История, классификация, основные элементы фонтана.....	5
1.2 Мировые примеры фонтанов.....	22
1.3 Итоги проектирования фонтанов в разные исторические периоды .....	32
ГЛАВА 2 КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КАСКАДНЫХ ФОНТАНОВ .....	34
2.1 Схемы водоснабжения и конструктивные элементы .....	34
2.2 Монтаж трубопроводов.....	37
2.4 Гидравлический расчет фонтанных чаш и каскадов.....	40
2.5 Потери воды фонтанами.....	45
2.6 Выводы по первой главе .....	46
ГЛАВА 3 ПРИВЯЗКА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАСКАДНОГО ФОНТАНА В Г.О ТОЛЬЯТТИ.....	48
3.1 Выбор и обоснование места строительства .....	48
3.2 Расчет основных параметров.....	53
3.3 Выводы по 3 главе .....	83
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	84
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	86

## **ВВЕДЕНИЕ**

**Актуальность работы:** История каскадных фонтанов начинается много столетий назад. На данный момент искусственные водоёмы рассматриваются как декоративное водное сооружение, которое можно удачно сочетать со скульптурными композициями. Природная красота набережной зоны г.о. Тольятти и создание каскадного водопада в этом месте может послужить катализатором туристической инфраструктуры что в свою очередь поможет осуществить оздоровление экономики в данном регионе, что является очень актуальным для нынешней экономической обстановки в г.о. Тольятти.

**Объект исследования:** Благоустройство набережной г.о. Тольятти.

**Предмет исследования:** Конструкции и системы водоснабжения каскадного фонтана.

**Целью работы** Разработка конструкции каскадного фонтана в г.о. Тольятти.

**Для реализации цели поставлены следующие научно-технические задачи:**

1. Оценка и анализ рельефа местности для каскадного фонтана г.о. Тольятти.
2. Анализ существующих конструкций фонтанов, и их технического устройства;
3. Разработка конструкции каскадного фонтана в соответствии рельефа местности;

**Методы исследования:** в процессе работы были применены аналитический, анализ нормативно-технической документации.

**Научная новизна заключается в:**

- Разработке конструкции и системы водоснабжения каскадного фонтана;
- Разработке рекомендаций по эксплуатационным особенностям каскадных фонтанов.

**Практическая значимость работы** заключается в том, что предлагаемые конструктивные решения могут гарантировать бесперебойную работу и качественную эксплуатацию данного фонтана при минимальных аварийных рисках.

**Личный вклад автора** состоит в обосновании темы, цели, задач и разработке конструктивных решений каскадного фонтана г.о Тольятти, изучение истории фонтанов и изменение их назначения с течением времени, создание трехмерной модели фонтана в рельефе местности, обоснование самой конструкции бассейнов фонтана и применяемых материалов, а также создание системы обратного водоснабжения.

**На защиту выносятся:**

- Конструкция и система водоснабжения каскадного фонтана г.о. Тольятти;
- Рекомендации для разработки конструкции и системы водоснабжения каскадного фонтана.
- Рекомендаций по эксплуатации каскадного фонтана г.о. Тольятти.

**Апробация работы.** Результаты работы представлены в сборниках трудов:

XV Международной научно-практической конференции. Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России. (г.Пенза, МНИЦ ПГСХА, 2017).

«Студенческие Дни науки в ТГУ»: научно-практическая конференция (г.Тольятти, 3–29 апреля 2017 года).

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 3 глав, общих выводов, библиографии из 43 наименований. Общий объем работы 87 - стр., включая 49 иллюстраций и 10 таблиц.

# ГЛАВА 1 ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФОНТАНОВ

## 1.1 История, классификация, основные элементы фонтана

*From a drop of water a logician could infer the possibility of an Atlantic or a  
Niagara without having seen or heard of one or the other..*

*(По капле воды нельзя логически судить о возможности Атлантического  
океана или Ниагарского водопада, не видя и не слыша ни того, ни другого.),*

*Артур Конан Дойл, 1902г., Англия.*

История эволюции фонтана начинается со времен первого человека, источник воды в виде ключа или родника обкладывался камнями и являл концепцию первого фонтана. И спустя тысячи лет фонтан стал маняться в облицовке самой конструкции что привело к сохранению его утилитарного значения и добавления элемента эстетики.

Архитектурный словарь дает следующее определение: «фонтан» (с.итал. «fontana», от лат. «fons, fontis» - «источник, ключ») – конструкция которая выполняет роль обрамления или основания для стекающей в низ воды или бьющей в верх струй. Зеленые насаждения в сочетании с архитектурой и движущейся водой, является средством создания архитектурно – садовых парковых зон. Такие сооружения устраивали на городских площадях или парках в античную эпоху, городах западной Европы в средневековье, в Индии и странах ближнего востока.

Первое упоминания о фонтанах и их конструкции исходит корнями к древнему Египту, а именно надгробной живописи. Фонтаны как правило сооружались внутри своих жилищ, на участках, которые были огорожены стенами находился сад, к которому и примыкал фонтан. Сам фонтан находился в садовом пруду, пруд как правило имел прямоугольную форму. Сам пруд окружали фруктовые деревья и декоративные растения.

В древней Греции назначение фонтана заключалась в снабжении питьевой водой, охлаждении и увлажнении воздуха. Тесная культурная связь древней Греции и древнего Рима позволила развиваться фонтанам далее. Архитекторы древнего Рима с помощью трубопровода подавали воду под давлением, и тем самым создали привычным для современного человека фонтан.

Применение садовых фонтанов для орошения высокогорных, сухих районов получило большое распространение в Месопотамии. В последствии страны как Ассирия, Персия и Месопотамия прославились благодаря тенистым садам, которые создавались за счет фонтанов. Климат в этих странах был сухим и жарким, и воды являлась бесценной, что напрямую повлияло на планировки садов за счет фонтанов. В мусульманских садах фонтаны использовались для достижения игры тени и света, а после вода спускалась к подножию Гималаев. В древнем Китае и Японии постройкой фонтанов занимались буддийские монахи, для создания у человека особого умиротворённости сознания.

В Европе средних веков строительство фонтанов велось в основном в монастырях, фонтаны так же являлись не отделимой частью сада, который был раздён на 4 части самим фонтаном, каждая часть сада отводилась для трав, овощей, фруктов и цветов. Сам сад разделяли дорожки, которые сводились в центр сада где и был установлен фонтан. В то время считалось что такая планировка сада способствует уединению, молитве и размышлениям. Значение фонтанов в этот период истории сохраняет роль источника воды.

Эпоху Возрождения можно смело назвать революционной для фонтанов. Именно в эту эпоху фонтаны используют как часть архитектурного ансамбля или как его ключевой элемент. Природные источники уступают место насосам. После изобретения водяного насоса ключи на римских холмах стали использовать как фонтаны. Такая техника строительства фонтанов в Италии стала распространяться в другие страны Европы.

Основным вектором моды архитектуры в 17 веке безусловно являлась Франция.

В 17 веке Франция стала законодательницей мод в архитектуре, и продвигала стиль романтизм с его уклонами к живописи, естественности, и экзотическими элементами ландшафта.

Начиная с второй половины 17 века в фонтаны начинает внедряться стиль набирающий большую популярность, романтизм, романтизм олицетворяет в себе живописность и естественность. Эта тенденция напрямую имела наибольшее влияние на фонтаны. Паркам были характерны фонтаны стилизация которых была естественной.

Дальнейшая история показывает, что строители, инженеры и скульпторы привносили в фонтаны не только эстетический аспект, но и технический, в этот период шло повсеместное использование новейших технических достижений и их усовершенствование.

В наше время идет усовершенствование и внедрение систем освещения, форсунок, и других технологических средств, задействованных при создании фонтана.

При рассмотрении эстетического аспекта фонтана всегда брался его архитектурный аспект и место установки. Расположение фонтана перед общественными зданиями, на городской площади свойственно фонтану с архитектурным элементом в виде самой воды. В скверах и парках архитектурный образ фонтана исполняет фигурная пластика, такие фонтаны в зимний период времени могут служить простой, но красивой архитектурной композицией без использования воды.

Работа людей, которые занимаются созданием фонтанов, таких как скульптор, архитектор, инженер должна быть совместной что бы фонтан сочетал в себе максимальную художественную выразительность, гидравлические эффекты струй воды или ее течение по профилю фонтана была не оказывающей разрушительного эффекта на саму конструкцию фонтана, а также сочеталась с архитектурным образом.

В фонтанах, где архитектурное оформление является ведущим, а вода отходит на второй план, являясь дополнением фонтана, устройство

вызывающих, мощных водных эффектов и их сложность понижает архитектурно-художественную степень сооружения. Соответственно в фонтанах где архитектурно-художественное оформление является второстепенным или вообще отсутствует на первый план выходит вода и её все возможные эффекты.

Устройство фонтанов. Для каскадов следует учесть главный компонент — это жесткая форма, которая обычно выполняется из бетона. Сами бетонные плиты покрываются гибким полимерным веществом которая выполняет роль гидроизоляции.

«В отличие от формы для искусственного водопада, включающей в себя верхний и нижний бассейны, существует несколько форм для каскада, устанавливаемых на различной высоте друг над другом» [1, с.89].

«В настоящее время очень популярны гибкие водонепроницаемые пленки, представляющие собой листы синтетической резины. Таким отдельным листом выкладывается каждый бассейн водопада или ярус каскада. Листы следует укладывать внахлестку в том случае, если ярусы каскада расположены друг за другом. Тогда нужно немного углубить заднюю часть яруса, для того чтобы он задерживал воду, которая будет скапливаться в этом месте» [1, с.89].

При строительстве каскада с «ярусами, расположенными последовательно друг за другом, сначала следует наметить контуры ярусов, начиная копать с самого нижнего, так, чтобы его дно представляло собой горизонтальную форму. Углубления, подготовленные следом, должны быть размером несколько шире, чем глубина подготовленной формы каскада» [1, с.89,90] (рис.1.1). Данные конструктивные особенности присущи небольшим парковым фонтанам.



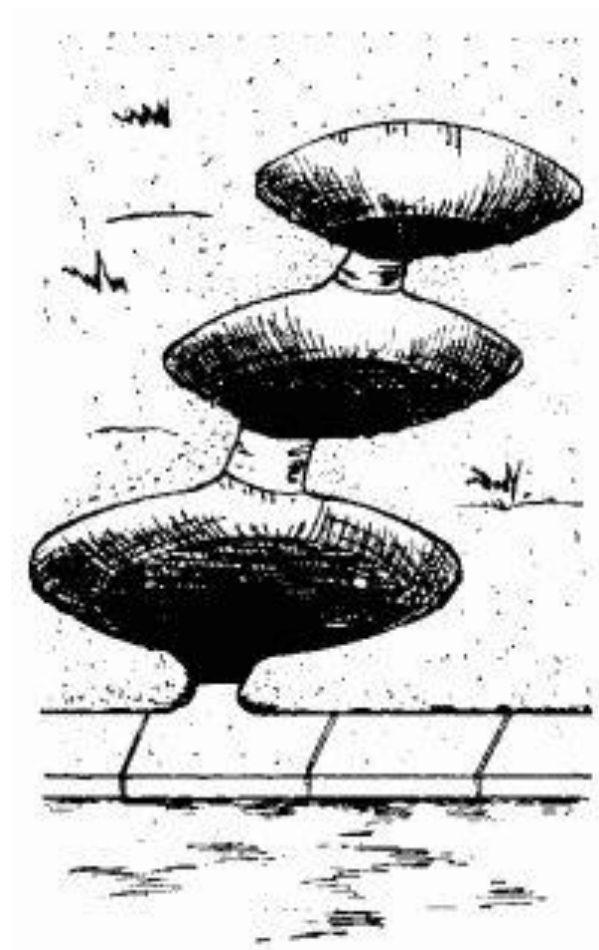


Рисунок 1.1 - Углубления для установки каскадов

«Водоснабжение каскада неразрывно связано с понятием расхода воды. Это означает, что имеется в виду то количество воды, которое проходит через систему водоснабжения в течение одного часа. Несомненно, прежде всего именно от размеров сооружаемого водоема зависит расход воды, но играет роль и мощность насоса. Производительность насоса тем выше, чем ниже высота сконструированного сооружения. Ниже приведены некоторые технические характеристики насосов» [1, с.91] (табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Характеристика насосов для каскадного фонтана

Высота каскада	Производительность насоса, л/ч		
	800	1800	3000
1,0 м	800	1800	3000
1,5 м	500	1000	2400
2,0 м	0	300	1800

«Эти показатели снижаются, если между насосом и каскадом слишком большое расстояние, а также при использовании труб изогнутой формы, когда подается вода. Не менее важно помнить, что пропускная способность насоса должна составлять не менее 100–150 % от объема воды всего водного сооружения вместе с прудом. Пропускная способность насоса 1300–2000 л/ч соответствует объему водоема в 1300 л» [1, с.91].

Также можно определить расход самого водопада в зависимости от размеров потока (рис. 1.2.) (табл. 1.2).

Таблица 1.2 –Расход воды водопада, л/мин

Высота А, м	Глубина В, мм	Ширина потока С, м						
		0,25	0,50	0,75	1,00	2,00	3,00	4,00
0,25	5,0	30	60	90	120	240	360	480
0,50	7,5	45	90	135	180	360	540	720
0,75	10,0	60	120	180	240	480	720	960
1,00	12,5	75	150	225	300	600	900	1200
1,25	15,0	90	180	270	360	720	1080	1440
1,50	17,5	105	210	315	420	840	1260	1680
1,75	20,0	120	240	360	480	960	1440	1920
2,00	22,5	135	270	405	540	1080	1620	2160
2,25	25,0	150	300	450	600	1200	1800	2400
2,50	27,5	165	330	495	660	1320	1980	2640
3,00	30,0	180	360	540	720	1440	2160	2880

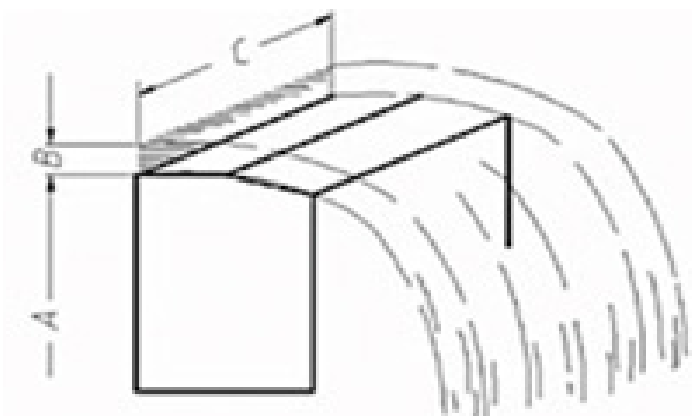


Рисунок 1.2 – Размеры потока

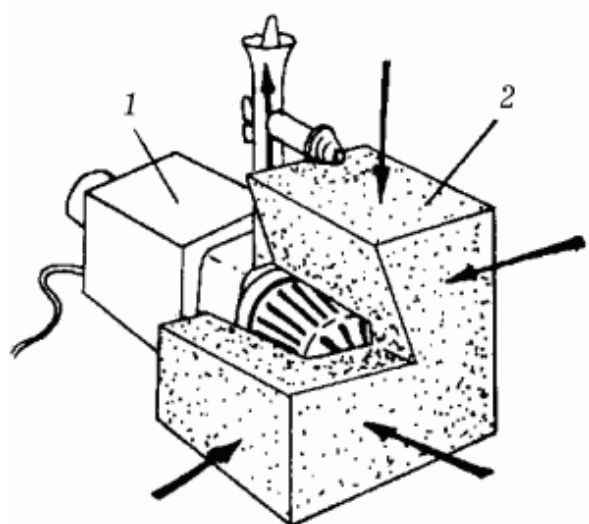
Системы очистки воды в открытых водоемах основаны на системах механической и биологической очистки.

«При механической очистке из воды удаляются частицы грязи, мелкого песка и небольшие водоросли. Фильтры с механическим принципом очистки достаточно дешевы и просты по своему устройству: вода при помощи погружного насоса проходит через слой гравия, пористого материала, специальных гранул или крупнозернистого песка. Функционирование таких фильтров происходит сразу же после включения насоса, который можно запускать по мере надобности» [1, с.82].

«Биологическая очистка – это переработка недоеденного корма, экскрементов рыб, отмерших частей растений и т. д. в безвредные соединения при помощи находящихся на фильтрующей поверхности воды беспозвоночных, бактерий и водорослей. Фильтр, действующий по принципу биологической очистки, представляет собой устройство, в которое при помощи насоса поступает вода, проходящая через трубу с отверстиями или распылитель, а затем через несколько очистительных слоев. Чаще всего в качестве очистителя используются следующие материалы: специальные гранулы, крупнозернистый песок, пенопласт, гравий, прорезиненная рогожка и т. п. После фильтрации вода снова поступает в водоем через выходную трубу, расположенную в нижней части корпуса. Фильтр биологической очистки устанавливается под прикрытием зеленых насаждений, обязательно вне воды, для водопадов и каскадов – возле их верхней части. Отличительной особенностью биологической очистки является непрерывная работа насоса, т. к. без движения воды, живущие в ней организмы, гибнут через несколько часов. Результаты очищения проявляются лишь через несколько недель после начала функционирования системы» [1, с.82].

«Фильтры могут быть нескольких видов, из которых наиболее распространены простой, внешний, помещаемый в пруд и ультрафиолетовый очиститель» [1, с.82].

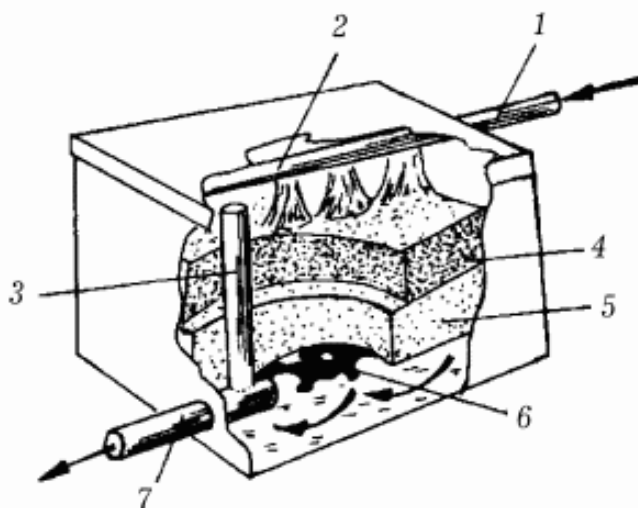
«Простой фильтр представляет собой блок, изготовленный из пористого материала и устанавливаемый возле сетки погружного насоса. При постоянной работе насоса он обеспечивает не только механическую, но и биологическую очистку воды; приобретается для водоема небольших размеров. Он состоит из погружного насоса и блока-очистителя» [1, с.82] (рис. 1.3).



1 – погружной насос; 2 – блок-очиститель

Рисунок 1.3 – Простой фильтр

«Внешний фильтр (рис. 1.4) – это многослойный блок, присоединяемый к насосу трубой-входом с отверстиями, из которой вода просачивается через пористый или сетчатый фильтр, происходит предварительная механическая очистка. Следующий очистительный слой изготовлен из пористого материала, а на дне блока расположена перфорированная основа» [1, с.82,83].

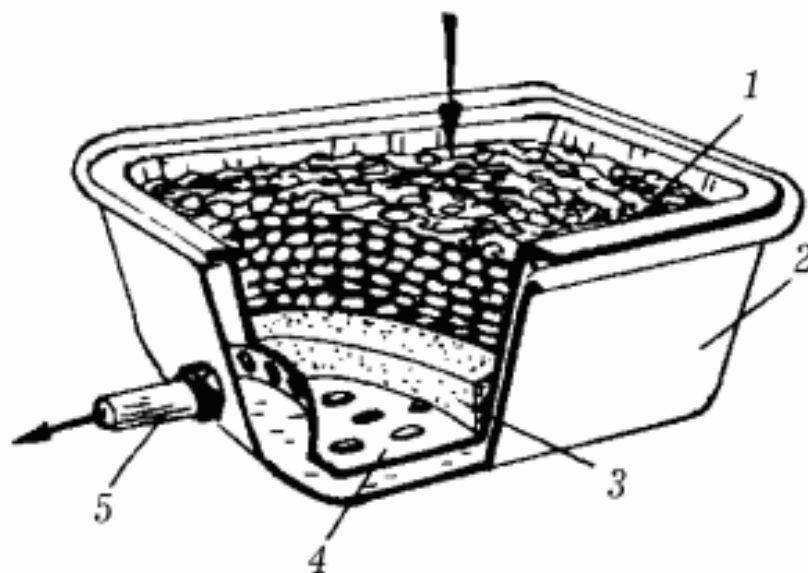


1 – вход; 2 – труба с отверстиями; 3 – трубка для излишков воды; 4 – фильтр предварительной очистки; 5 – пористый материал; 6 – перфорированная основа; 7 – выход.

Рисунок 1.4 – Внешний фильтр

«Излишки воды сбрасываются через специальную трубку. При постоянной работе насоса биологическая очистка производится во всех слоях фильтра, после чего очищенная вода по трубе-выходу снова попадает в водоем. При необходимости можно приобрести модели внешнего фильтра с большим количеством камер» [1, с.83].

«Фильтр, помещаемый в пруду и устанавливаемый на его дне, представляет собой блок, вода в который поступает непосредственно из водоема, предварительно проходя через слои мелкого гравия или гранул, пористого материала (механическая очистка). Изнутри дно фильтра выстлано перфорированной основой. При постоянной работе насоса производится биологическая очистка во всех слоях, после чего вода через трубу-выход поступает в насос» [1, с.83] (рис. 1.5).

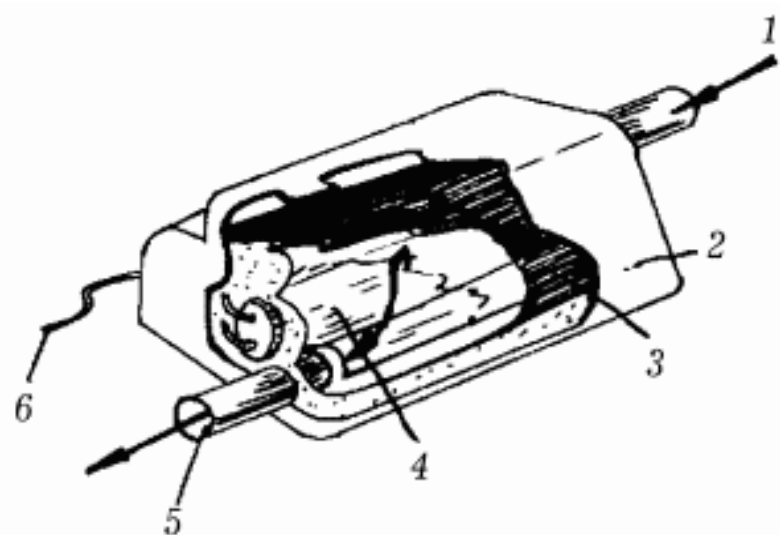


1 – гранулы или мелкий гравий; 2 – внешний корпус; 3 – пористый материал; 4 – внутренний корпус с перфорацией; 5 – труба-выход.

Рисунок 1.5 - Фильтр, помещаемый в пруду

«Ультрафиолетовый очиститель применяется в тех случаях, если после использования других видов фильтра вода все равно осталась зеленой, что означает присутствие в ней очень мелких водорослей, которые можно удалить только при помощи именно этого очистителя» [1, с.83] (рис. 1.6).

«Он представляет собой водонепроницаемый блок, который присоединяется к фильтру трубой-входом. Через нее вода попадает в специальную камеру, где подвергается воздействию ультрафиолетового излучения, в результате которого клетки водорослей погибают. Затем уже очищенная таким образом вода поступает в насос по выходной трубе. Правда, это изобретение имеет один минус: в процессе очищения погибает большое число полезных бактерий» [1, с.83,84].



1 – труба-вход; 2 – водонепроницаемый корпус; 3 – камера для воды; 4 – источник излучения; 5 – труба-выход; 6 – электрический кабель.

Рисунок 1.6 - Ультрафиолетовый очиститель

«Всем вышеперечисленным видам фильтров требуется очищение, через определенный промежуток времени» [1, с.84].

Основные элементы системы фонтана рассмотрены на примере обычных садово-парковых, искусственных прудов и фонтанов и могут носить в себе зачатки концептуальных моделей более крупного каскадного фонтана [2].

Разделение фононов может происходить по архитектуре, и видам струй, основные направления основных типов фононов шесть:

1. Первый тип относится к фонтанам, оформленных архитектурно-пластическим методом родников и колодцев.

2. Второй тип относится к фонтанам оформленных за счет зеркальности водного бассейна, который отражает архитектурный и парковый ансамбль в круг водоема со спокойными геометрическими формами.

3. Третий тип относится к фонтанам оформленных при использовании струи воды, а именно сложной композицией этих струй, которые бьют с водной поверхности бассейна фонтана, в совокупности с подсвечиванием струй в ночное время и привлечённых в ансамбль фонтана архитектурных форм и парковых насаждений, создают выразительный, динамический силуэт фонтана.

4. Четвертый тип является одним из самых простых в водном и архитектурном оформлении, который сводится к установке в центре водоема фонтана группы чаш, вода стекает от верхней чаши в нижнюю и после попадает в водоем.

5. Пятый тип относится к фонтанам, в составе которых основная роль отдается архитектурному оформлению, а композиция воды играет фоновую роль.

6. Шестой тип фонтанов конструктивно представляется собой группу многоступенчатых переливов в виде каскадов. Оформление, как правило, в таких сооружениях уделяется богатому декорированию. Такие фонтаны характерны для парковых зон со значительным уклоном местности.

Водное устройство частным случаем, которого является фонтан в общем понимании парковых объектах. В сравнении с прудом ключом или водопадом. Но если рассматривать фонтаны с точки зрения их конструкций то водопады, родники, источники, ручьи как водные устройства являются разновидностью фонтанов [2,3].

Ручей – фонтан конструкция которого имеет вид удлиненного русла, используется для декорирования откосов и стен.

Водный каскад – вид фонтана в котором высота падения воды относительно мала, и течение воды к следующему каскаду происходит за счет уклона дна бассейна.

Пороги – Данный фонтан самый шумный из-за своей конструкции. Вода, проходя на своем пути искусственные волноломы создает шум и идет дальше по сечению фонтана.

Водопад – фонтан в конструкцию которого на грань водослива установлена специальная насадка, которая позволяет добиться натурального эффекта падающей воды.

Водная завеса – такой фонтан один из самых современных и технологичный. Принцип действия такого фонтана заключается в том, что вода ниспадает по протянутым сверху до низу полимерным невидимым нитям, такой фонтан не издает ни шума ни брызг, это получается за счет кольцевого ламинарного движения воды по поверхности полимеров. Стоит отметить что такой фонтан является отличным увлажнителем воздуха.

Основные признаки классификации:

1. По назначению и месту установки;
2. По роли отведенной воде:
  - Сооружения, в которых элемент воды играет доминирующую роль.
  - Сооружения, где архитектурная идея имеет главное значение, а воде отводится вторичная роль
    - И основной тип - где вода и архитектура играют почти равные роли и взаимно укрепляют эффект друг друга.
3. По техническим решениям.

Типы фонтанов и водных устройств:

- Комнатные фонтаны – используются в основном для обустройства интерьера, отлично подходят для регулирования влажностного режима.
- Бегущая вода – имитация водных источников таких как реки, ручьи, каскады.



- Водопады – имитация природных водопадов.
- Классические фонтаны – стандартное решение которое сформировалось на протяжении всей истории фонтанов включает себя, как и архитектурный аспект так и водную композицию.
  - Архитектурные и скульптурные фонтаны – фонтаны при разработке которых в основу входит архитектурный ансамбль, а вода лишь дополняет его вид.
  - Плавающие фонтаны –использование таких фонтанов характерно водным источникам с застоявшейся водой для насыщения воды кислородом.
  - Динамические (свето-динамические, музыкальные) фонтаны – данный вид отражает современное развитие фонтанов, в которых используются все самые современные новшества в строительстве фонтанов, иными словами, это совокупность классического фонтана и современных технических достижений.

Компоненты фонтана:

1. Бассейн – Бассейн фонтана является как основным элементом ансамбля, так и просто источником водоснабжения для всей его системы. Объем бассейна должен соответствовать запасу воды предусмотренному для работы бассейна с учетом всех потерь воды, дно бассейна должно выполняться из качественных полимерных гидроизоляционных материалов. Конструкция дна бассейнов должна соответствовать типу фонтана.

2. Насадки – Еще одна часть фонтана, от которой полностью зависит его внешний вид и водный рисунок. В самой насадке очень важную роль играют такие характеристики как: материал корпуса, качество продукции, и сами характеристики насадок. Сами насадки создают водный рисунок за счет подбора давления на выходе расходу воды, поэтому особенно важно, чтобы характеристика насадок соответствовала допустимым погрешностям.

3. Насосы – Насос в фонтане играет одну из ключевых ролей, в фонтанах могут применяться насосы различных типов, от погружных до поверхностных.

Подбор самих насосов под каждую систему должен происходить на основе гидравлических расчетов систем водоснабжения фонтана.

4. Водозабор – В фонтанах водозабор используется на всасывающих трубопроводах, на месте всасывания устанавливается решетка что защищает систему водоснабжения фонтана [3].

5. Фильтр – Фильтры в бассейнах основаны на механическом принципе действия очистки. Позволяют очистить воду в бассейне от грязи и мелкодисперсных частиц предотвращая их попадание в систему водоснабжения фонтана [4].

6. Подводное освещение – Устраивается для добавления зрелищности водным ансамблям, работает в темное время суток.

7. Перелив – Устанавливают для предотвращения избытка воды в бассейнах, фонтана которые за частую связаны с выпадением осадков.

8. Закладные патрубки и проходные гильзы – Для герметичной прокладки основных коммуникации фонтана проходящих через конструкции бассейна фонтана устанавливаются закладные патрубки. Обычно в них прокладывают электрокабель, и труб.

9. Автодолив – Устанавливается для предотвращения падения уровня воды в фонтане что может привести к его осушению и остановке работы самого фонтана. Обычно автодолив равен объему воды, теряемой при эксплуатации, фонтанов, которые состоят из испаряемой воды, воды теряемой при уносе ветром, и разбрызгивании.

10. Контроль уровня – Представляет автоматизированную систему состоящей из поплавкового уровнемера сигнал, от которого передается на насос либо на электропривод задвижки с добавлением расхода автодолива [5].

11. Датчик ветра – Позволяет в совокупности с насосами, подающих воду на насадки, регулировать высоту струи по отношению к силе ветра, или полностью остановить работу фонтана при неподходящих погодных условиях.

12. Электроклапаны – изменяют расход воды в системе фонтана и является очень важной и неотъемлемой его частью.

13. Пульт управления – Пункт автоматизации всего фонтана, который может состоять из электронных, электромеханических и механических элементов, через который проходит управление насосами, закрытия открытия нужных арматур, освещение, отслеживание уровня воды в фонтане. Эксплуатационные особенности насадок. При разработке насадок проводятся специальные гидравлические расчеты от верности и точности которых зависит материал конструкции насадки, её исполнение [6].

Последствия неправильно подобранной насадки:

- водный рисунок имеет не правильную геометрическую форму;
- возможен эффект слишком сильного разбрызгивания что ведет к потерям воды в фонтане;
- рабочий режим насоса не подходит по насадки;
- негативно сказывается на работе систем трубопровода, подводящих воду к насадке;
- создается повышенный уровень шума;
- начальный вид фонтана при проектировании не соответствует действительности.

Материалом, хорошо подходящим для изготовления корпуса насадки является сплав меди. Данный сплав при долгосрочной эксплуатации слабо подвержен воздействию воды. Так же данный материал в своем ценовом диапазоне является наиболее выгодным.

Основные характеристики насадок:

- Рабочий диапазон – параметры при которых насадка будет давать требуемый водный рисунок, выдавать не превышающий норму уровень шума, и не перерасходуя при этом воды. Для каждого типа насадок рабочий диапазон свой, так как все они различаются исполнением и выдаваемым водным рисунком.
- Зависимость от уровня воды – насадки могут выполнять разные водные рисунки в зависимости от места установки, есть насадки, которые

рассчитаны на полное погружение в бассейн, то есть находятся под водной гладью бассейна, существуют и такие которые требуют установки строго выше уровня воды в бассейнах. Уровень погружения насадки, должен четко прописываться в ее маркировке или паспорте изделия, в противном случае это повлечет нарушение водного рисунка.

- Уровень шума – Шумовой показатель, создаваемый при выходе воды из насадки. При определении комфортности фонтана, а именно шумового аспекта данная характеристика может играть важную роль;

- Устойчивость к ветру – Данный показатель характеризует устойчивость водного рисунка насадки при разных скоростях ветра;

- Радиус брызг – показатель разлета основного водного рисунка, стоит учитывать, если бассейн фонтана не велик, а разлет струи превышает его линейный параметр что может сказаться на перерасходе воды;

- Видимость – визуальная видимость водного рисунка в зависимости от расстояния наблюдения за водным рисунком;

- Возможность засорения – так как фонтанные насадки имеют разного диаметра выходные отверстия то и возможность засорения у них так же различная. Чем больше диаметр, тем меньше степень засорения насадки и изменение водного рисунка;

- Аэрация – данный показатель характерен для насадок, которые используются в застойных водоемах с целью насыщения кислородом воды [6].

Факторы, которые надо учитывать при планировании фонтана:

- Характер планируемого водного эффекта – данный показатель является точкой отсчета в проектировании системы водоснабжения фонтана, так как под водный рисунок будет происходить подбор насадок, требуемого давления, диаметры трубопровода, насосного оборудования и подбор прочих технических средств;

- Соразмерность окружению – При проектировании конструкции фонтана следует учитывать пропорции окружающих объектов, рельефа местности и архитектурное исполнение фонтана;
- Климатические особенности – данные особенности кардинально влияют на разработку фонтана от подбора насадок до расчета потерь воды за счет испарения;
- Приемлемый шумовой уровень – при большом количестве насадок или неправильно подобранных насадок, которые используются для создания водного рисунка может создаваться повышенный шум. Который может служить раздражающим фактором для людей;
- Избегать установки под деревьями – при смене сезонов года лиственные деревья сбрасывают с себя листья, что может повлиять на степень засорённости фонтана и биологической активности в его воде;
- Частота обслуживания – профилактические работы требуется выполнять раз в год, если фонтан находится в климатической зоне где температура наружного воздуха опускается ниже 0°C, то его профилактическое обслуживание требуется производить в период после зимовки объекта;
- Бюджет – на стадии строительства вложения в фонтан являются самыми большими и единовременными в отличии от эксплуатационных расходов. Но все эксплуатационные расходы хоть и не несут большой финансовой нагрузки в единовременных вложениях, но могут превысить стоимость самого фонтана со временем, эксплуатационные расходы идут на потребление электричества насосами, потребление самой воды, замена и ремонт оборудования могут выйти в хорошую сумму. На прямую бюджет фонтана и стоимость его последующего использования зависит от выбора места строительства, климатических условий в регионе строительства, возможности подключения к существующим сетям коммуникаций, размера фонтана, качества строительных материалов, технической оснащённостью фонтана, и от

квалификации персонала, задействованного в строительстве и при эксплуатации самого фонтана [7].

## 1.2 Мировые примеры фонтанов

1. Фонтан Горация Доджа, США, Детройт, 1978г., архитектор Исаму Ночуги, представлен на (рис. 1.7).

Фонтан Горация Доджа (Horace Dodge), названный в честь отца основателя автомобильной корпорации Dodge, расположен в Детройте, штат Мичиган, США. Это один из самых футуристических фонтанов мира. Фонтан Горация Доджа представляет собой внушительных размеров металлическую конструкцию, состоящую из огромного кольца, поддерживаемого двумя массивными опорами. В нижней части кольца установлены насадки со встроенной подсветкой, из которых на нижний уровень бассейна и обрушивается вода.



Рисунок 1.7 - Фонтан Горация Доджа

Открытие фонтана состоялось в далеком 1978 году, над его проектом трудился выдающийся японский художник Исаму Ногучи. Спонсировала проект строительства фонтана супруга Доджа - Анна Томпсон, на воплощение грандиозного проекта в реальность потребовалось порядка миллиона долларов. Верхняя часть фонтана выполнена из нержавеющей стали, а для отделки бассейна использовался благородный черный гранит, который делает внешний вид фонтана более изысканным и роскошным [8,9,10].

Конструкция фонтана насчитывает 300 струй и такое же количество осветительных лампочек, благодаря которым можно создавать самые необычные и эффектные конфигурации. Регулирует работу фонтана специальная компьютерная программа, главными входными данными для которой является показатель температуры воздуха. Своего истинного величия фонтан Горация Доджа достигает в знойные дни, в летний период рядом с ним всегда отдыхает много туристов с детьми и местных жителей.

2. Музыкальный фонтан Grand Haven, США, штат Мичиган, 1962г. Инженер У.М. Боум II (рис. 1.8 и 1.9).



Рисунок 1.8 - Работающий фонтан Grand Haven

Музыкальный фонтан Grand Haven является синхронизацией воды и света в штате Мичиган, находится на Dewey Hill, северный берег ГрандРивер, недалеко от устья Гранда на озере Мичиган и Grand Haven State Park . Шоу начинается в сумерках, продолжительностью 25 - 30 минут [11,12,13].

Разработанный местным инженером, Уильямом Моррисом Буом II (который также является владельцем патента), и построенный в 1962 году добровольцами по ориентировочной цене в \$ 250,000, этот фонтан был крупнейшим музыкальным фонтаном в мире, когда он был построен.





Рисунок 1.9 - Выключенный фонтан Grand Haven

Дисплей состоит из небольшого количества воды, образованной и сгруппированной в четные и нечетные сегменты. Дополненный занавесками воды сзади и впереди, большой веерообразный массив называется «Павлином». Окрашенные огни выстраиваются вдоль фронта фонтана в индивидуально управляемые группы в красном, синем, янтарном и белом цвете, у заднего занавеса, и у брызг «Павлина» есть свои собственные огни - зеленый и желтый для заднего занавеса, и красный, синий и янтарный цвет для «Павлина». Кроме того, присутствует движущийся эффект покачивания струй воды из стороны в сторону. Запатентованный механизм двигателя позволяет каждой паре взмахов струй воды следовать или выступать друг против друга в направлении движения, проходить долгий или короткий путь, и перемещаться на любой из трех скоростей, позволяя движущейся воде следовать почти за любым видом музыки [14,15].

Насосы никогда не менялись, а подвергались только уходу и чистке. Шоу программируется вручную. Даже с самой простой из многих программ, используемых для создания шоу этого фонтана, хореография одной трехминутной песни может занять от двух до десяти часов.

Каждая минута работы шоу требует приблизительно двух часов программирования. Новые шоу могут показать более чем 5000 водных команд и команд освещения.

Технические параметры:

- Ширина: 240 футов;
- Вода бассейна емкость: 40 000 галлонов;
- Труба: 8000 футов в длину размером от ¼ дюйма до 16 дюймов;
- Насадки: 1300, начиная от 3/16 "до 1" в диаметре, расположенные в бассейне;

- Вместимость: 40 000 галлонов бассейна;
- Расход воды: 4000 галлонов в минуту;
- Максимальная высота распыления: 125 футов.

Освещение:

- Максимальная потребляемая мощность 2400 Вт (в среднем составляет по 1000 ватт);
- Светодиодное освещение использует 98% меньше энергии и в два раза ярче;
- Светодиодные фонари могут менять цвет в 1/1000 секунды;
- Светодиодные лампы могут производить до 16 миллионов цветов.

3. Фонтаны «Белладжио», США, Лас-Вегас, 1998 год (рис. 1.10).

Пожалуй, одними из самых лучших и бесплатных развлечений в ЛасВегасе считаются фонтаны Белладжио. Они производят на посетителей неизгладимое впечатление, особенно в первый раз.



Рисунок 1.10 - Фонтаны «Белладжио»

Это, весьма уникальное техническое сооружение, которое выпускает 1175 струй, бьющих из установок, находящихся в озере. Помимо воды, здесь есть 4500 ламп, которые обеспечивают подсветку, большое количество динамиков и почти 40 миллионов долларов потраченных на создание этого оазиса в пустыне.

Отверстия, откуда бьют струи воды, находятся на подвижных подставках, которые свободно перемещаются и обеспечивают нужные конфигурации струям. Также регулируется динамика, высота и последовательность вступления. Подсветка также может выполнять различные функции и манипуляции со светом [16,17,18].

#### 4. Мост «Фонтангадуги Банпо» Южная Корея, Сеул, 2009год (рис. 1.11).

Главная особенность моста Банпо, имеющего балочную конструкцию, состоит в том, что на нем расположился самый длинный в мире фонтан – Радужный – его длина 1140 метров. Брызги воды, выбрасываемые фонтаном, летят вперед и вниз по обеим сторонам от моста на расстояние в 43 метра и для эффектности подсвечиваются 10000 цветных лампочек. Надо сказать,

впечатляющее зрелище. Даже Книга рекордов Гиннеса не смогла обойти столь масштабный архитектурный проект. Фонтан ежеминутно забирает и сбрасывает в реку 190 тонн воды с высоты 20 метров. Максимальный расход воды – 420 м<sup>3</sup>/ч при напоре в 810 м обеспечивают встроенные частотные преобразователи.



Рисунок 1.11 - Мост «Фонтан радуги Банпо»

Мост имеет 2 яруса. На нижнем находятся смотровые площадки, по которым можно ходить только пешком. А верхний ярус используется как обычный мост, хотя с него тоже можно любоваться струями воды.

Но помимо красоты, этот фонтан отличается еще и тем, что был занесен в Книгу Рекордов Гиннеса как самый большой мост-фонтан в мире

5. Фонтан Петергоф, Россия, Санкт-Петербург, 1724 год (рис. 1.12, 1.13 и 1.14).

Пример отечественного строительства знаменитых на весь мир фонтана можно считать Петергоф. Начало строительства 1715год, окончание строительства: 1724 год. Архитекторы: И. Браунштейн, Ж.-Б. Леблон, Н. Микетти, М. Г. Земцов. Гидротехнические работы: П. Суалем, В. Туволков, братья Барратини. Скульпторы: Б.-К. Растрелли, Ф. Вассу, К. Оснер

Огромный фонтанный комплекс возле величественного Большого дворца считают одним из выдающихся сооружений паркового зодчества. Водные каскады такого масштаба встречаются очень редко, а оформление фонтана множеством изящных золоченых скульптур делают его уникальным. Благодаря талантам архитекторов, гидротехников и художников Петергоф обладает настоящим чудом, и ему нет равных по размерам, выразительности, роскоши и объему воды.

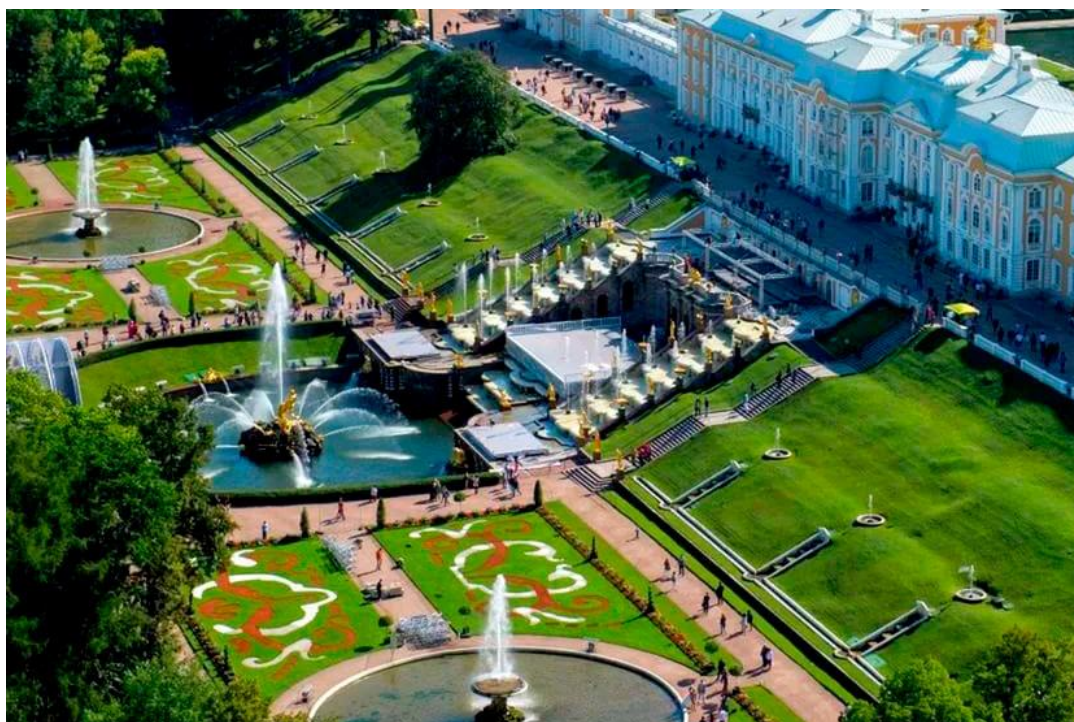


Рисунок 1.12 – Большой каскад

По своему замыслу и оформлению петергофская резиденция явилась памятником триумфальной победы русской армии и флота в борьбе за овладение Балтийским морским путем. Идея могущества России, ее торжества в Северной войне со Швецией наиболее отчетливо выражена в художественном ансамбле Большого каскада [2].

Проект фонтанного комплекса подготовил служивший при российском дворе немецкий зодчий Иоганн Фридрих Браунштейн. Ему помогал признанный мастер садово-паркового дизайна - француз Жан-Батист Александр

Леблон, которого российский император пригласил для строительства Санкт-Петербурга.

Для возведения каскада также пригодился опыт итальянского зодчего Николы Микетти. В 1719 году, после смерти Леблона, он стал придворным архитектором. Микетти выписывал из Италии различные художественные произведения, и благодаря ему, аллеи, фонтаны и дворцы Петергофа были украшены красивыми мраморными статуями. Помогал Леблону и Микетти талантливый русский зодчий Михаил Григорьевич Земцов.

Гидротехническими работами по созданию Большого каскада занимались французский мастер Поль Суалем, русский инженер-гидравлик Василий Григорьевич Туволков и итальянцы - братья Барратини. Примечательно, что перед тем, как взяться за работу в Петергофе, Василий Туволков за счет российской казны пять лет учился строить гидротехнические сооружения у голландцев и французов, то есть был петровским «пенсионером». Благодаря его точным расчетам, канал от Ропшинских высот до садов Петергофа проложили по самому оптимальному маршруту и при этом провели минимальные земляные работы.

На строительстве масштабного водопровода для петергофских фонтанов изо дня в день трудилось более 2000 человек, большая часть из которых были солдатами. В 1721 году искусственный канал протяженностью 24 км достроили, и в Большом каскаде прошел пробный пуск воды. А через два года провели торжественное открытие нового фонтана.

В начале Великой отечественной войны стало понятно, что территория Петергофа может оказаться под фашистской оккупацией. Чтобы сохранить хотя бы часть здешних сокровищ, сотрудники дворцово-паркового комплекса зарыли статуи под землю, а некоторые скульптуры спрятали в тайниках.

В 1944 году, когда пригороды Ленинграда освободили, перед советскими войсками предстало ужасное зрелище. Большой каскад превратился в руины, а четыре статуи, изображающие Самсона, Неву, Волхова и Тритонов, оказались похищенными.

Послевоенная реставрация растянулась на несколько лет. Скульпторам нужно было время, чтобы сделать новые статуи, а инженерам и гидротехникам - сконструировать и построить подводку воды к старинному фонтану. Наконец, в 1956 году посетители парка смогли увидеть обновленный каскад в действие.



Рисунок 1.13 – большой каскад после снятия блокады Ленинграда



Рисунок 1.14 – большой каскад после реставрации

На сегодняшний момент большой каскад — самое грандиозное сооружение нижнего парка. Расположенный на естественном склоне, он занимает площадь свыше трех тысяч квадратных метров. Каскад состоит из трех частей: Верхнего грота, двух семи ступенчатых водопадных лестниц и Нижнего грота между ними. Снизу он замыкается ковшом Морского канала, который, словно гигантская чаша, наполняется водами фонтанов.

### **1.3 Итоги проектирования фонтанов в разные исторические периоды**

Утилитарное значение фонтанов сохраняется до конца XIX века, так как до этого времени во многих городах, наряду с колодцами, они служили основным источником водоснабжения [20,21].

В Советском Союзе, где все градостроительные мероприятия проникнуты заботой о человеке, фонтаны являлись не только декоративными, но и важным санитарно-гигиеническим фактором, получившее широкое распространение. Они стали неотъемлемой частью городской площади, сада, парка [2].



Практика фонтанного строительства в зарубежных странах конца 1950г. таких как США и Франция сводилась к увлечению техницизмом, и представляли собой скорее сложные инженерные сооружения, чем произведения искусства. [22,23]

Современная практика начала 2000 годов свелась к слиянию новейших технологий и искусства. Эстетический смысл фонтана перестал существовать в пластике или скульптурах, которые были его частью, на первое место вышла сама вода, которая более не являлась предметом дополнения экспозиции, а сама создавала форму и структуру фонтана.

Массовость применения фонтанов в условиях современного строительства, а также высокий уровень развития техники открывает широкие возможности для эффективного использования воды и света в фонтанах, сочетания художественной выразительности архитектурного образа с искусной изобретательностью в области инженерного оборудования, что позволяет создавать фонтаны, достойные служить украшением городов.

В современных реалиях, когда технологии и декорации фонтанов достигли своего совершенства, встает следующий вопрос. Как и любая страна, достигшая своего промышленного, и технологического пика начинает двигаться в направлении рационального использования ресурсов, экономичности, и экологичности каждого процесса, так и проектирование фонтанов начинает двигаться в данном направлении.

## ГЛАВА 2 КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КАСКАДНЫХ ФОНТАНОВ

### 2.1 Схемы водоснабжения и конструктивные элементы

Для фонтанов с малыми расходами воды в 2 — 5 л/сек вода может подаваться городской сетью водопровода, а слив использованной воды обеспечивает городская канализационная сеть (рис. 2.1). При небольшой стоимости воды по сравнению со стоимостью использования электроэнергии рационально применять схему 1 для небольшого расхода воды в фонтане [5].

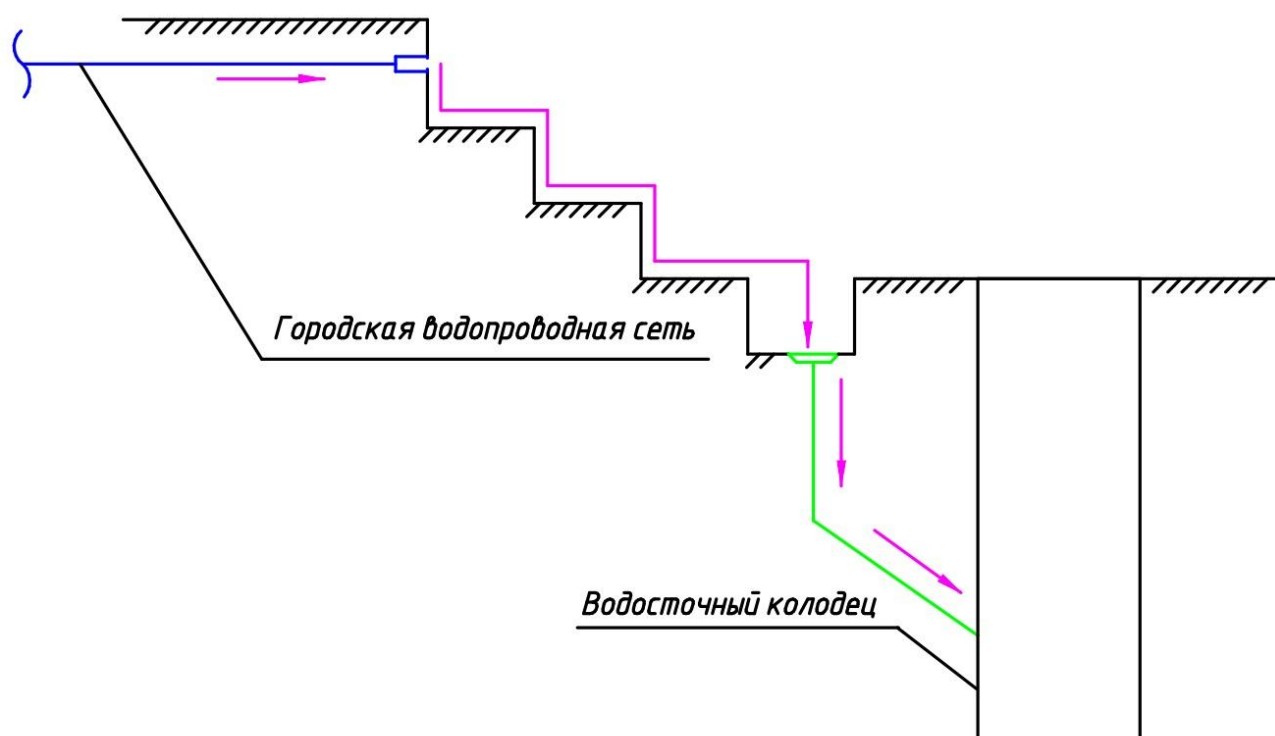


Рисунок 2.1 - Схема водоснабжения 1

Допускается питание фонтанов от охлаждающих установок, но только если вода хорошего качества, не допускается использовать для водоснабжения фонтана артезианскую воду, забор воды из систем кондиционирования воздуха разрешён для экономии водных ресурсов, но это не запрещает использования водопроводной воды. Для увеличения величины напора может устанавливаться

насосная установка (рис. 2.2). Использованная вода сбрасывается в водосток [5].

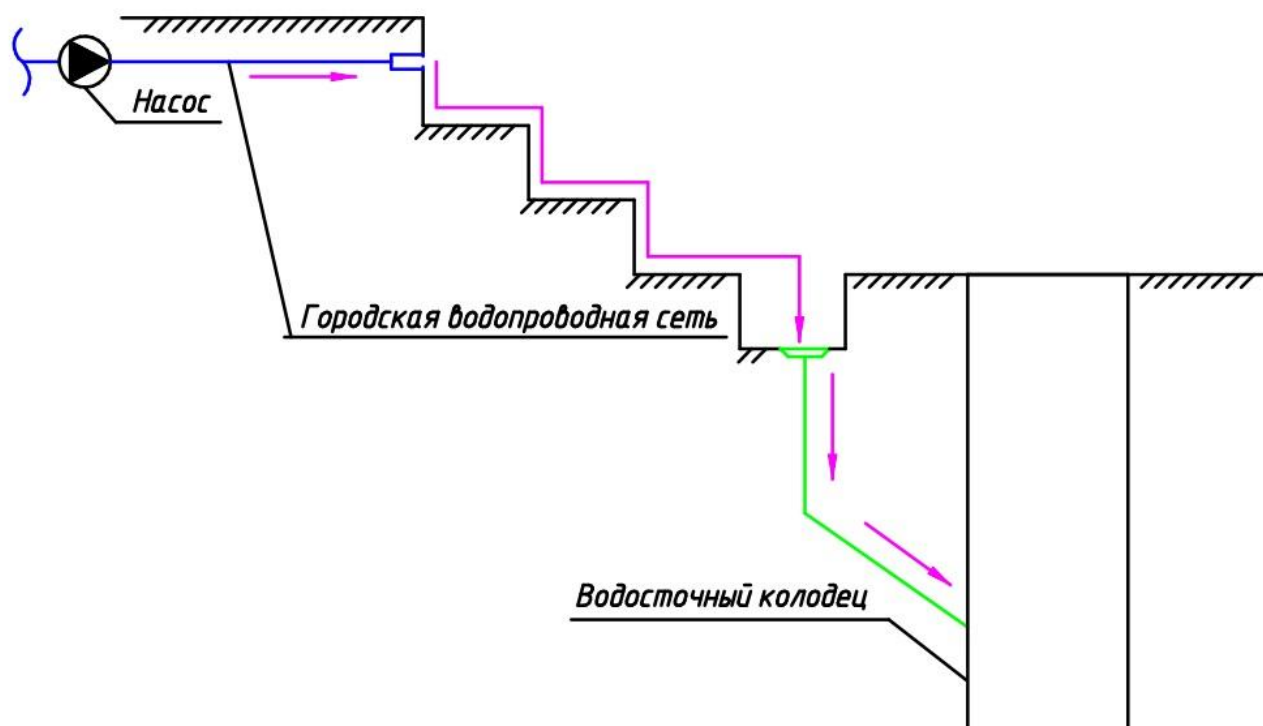


Рисунок 2.2 - Схема водоснабжения 2

В выше описанных схемах питания фонтана от городского водопровода без рециркуляции воды, вода от городской сети подается на наполнение бассейнов; в камере происходит подключение фонтана, установлена арматура для регулирования режима работы фонтана. Вода после прохождения до нижнего бассейна фонтана сбрасывается в городскую канализационную сеть.

Применение рециркуляции воды при постоянном пополнении бассейна от сети водоснабжения характерна для больших фонтанов (рис. 2.3).

Если фонтаны расположены на разных уровнях горизонтов, то из нижней чаши вода забирается циркуляционными насосами [5].

Сокращение расходов воды характерно установке рециркуляции за счет многократного использования воды.

Путем сравнения их стоимости должна быть уточнена экономическая пригодность того или иного варианта [5].

При наличии в конструкциях фонтана большого количества трубопроводов, насадок, трубопроводы прокладываются в полупроходных каналах.

В фонтанах со сложным оборудованием, большим количеством трубопроводов и насадок все основные трубопроводы рекомендуется прокладывать в полупроходных каналах.

На (рис. 2.4) показано устройство фонтана с еще одним видом рациональной обратной системой водоснабжения.

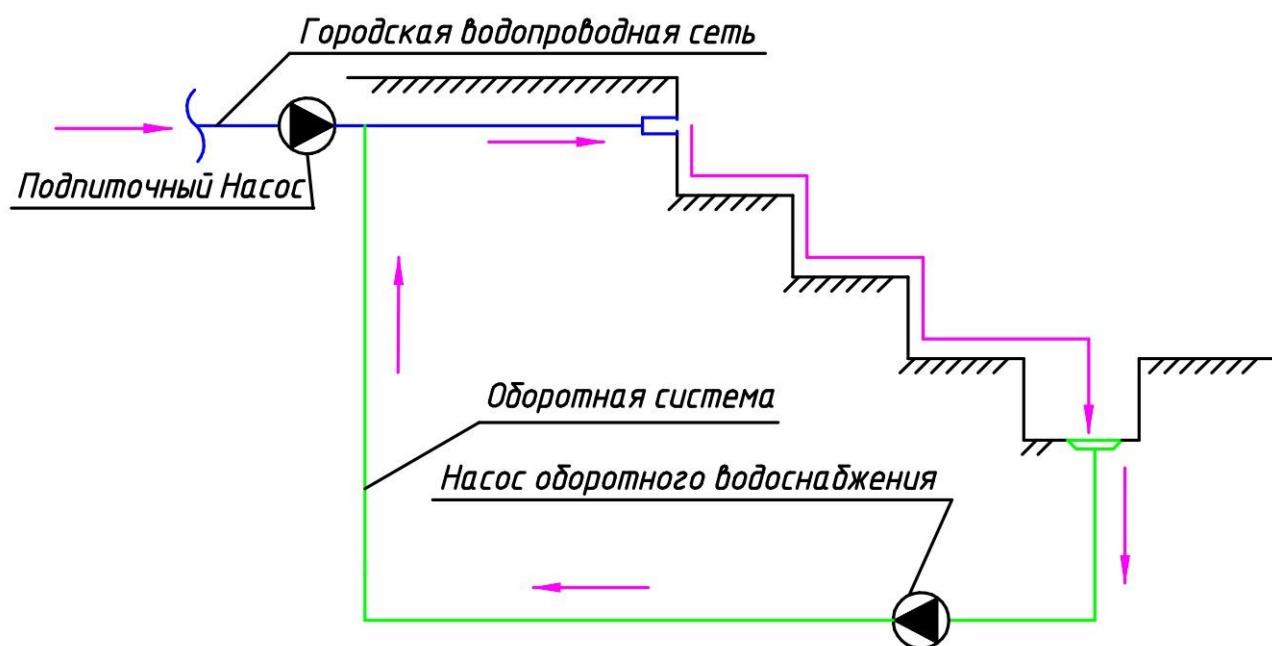


Рисунок 2.3 - Схема водоснабжения 3

К борту нижнего бассейна фонтана подведена вода от городского водопровода. Здесь же расположена задвижка, с электроприводом которая работает в паре с насосной установкой, которая подаёт необходимое количество воды для удержания постоянного уровня воды в бассейне [34].

В целом регулировка расхода воды системой, подпитка системы, должна регулироваться в зависимости от уровня воды в каждом из бассейнов.



Рисунок 2.4 - Фонтан с оборотной системой водоснабжения и подпиткой в нижнем бассейне

Центр автоматизации регулирующего оборудования рекомендуется размещать в верхней камере.

Насос, работающий на линии оборотного водоснабжения фонтана, должен находиться в залитом состоянии, и располагаться ниже уровня воды нижнего бассейна фонтана, из которого идет забор воды для рециркуляции, а также предусмотреть обратный клапан.

## 2.2 Монтаж трубопроводов

Фонтанные трубопроводы не отличаются от требований к стальным водопроводным трубам используемых для прокладки систем питьевого водоснабжения. Большую роль играет тщательное и прочное устройство соединений, соединение трубопроводов выполняется с помощью сварочных работ, так же следует покрывать сварочные стыки антикоррозийными мастиками [36].

Монтаж трубопроводов содержит следующие основные требования:

1. Монтаж трубопровода должен вестись квалифицированными монтажниками и сварщиками [35].
2. Должен соответствовать требованиям охраны труда.

3. Все труднодоступные системы трубопроводов фонтана, которые прокладываются под дном бассейнов или в конструкциях фонтана нужно проверить на герметичность гидравлическим давлением до заделки всех трубопроводных систем.
4. Во время монтажа трубопровода требуется соблюдать плавные переходы при перемене диаметров.
5. Перед сваркой для удаления заусениц и вмятин с конца соединяемых трубопроводов их следует тщательно обработать.
6. Вести сварку отводов под острым углом нельзя [35].

Проектирование систем водоснабжения фонтана должно учитывать такие требования как:

1. Начертание трубопроводов в плане должно быть простым.
2. Сама система должна быть спроектирована таким образом, что она обеспечивала легкую прочистку трубопроводов, что особо важно для спускных и переливных труб фонтана это требование.
3. При прокладке трубопроводов минимальный уклон должен быть не меньше 0,02 [36].
4. При выборе диаметра трубопровода системы нужно придерживаться максимального показателя скорости воды в трубах 0,5 – 0,6 м/сек, данное условие обязательно для прямых и кольцевых участков со значительным количеством отверстий в трубопроводе или насадках.

Для регулировки фонтана и его эффективной работы, во время проектирования и монтажа следует руководствоваться следующими основными правилами:

1. Индивидуальное, отдельное управление должна иметь каждая струя фонтана, для такого управления на трубах, подводящих воду к насадкам ставится вентиль за счёт которого появляется возможность регулировать расход воды через насадку. Чем сложнее композиция фонтана, тем сложнее выполнить такое сложное управление струями, поэтому для регулирования расхода и напора воды следует устанавливать диафрагмы или регулирующие клапаны, а

также следует объединять наибольшее количество участков с отдельными регулирующими клапанами близких по характеру работы групп насадок. Во избежание усложнения конструкции дна бассейна, увеличения объёма гидроизоляционных работ, а также обеспечить доступность и простоту регулировки, не следует устанавливать диафрагмы, вентили, регулирующие клапаны под фонтаном или под чашей нижнего бассейна.

2. Для постоянного уровня воды в бассейне фонтана должны выполняться следующие решения:

- Подпитка воды происходит через автоматизированный вводной узел или подводкой воды по трубе с регулирующей арматурой, данные устройства должны быть отрегулированы на пропуск воды, необходимый для поддержания постоянного уровня воды в нижнем бассейне. Отсутствие данных устройств ведет к нарушению уровню воды в бассейне из-за испарения, уноса воды ветром, что в дальнейшем вызывает прекращение работы фонтана до восстановления уровня воды из городской сети водоснабжения.
- Сток воды фонтана регулируется за счет переливов. Данный тип регулировки стока обеспечивает не только правильную работу насадок, а также поддерживает баланс воды, что в следствии обеспечивает стабильную работу насосной установки.
- Бассейны, фонтанные чаши должны иметь такие конструкции, которые могут обеспечивать удаление из них воды по необходимости. Для обеспечения данного требования конструкция дна должна иметь уклон не менее 0,005, уклон должен быть направлен к выпуску воды. Выпускную трубу требуется размещать в приемке и сверху должна быть натянутая сетка. Для спуска воды в конструкцию дна бассейна должна быть установлена труба, которая закрывается пробкой на время работы фонтана.
- Для опорожнения системы трубопроводов на зиму или для ремонта сами трубопроводы следует прокладывать с уклоном в сторону бассейна или

насосной, так же нельзя допускать образования водяных мешков в трубопроводах [37].

- В массив скульптуры если таковая имеется в архитектурном ансамбле фонтана закладываются стальные или медные трубы с целью присоединения насадок.
- В основе фонтанов которых лежит искусственный пруд или большая водная поверхность укладка труб должна происходить на дно предварительно утрамбованное щебенкой или на основаниях стойках, сваях – ниже уровня возможной линии подвижки льда или уровня льдообразования [5].

## 2.4 Гидравлический расчет фонтанных чаш и каскадов

Расход воды в каскадных чашах и самих каскадах находится по формуле незатопленного водослива с широким порогом, без учета скорости прохода по (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Расход воды каскада в зависимости от толщины слоя

Н, м.	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,01
Q, л/сек.	0,13	0,24	0,38	0,53	0,69	0,87	1,06	1,27	1,48
Н, м.	0,011	0,012	0,013	0,014	0,015	0,016	0,017	0,018	0,02
Q, л/сек.	1,71	1,96	2,20	2,46	2,72	3,00	3,30	3,58	4,20

Для круглой по форме чаши с диаметром D, расход воды высчитывается по формуле:

$$Q = 4,67 * DH^{3/2} \quad (2.2)$$

Если поверхности порога гладкие, а также поверхность ребра слива, и поверхность воды в чаше или бассейне совершенно спокойна, то можно добиться слива воды из чаши или бассейна в виде ровного и стеленого колпака, чтобы сам перелив был спокоен нужно применить профили, указанные на (рис.2.5).



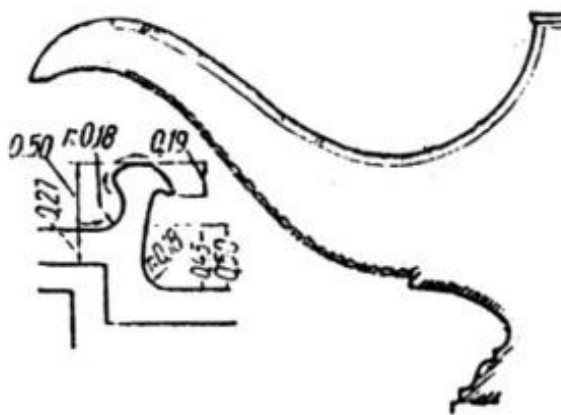


Рисунок 2.5 - Переливы фонтанных чаш

Для создания неразрывности водяного потока, во время слива воды из верхних чаш или бассейнов, требуется устанавливать перед гранью слива успокоители, или в варианте с каскадами продлевать сам ход движения воды, за счет успокоительного бассейна, его глубина должна быть равной толщине слоя воды на пороге водослива, без наличия данных мер слив становится неровный и прерывистый. Для поддержания мощности и формы каскада в саму чашу или бассейн требуется установить питающую трубу, так же должна быть предусмотрена возможность регулировать количество воды, т.е. установка регулирующей арматуры. Сливные края чаш или бассейнов можно применять простыми изрезанными геометрическими формами: трапеция, полукруг, треугольник, парабола, это делается, чтобы при гидравлическом расчете упростить форму грани водослива. В таких водосливных гранях слив будет происходить отдельными струйками [5].

Количество расхода воды для треугольного водослива определяется по формуле:

$$Q = \frac{4}{15} \mu b * \sqrt{2g} * H^3 \quad (2.3)$$

где:  $\mu$  – Коэффициент расхода предназначенный для треугольной формы водослива фонтанных чаш и бассейнов 0,6;

$b$  – Ширина водослива м;

$H$  – Высота водослива м.

Если значение угла  $\alpha$  известно то величину  $b$  можно выровнять через  $H$ , получим:

$$Q = \frac{4}{15} \mu b * 2H * tg\alpha * \sqrt{2g} * H^{3/2} \quad (2.4)$$

Обозначив:

$$\frac{4}{15} \mu b * tg\alpha * \sqrt{2g} = A_i \quad (2.5)$$

Объединив формулы 2.4 и 2.5, получим простое выражение:

$$Q = A_i * H^{3/2} \quad (2.6)$$

Значение  $A_i$  для разных углов  $\alpha$  указаны в (табл. 2.2).

Таблица 2.2 – Значение  $A_i$  для разных углов  $\alpha$

Угол $\alpha$	30°	40°	45°	50°	60°	70°	80°	90°
$A_i$	0,375	0,509	0,577	0,652	0,82	0,98	1,195	1,4

Величины  $H^{3/2}$  для расходов, выражается в л/сек, приведены в (табл. 2.3).

Таблица 2.3 – Величины  $H^{3/2}$  для расходов

$H$ в м.	0,005	0,01	0,015	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
$H^{3/2}$	0,0018	0,01	0,0274	0,0564	0,156	0,32	0,56	0,88	1,30
$H$ в м.	0,08	0,09	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	–
$H^{3/2}$	1,81	2,46	3,16	4,98	7,34	10,2	13,7	17,9	–

На (рис. 2.6) изображены расходы воды для треугольного водослива.

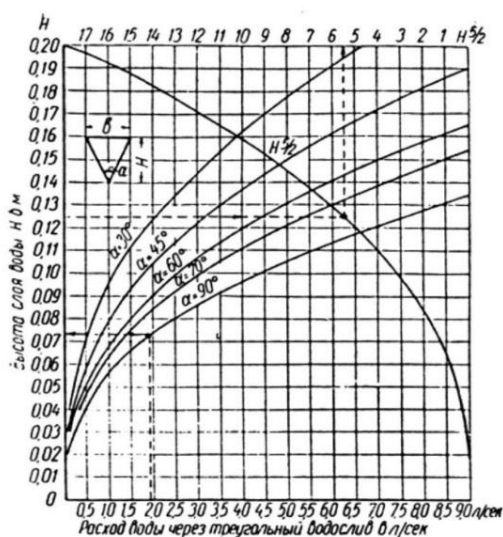


Рисунок 2.6 - График для определения расхода воды через треугольный водослив

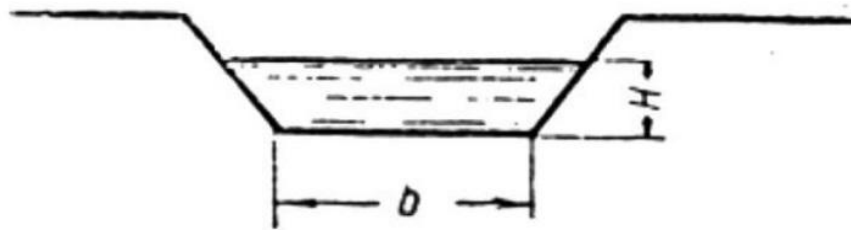


Рисунок 2.7 - Трапецеидальный водослив

Трапецеидальный водослив (рис. 2.7), ширина которого берется по низу и обозначается как  $b$  и должна быть в три раза больше высоты напора  $H$ , для данного водослива расход воды находится по формуле:

$$Q = 1,86 * b * H^3 \text{ } ^2, \text{ м}^3 \text{ сек} \quad (2.7)$$



Рисунок 2.8 - Круглый водослив

Если форма сечения водослива круглая (рис. 2.8), то расход воды определяется по формуле:

$$q = \mu * q_1 * D^3 \text{ } ^2, \quad (2.8)$$

где:  $\mu$  – коэффициент расхода, используется для отношения  $\frac{H}{D}$  в пределах от 0,25 до 0,8;

$q_1$  – расход воды при условном диаметре в 1 дсм. и принятом отношении  $\frac{H}{D}$  в л/сек;

$D$  – Диаметр кругового водослива в дсм.

Обозначив  $\mu * q_1$  через  $A_k$  получим:

$$q = A_k * D^3 \text{ } ^2, \quad (2.9)$$

где величина  $A_k$  имеет значения, указанные в (табл. 2.4).

Таблица 2.4 - Величины  $A_k$

$H D$	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,3 5	0,4 0	0,4 5	0,5	0,6	0,7	0,8
$q_1$	0,027 2	0,10 7	0,23 8	0,41 7	0,64 3	0,91 2	1,2 0	1,5 7	1,9 4	2,3 7	3,3 9	4,3	5,3 7
$A_k$	0,016 9	0,06 4	0,14 3	0,25	0,38 5	0,54 7	0,7 2	0,9 4	1,1 6	1,4 2	1,9 7	2,5 8	3,2 2

Для упрощения расчетов в (табл. 2.5) приводим значение  $D^{3/2}$  для диаметров от 0,1 до 10 дцм.

Таблица 2.5 - Значение  $D^{3/2}$

$D$ (дцм)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$D^{3/2}$	0,00316	0,0179	0,0492	0,101	0,177	0,279	0,416	0,573	0,77	1,0

Многоступенчатые каскады позволяют добиться лучшего зрительно эффекта, который достигается за счет формы водосливного порога. К данному типу каскадов также предъявляются такие конструктивные требования, как необходимость установки водобойного колодца (рис. 2.9) или установка ступени с обратным уклоном для гашения струи на каждой ступени [5].

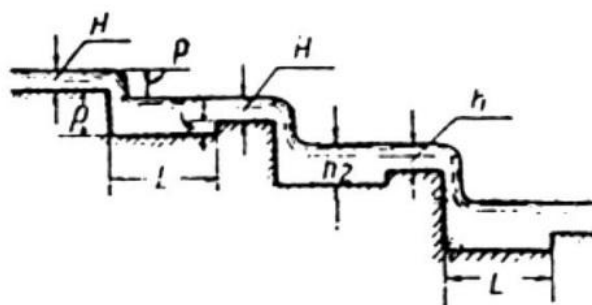


Рисунок 2.9 - Ступенчатые каскады

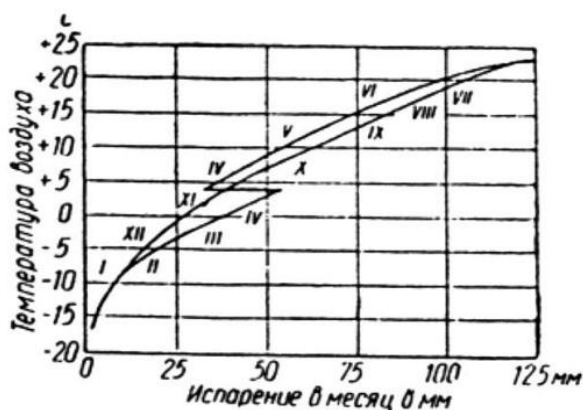


Рисунок 2.10 - Кривая для определения слоя испарения в месяц в мм

## 2.5 Потери воды фонтанами

Важным параметром для оборотной системы являются потери воды. При оборотном водоснабжении фонтана вода может теряться при испарении, разбрызгивании, а также возможен ее унос ветром [5].

Также с помощью кривой (рис. 2.10) определяется величина испарения. У данной кривой среднесуточная температура отражена на оси ординат для любого месяца, а ось абсцисс отражает месячную величину испарения в мм.

Если система водоснабжения фонтана выполнена как оборотная, то нужно предусмотреть постоянное пополнение воды, величина пополнения будет равна потере воды для поддержания необходимого уровня воды. Пополнение достигается за счет ниши с шаровым краном в центральной фигуре фонтана, если таковая входит в архитектурный ансамбль фонтана или в борту фонтана, также пополнение может осуществляться за счет подведённой водопроводной трубы небольшого диаметра от городского водопровода с регулированием на нужный подпиточный расход воды [5].

Отсутствие подпитки воды для поддержки уровня воды в бассейне на постоянной отметке может стать причиной остановки работы фонтана, в дальнейшем придется пополнить бассейн и систему водой для возобновления работы, что усложняет эксплуатацию фонтана и несет экономические потери.

## 2.6 Выводы по первой главе

Система водоснабжения фонтана должна удовлетворять всем основным направлениям, таким как: рациональная схема водоснабжения фонтана, монтаж трубопроводов, гидравлический режим самого фонтана, поддержка постоянного уровня воды в бассейнах.

Так самой рациональной схемой была выбрана схема с подпиткой воды в верхнем ярусе каскада, так как монтаж и обслуживание трубы, насоса и прочего оборудования уходящей в нижнюю камеру экономически не выгоден, а также усложняет систему подпитки при этом, не делая ее более рациональной.

Основная часть водоснабжения фонтана поставлена на обратное водоснабжение. С нижнего бассейна вода подается насосом к верхней камере, где происходит добавление расхода воды равнозначному потерям при эксплуатации фонтана, и после подается на плато питающего бассейна.

Также в ходе исследования возможных схем водоснабжения фонтана была рассмотрена но не включена в материал диссертации схема с накопительным баком, но её установка не обоснована в связи с слишком большими капиталовложениями, трудозатрат на ее обслуживание а также установки блока обеззараживания т.к вода прошедшая цикл спуска насыщается биологическими организмами, также стоит отметить, что сама система фонтана не должна быть с высоким уровнем обеспеченности, так как этот объект носит больше эстетический характер, чем жизненно необходимый.

Должен быть предусмотрен перелив воды в канализацию, если основной водосливной трубы обратного водоснабжения не хватает, из-за большого количества осадков или ЧП.

Сами борта водосливных чаш должны быть идеально гладкими для должного эффекта ниспадающей струй, так же сами чаши должны иметь уклон для слива воды при переходе на зимний режим или ремонта.



## **ГЛАВА 3 ПРИВЯЗКА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАСКАДНОГО ФОНТАНА В Г.О ТОЛЬЯТТИ**

В данной главе рассматривается внедрение каскадного фонтана в г.о. Тольятти с учетом технологических особенностей, особенностей рельефа и эксплуатационных особенностей.

На первый взгляд проектирование каскадных фонтанов является не сложной задачей в отличие от проектирования более важных социальных объектов, таких как жилые дома, или медицинские учреждения, очистные сооружения. Исходя из выше сказанного, целью является, разработка и расчет основных параметров при проектировании таких объектов, так как отсутствие какой-либо нормативной документации затрудняет разработку сооружений данного типа.

### **3.1 Выбор и обоснование места строительства**

Выбор места строительства должен полагаться в первую очередь на рельеф местности для уменьшения земляных работ, что поможет снижению итоговой стоимости всего объекта и так же простоту обслуживания, позволит грамотно вписаться в ландшафт места застройки [38].

В г.о Тольятти (рис 3.1) было выбрано наиболее подходящее место строительства, это склон, который расположен у памятника основателя данного города В.Н. Татищева, который расположен у берега реки Волга (рис. 3.2, 3.3).

На (рис. 3.4) показана зона местности, по которой берутся отметки уровня земли, сама трасса обозначена отрезком с точками Н и К, что в свою очередь означает начало трассы и конец трассы.

Зона строительства окружена лесопарковыми насаждениями, также отсутствие инфраструктуры (зданий, дорог) и инженерных коммуникаций упрощает момент ведения строительства.

Рельеф местности имеет покатый склон что удовлетворяет основное условие выбора места привязки проектируемого объекта.



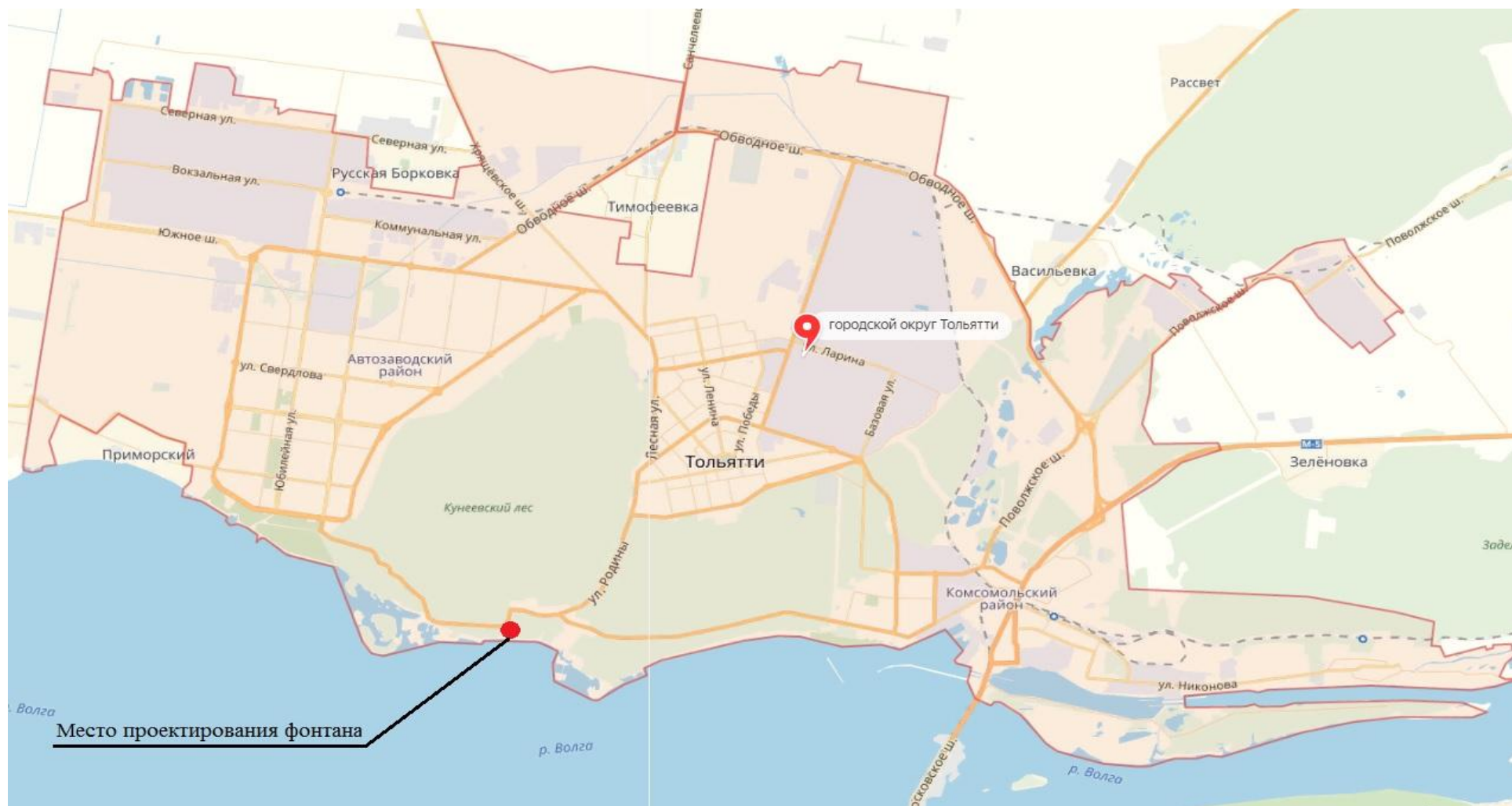


Рисунок 3.4 – Территория городского округа Тольятти

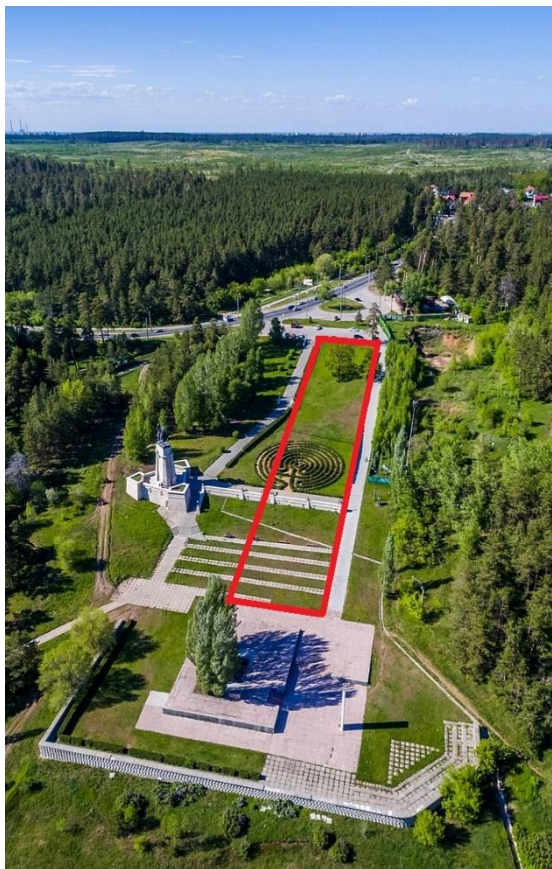


Рисунок 3.2 – Обзор местности памятника В.Н. Татищева

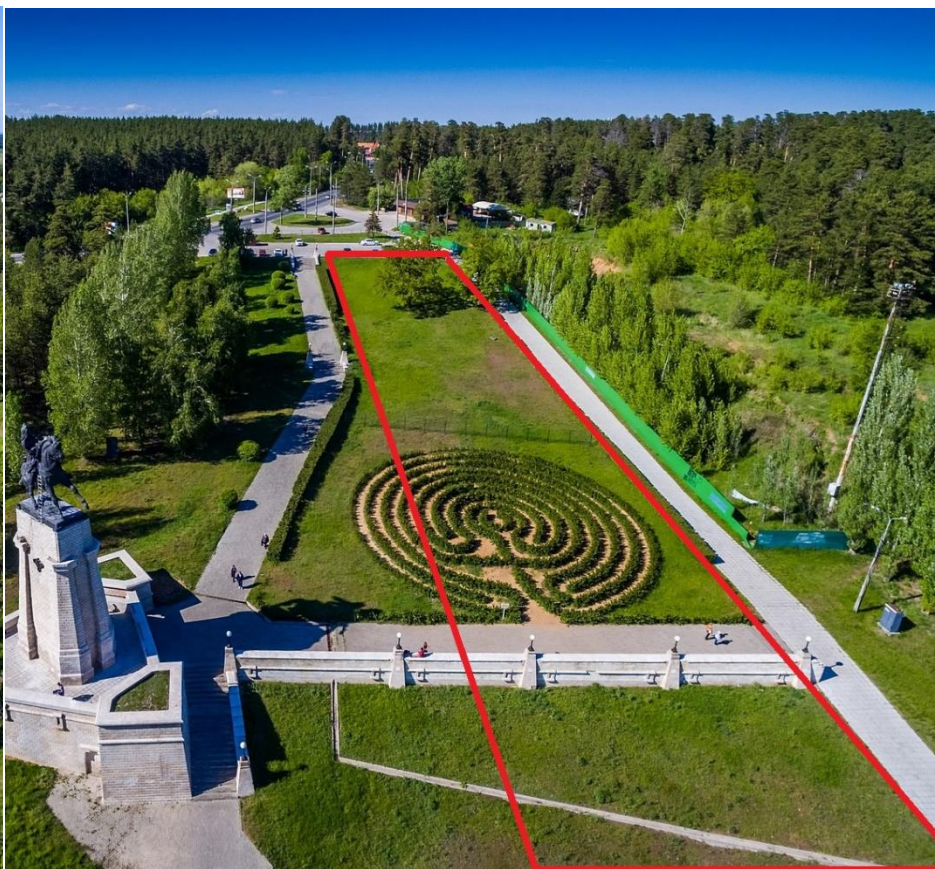


Рисунок 3.3 – Обзор склона памятника В.Н. Татищева

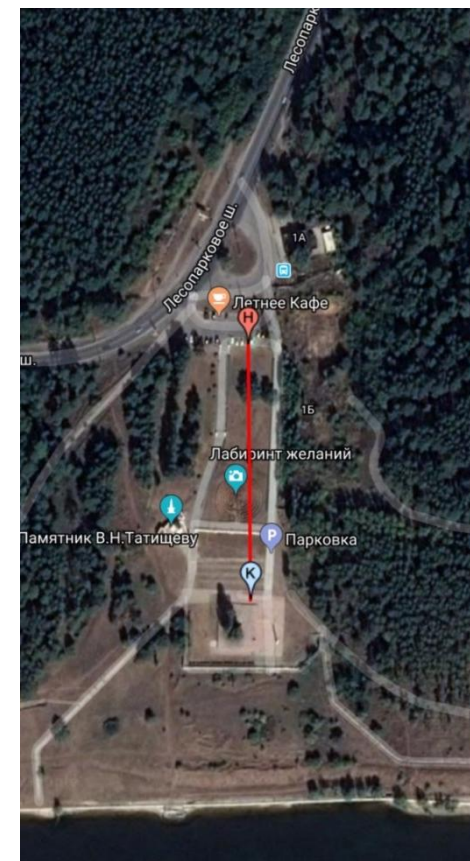


Рисунок 3.4 – Трасса строительства каскадного фонтана

Отметка начала трассы находится на уровне 91,27 м над уровнем моря, а самая последняя точка 4 ступени на отметке 73,93 м, протяжённость трассы составляет 170 м., ширина объекта составит 10 м. Продольный профиль трассы представлен на (рис. 3.5).

При данных размерах каскадного фонтана он будет проходить между 2-ух прогулочных дорог, и спускаться от самого верха до Мемориала воинам, погибшим в годы Великой Отечественной войны. Таким образом, данный объект хорошо вписывается, как в местную инфраструктуру, так и в ландшафт самого места. Отметки земли были взяты с сайта радиографического приема на территории России, данный сайт использует отметки земли на местности для определения слепых зон радиоприема.

На основе топографических отметок земли был составлен продольный профиль земли, в профиле отражен уклон местности, фактическая отметка земли, стоит отметить, что отметки земли брались с интервалом в 10м так как средний уклон склона равномерный. Далее требуется провести расчет основных параметром самого фонтана для определения конструктивных особенностей и режима работы фонтана, на основе которых будет построен продольный профиль самого каскадного фонтана и совмещение его в продольный профиль местности для дальнейшего построения трёхмерной модели объекта строительства.

Системы водоснабжения подключаются к существующим сетям. Подключение производится за счет установки новых колодцев и прокладке сетей от точки подключения до верхней камеры фонтана. Водоотведение используется только в случае ремонта, или перевода объекта на зимний период, с каждого бассейна вода собирается и направляется в построенный водоприемный колодец на берегу волги и дальше направляется в саму реку.

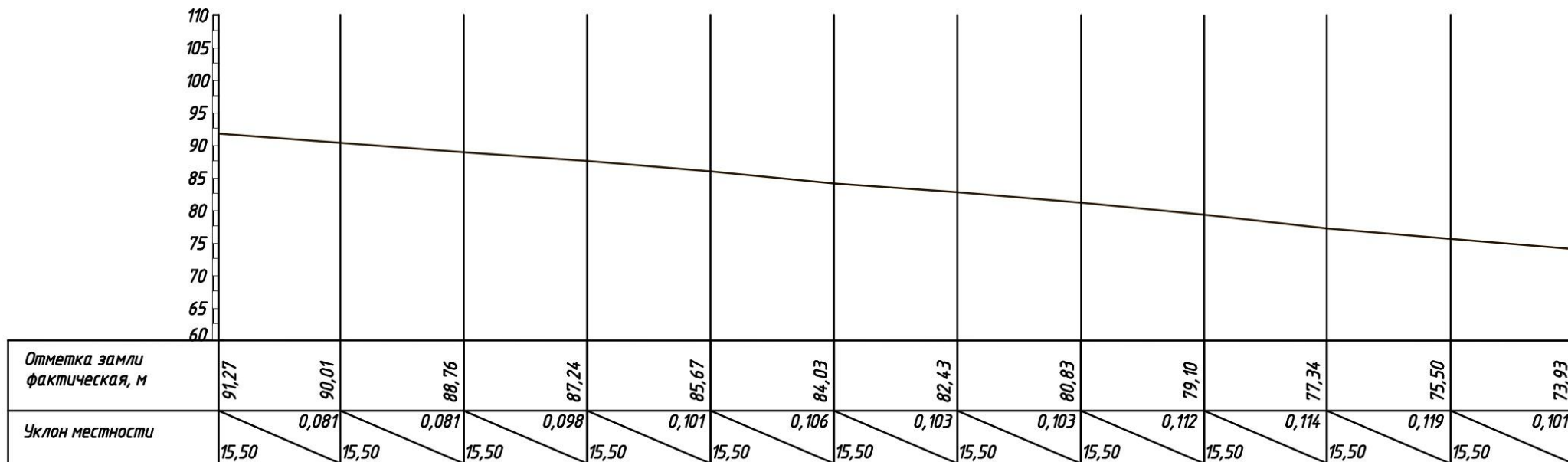


Рисунок 3.5 - Продольный профиль трассы

### 3.2 Расчет основных параметров

Для гидравлического расчета необходимо определить количество расходуемой воды за секунду, а также потери воды за счет испарения, уноса ветром, и разбрызгивании ниспадающего потока. При нахождении количества теряемой воды требуется также рассчитать размеры конструкции бассейна для построения продольного профиля фонтана [5].

Секундный расход воды в фонтане рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{сек}} = mb * \sqrt{2g} * H^{3/2}, \text{ м}^3, \quad (3.1)$$

$$Q_{\text{сек}} = 0,335 * 10 * \sqrt{2 * 9,8} * 0,3^{3/2} = 0,243 \text{ м}^3$$

где:  $m$  – коэффициент расхода, принимаемый 0,335;

$b$  – ширина водослива в м;

$H$  – толщина слоя воды над порогом водослива (бортом чаши) в м.

Потери воды в каскадном фонтане при неотрегулированном поступлении подпитывающей воды может привести к остановке его работы. Поэтому для своевременного пополнения объема воды в фонтане требуется установить автоматизированный пункт, который обеспечивает нужное количество воды за счет датчиков уровня воды, которые должны располагаться на каждой ступени фонтана.

Для гидравлического расчета основной и подпиточной ветки водоснабжения требуется найти объем теряемой воды, который зависит от общего объема воды в бассейнах фонтана, и также климатических данных места проектирования каскада.

При определении объема воды в бассейнах фонтана, также следует учесть, что в многоступенчатых каскадах при падении с высоты вода может деформировать отбойную плиту, а также создается эффект гидравлического прыжка струи, для гашения энергии ниспадающего потока в бассейне каждой ступени устраивается углубление дна, что называется водобойным колодцем.

Длина водобойного колодца (рис.3.6) на каждой ступени каскада зависит от длины дальности отлета струн, являющейся функцией высоты ступени, слоя воды над ней и длины завихрения в колодце, и определяется по формуле:

$$L = 1,10 \overline{H_o(P + a + 0,3 * H_o)} + 5 * h_2 - h_1, \text{ м.} \quad (3.2)$$

$$L = 1,10 \overline{0,316 * (4,2 + 1,8 + 0,3 * 0,316)} + 5 * 1,8 - 0,3 = 8,986 \text{ м.}$$

Длина водобойного колодца принимается равной:  $L = 9 \text{ м.}$

где  $H_o$  – полный напор на пороге в м и находится по формуле:

$$H_o = H + \frac{V_0^2}{2 * g}, \text{ м.} \quad (3.3)$$

$$H_o = 0,3 + \frac{0,57^2}{2 * 9,8} = 0,316, \text{ м.}$$

где:  $V_0$  – скорость подхода у порогу каскада в м/с и определяется по формуле:

$$V_0 = \frac{Q_{\text{сек}}}{H+p} \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot B, \quad (3.4)$$

$$V_0 = \frac{243}{0,3 + 4,2 * 10} = 0,57, \text{ м/с.}$$

где:  $Q_{\text{сек}}$  – расход воды через водослив в л сек,

$B$  – ширина ступени в м;

$p$  – высота ступени м;

$a$  – глубина колодца м;

$h_2 - h_1$  – разность глубины воды в колодце и нижнем бьефе в м.

Ориентировочно можно считать, что в каскадах одинакового сечения и уклонов  $h_1 = H$ .

Глубину водобойного колодца  $a$  можно определить из условия:

$$P = 0,7 p + a, \quad (3.5)$$

$$P = 0,7 * 4,2 + 1,8 = 4,2, \text{ м.}$$

где  $p$  – разница высот между уровнем воды в верхнем и нижнем бьефах в м.

На дно водобойного колодца устанавливается водобойная плита.

Водобойную плиту выполняют в виде массивной армированной бетонной плиты. Толщина плиты водобойного колодца, важный параметр, который должен удовлетворять неравенство:

$$\sigma_{\text{в.п.}} \geq \frac{1}{10} * L, \text{ м} \quad (3.6)$$

где  $\sigma_{\text{в.п.}}$  – минимально допустимая толщина водобойной плиты, м.

$$\sigma_{\text{в.п.}} \geq \frac{1}{10} * 9 = 0,9 \text{ м}$$

Из равенства следует, что толщина водобойной плиты должна составлять не менее 0,9 м.

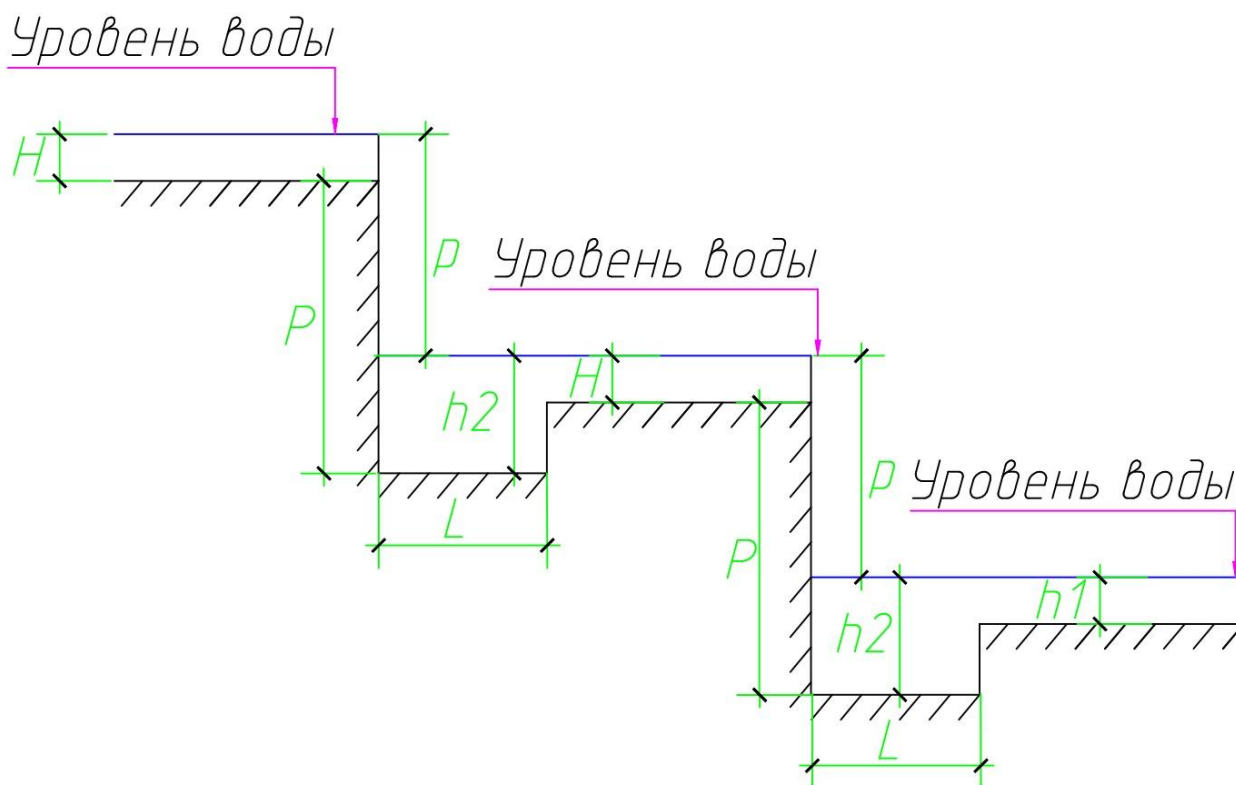


Рисунок 3.6 – Продольные размеры бассейнов каскадов

На основе полученных данных, таких как длина и глубина водобойного бассейна строится продольный профиль фонтана с отметками верха дна каждой ступени бассейна, с указанными уклонами дна для слива воды во время обслуживания или перевода объекта в зимний режим (рис.3.7).

После построения профиля местности и фонтана строится совместный профиль (рис.3.8), и на его основе трехмерная модель (рис.3.9).

К показателям расхода воды относится такой показатель как, потери воды. Этот показатель складывается из испаряющейся воды и воды на унос ветром, разбрызгивание [5].

Количество испаряющейся с поверхности воды в основном зависит от температуры наружного воздуха, его влажности, средней скорости ветра и определяется приближенно по формуле:

$$H_{\text{исп}}^{\text{мес}} = 11,6 l_m - l * 1 + 0,134 * V_B, \text{ мм/месяц} \quad (3.7)$$

$$H_{\text{исп}}^{\text{мес}} = 11,6 * 24,249 - 15 * 1 + 0,134 * 3,2 = 153 \text{ мм/месяц}$$

где:  $H_{\text{исп}}^{\text{мес}}$  – слой испарения в бассейне за месяц в мм;

$l_m$  – максимальная упругость водяных паров при заданной температуре поверхности воды в мм.р.ст;

$l$  – абсолютная влажность воздуха гр/м<sup>3</sup>;

$V_B$  – средняя скорость ветра в м/сек (за месяц).

Из значения испаряющейся воды в месяц можем найти потери воды на испарение м/сек по формуле:

$$H_{\text{исп}}^{\text{сек}} = \frac{\frac{H_{\text{исп}}^{\text{мес}}}{1000}}{3600 * 24 * 30}, \text{ м/сек.} \quad (3.8)$$

$$H_{\text{исп}}^{\text{сек}} = \frac{\frac{153}{1000}}{3600 * 24 * 30} = 0,000001, \text{ м/сек.}$$

Объем воды, который теряется на испарение ежесекундно и является произведением толщины слоя испарения на площадь:

$$Q_{\text{исп}}^{\text{сек}} = S_{\text{исп}} * H_{\text{исп}}^{\text{сек}}, \text{ м}^3. \quad (3.9)$$

$$Q_{\text{исп}}^{\text{сек}} = 1600 * 0,000001 = 0,0016, \text{ м}^3/\text{сек.}$$

где:  $S_{\text{исп}}$  – площадь испарения жидкости всех 4 бассейнов фонтана.

$$S_{\text{исп}} = (S_{\text{вбк}} + S_{\text{ч}}) * n_{\text{ст}}, \text{ м}^2 \quad (3.10)$$

где:  $S_{\text{вбк}}$  – площадь водобойного колодца;

$S_{\text{ч}}$  – площадь чаши бассейна;

$n_{\text{ст}}$  – количество ступеней фонтана.

$$S_{\text{исп}} = 90 + 310 * 4 = 1600, \text{ м}^2$$

$$S_{\text{вбк}} = a_{\text{вбк}} * b_{\text{вбк}}, \text{ м}^2 \quad (3.11)$$

где:  $a_{\text{вбк}}$  – длина водобойного колодца;

$b_{\text{вбк}}$  – ширина водобойного колодца.

$$S_{\text{вбк}} = 9,0 * 10 = 90 \text{ м}^2$$



$$S_{\text{ч}} = a_{\text{ч}} * b_{\text{ч}}, \text{ м}^2 \quad (3.12)$$

где:  $a_{\text{ч}}$  – длина чаши бассейна;

$b_{\text{ч}}$  – ширина чаши бассейна.

$$S_{\text{ч}} = 31 * 10 = 310 \text{ м}^2$$

Коэффициент применяемый для нахождения потери воды при уносе ветром применяется равным 3%, на разбрызгивание 0,5%.

Принимаем потери воды в размере 3,5%.

Объем воды теряемый за  $n$  часов работы фонтана при уносе ветром и разбрызгивании, определяется по формуле:

$$Q_{\text{пот}}^n = Q_n * 0,035, \text{ м}^3 \quad (3.13)$$

$$Q_{\text{пот}}^n = 8770 * 0,035 = 306,95, \text{ м}^3$$

где:  $Q_n$  – расход воды фонтаном за  $n$  часов работы;

$$Q_n = \frac{Q_{\text{сек}} * n * 3600}{1000} \approx 8770 \text{ м}^3, \quad (3.14)$$

где:  $Q_{\text{сек}}$  – расход воды фонтаном в л/сек;

$n$  – количество рабочих часов в день.

$$Q_{\text{пот}}^n = \frac{243,6 * 10 * 3600}{1000} \approx 8770 \text{ м}^3,$$

Суммарные потери воды в фонтане в секунду рассчитываются по формуле:

$$\Sigma Q_{\text{пот}}^{\text{сек}} = Q_{\text{исп}}^{\text{сек}} + Q_{\text{пот}}^{\text{сек}}, \frac{\text{м}^3}{\text{сек}} \quad (3.15)$$

$$\Sigma Q_{\text{пот}}^{\text{сек}} = 0,0016 + 0,00853 = 0,01, \frac{\text{м}^3}{\text{сек}}$$

где:  $Q_{\text{пот}}^{\text{сек}}$  – потери воды на унос ветром и разбрызгивание в  $\text{м}^3/\text{сек}$ ,

рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{пот}}^{\text{сек}} = \frac{Q_{\text{пот}}^n}{3600 * n}, \frac{\text{м}^3}{\text{сек}} \quad (3.16)$$

$$Q_{\text{пот}}^{\text{сек}} = \frac{306,95}{3600 * 10} = 0,0085 \frac{\text{м}^3}{\text{сек}}.$$

В соответствии с объемом потерь воды нужно обеспечить подпитку системы каскадов данным объемом.

Конструирование системы водоснабжения самого фонтана, которое включает в себя гидравлический расчет систем обратного водоснабжения, подпиточной системы и системы заполнения фонтана [5].

Для выполнения гидравлических расчетов требуется знать расход оборотной воды, расход теряемой воды, и расход, который нужен для заполнения всей системы фонтана.

Из расчетов произведенными ранее получаем, что потери воды составляют:

$$Q_{\text{пот}}^{\text{сек}} = 0,0085 \frac{\text{м}^3}{\text{сек}}$$

Секундный расход воды в фонтане равен:

$$Q_{\text{сек}} = 0,243 \text{ м}^3$$

Находим расход воды для обратного водоснабжения по формуле:

$$Q_{\text{об}}^{\text{сек}} = Q_{\text{сек}} - Q_{\text{пот}}^{\text{сек}} \quad (3.17)$$

$$Q_{\text{об}}^{\text{сек}} = 0,243 - 0,0085 = 0,2345 \frac{\text{м}^3}{\text{сек}}$$

Расход воды для подпитки будет равен потерям воды в фонтане.

$$Q_{\text{пот}}^{\text{сек}} = Q_{\text{под}}^{\text{сек}} = 0,0085 \frac{\text{м}^3}{\text{сек}}$$

Система заполнения воды фонтана должна обеспечивать быструю заполняемость всех 4 бассейнов фонтана для его дальнейшей работы. Расчетный расход воды для заполнения должен не превышать 12 часов, для этого необходимо вычислить объем всех бассейнов.

Размеры берутся из продольного профиля и делятся на две зоны, первая зона относится к водобойному колодцу, вторая к зоне успокоения течения воды (рис. 3.10).

Так как продольный профиль бассейнов очерчивает прямоугольную трапецию, то для нахождения объема воды в бассейнах воспользуемся формулой площади прямоугольной трапеции, а также обозначим известные нам размеры за отрезки (рис. 3.11).

Рассмотрим водобойный колодец, отрезок  $AB=9,0\text{м}$ ,  $BC=1,98\text{м}$ ,  $CD=9,001\text{м}$ ,  $DA=1,8\text{м}$ .

Бассейн успокоитель делится на отрезки  $BF=31\text{м}$ ,  $FG=0,3\text{м}$ ,  $GE=31,001\text{м}$ ,  $EB=0,34\text{м}$ .

Площадь боковой поверхности водобойного колодца рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{трап}}^{\text{В.К}} = \frac{1}{2} DA + BC * CD, \text{ м}^2 \quad (3.18)$$

$$S_{\text{трап}}^{\text{В.К}} = \frac{1}{2} 1,8 + 1,98 * 9,001 = 16,985, \text{ м}^2$$

Площадь боковой поверхности успокоительного бассейна рассчитывается аналогично площади боковой поверхности водобойного колодца:

$$S_{\text{трап}}^{\text{У.Б}} = \frac{1}{2} EB + FG * GE, \text{ м}^2 \quad (3.19)$$

$$S_{\text{трап}}^{\text{У.Б}} = \frac{1}{2} 0,34 + 0,3 * 31,001 = 9,924, \text{ м}^2$$

Зная ширину бассейна  $b = 10\text{м}$ . можно найти объем воды в двух бассейнах по формуле:

$$V^{\text{В.К}} = S_{\text{трап}}^{\text{В.К}} * b, \text{ м}^3 \quad (3.20)$$

$$V^{\text{В.К}} = 16,985 * 10 = 169,85, \text{ м}^3$$

Объем воды успокоительного бассейна рассчитывается аналогично объему водобойного колодца.

$$V^{\text{У.Б}} = S_{\text{трап}}^{\text{У.Б}} * b, \text{ м}^3 \quad (3.21)$$

$$V^{\text{У.Б}} = 9,924 * 10 = 99,24, \text{ м}^3$$

Каскадный фонтан в своей конструкции предусматривает верхний питающий бассейн, его объем также должен быть включен в общий объем всего фонтана.

Размеры питающего бассейна снимаются с профиля (рис. 3.12), и аналогично выше приведённым расчётам делится на отрезки (рис. 3.13), по которым находится площадь поперечного размера, а затем и его объем.

Рассмотрим питающий бассейн, отрезок  $AB=10\text{м}$ ,  $BC=0,3\text{м}$ ,  $CD=10,002\text{м}$ ,  $DA=0,38\text{м}$ .

Площадь боковой поверхности питающего бассейна рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{трап}}^{\text{П.Б}} = \frac{1}{2} DA + BC * CD, \text{м}^2 \quad (3.22)$$

$$S_{\text{трап}}^{\text{П.Б}} = \frac{1}{2} 0,38 + 0,3 * 10,002 = 3,4, \text{м}^2$$

Зная ширину бассейна  $b = 10\text{м}$ . можно найти объем воды в двух бассейнах по формуле:

$$V^{\text{П.Б}} = S_{\text{трап}}^{\text{П.Б}} * b, \text{м}^3 \quad (3.23)$$

$$V^{\text{П.Б}} = 3,4 * 10 = 34,006, \text{м}^3$$

Зная объем воды в каждом виде бассейна можем найти суммарный объем воды на всех ступенях.

Количество водобойных колодцев и успокоительных бассейнов равно количеству ступеней, в то время как питающий бассейн один, суммарный объем находится по формуле:

$$V_{\text{общ}} = V^{\text{П.Б}} * n_{\text{П.Б}} + V^{\text{У.Б}} * n_{\text{У.Б}} + V^{\text{В.К}} * n_{\text{В.К}}, \text{м}^3 \quad (3.24)$$

где:  $n_{\text{П.Б}}$  – количество питающих бассейнов шт.;

$n_{\text{У.Б}}$  – количество успокоительных бассейнов шт.;

$n_{\text{В.К}}$  – количество водобойных колодцев в шт.;

$$V_{\text{общ}} = 34,006 * 1 + 99,24 * 4 + 169,85 * 4 = 710,366, \text{м}^3$$

Расход воды, на заполнение всех бассейнов в течение 12 часов, находится по формуле:

$$Q_{\text{зап}}^{\text{сек}} = \frac{710,366}{3600 * 12} = 0,01644 \frac{\text{м}^3}{\text{сек}} = 16,44 \frac{\text{л}}{\text{сек}}. \quad (3.25)$$

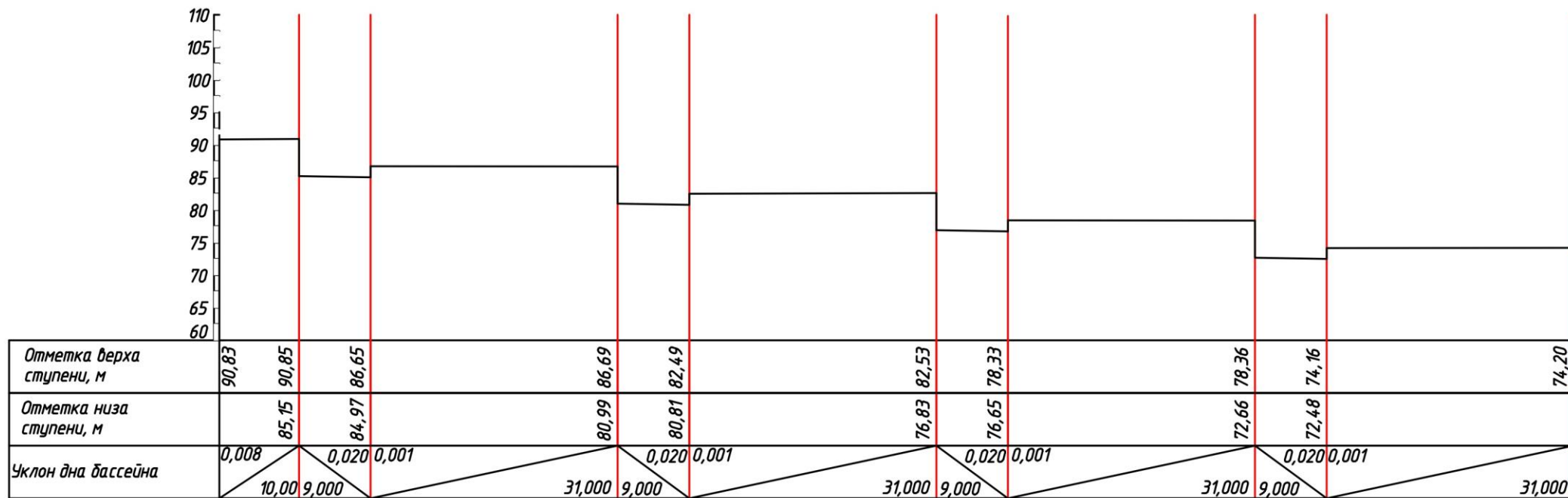


Рисунок 3.7 - Продольный профиль каскадного фонтана



Рисунок 3.8 - Продольный профиль вписанного в местный рельеф каскадного фонтана

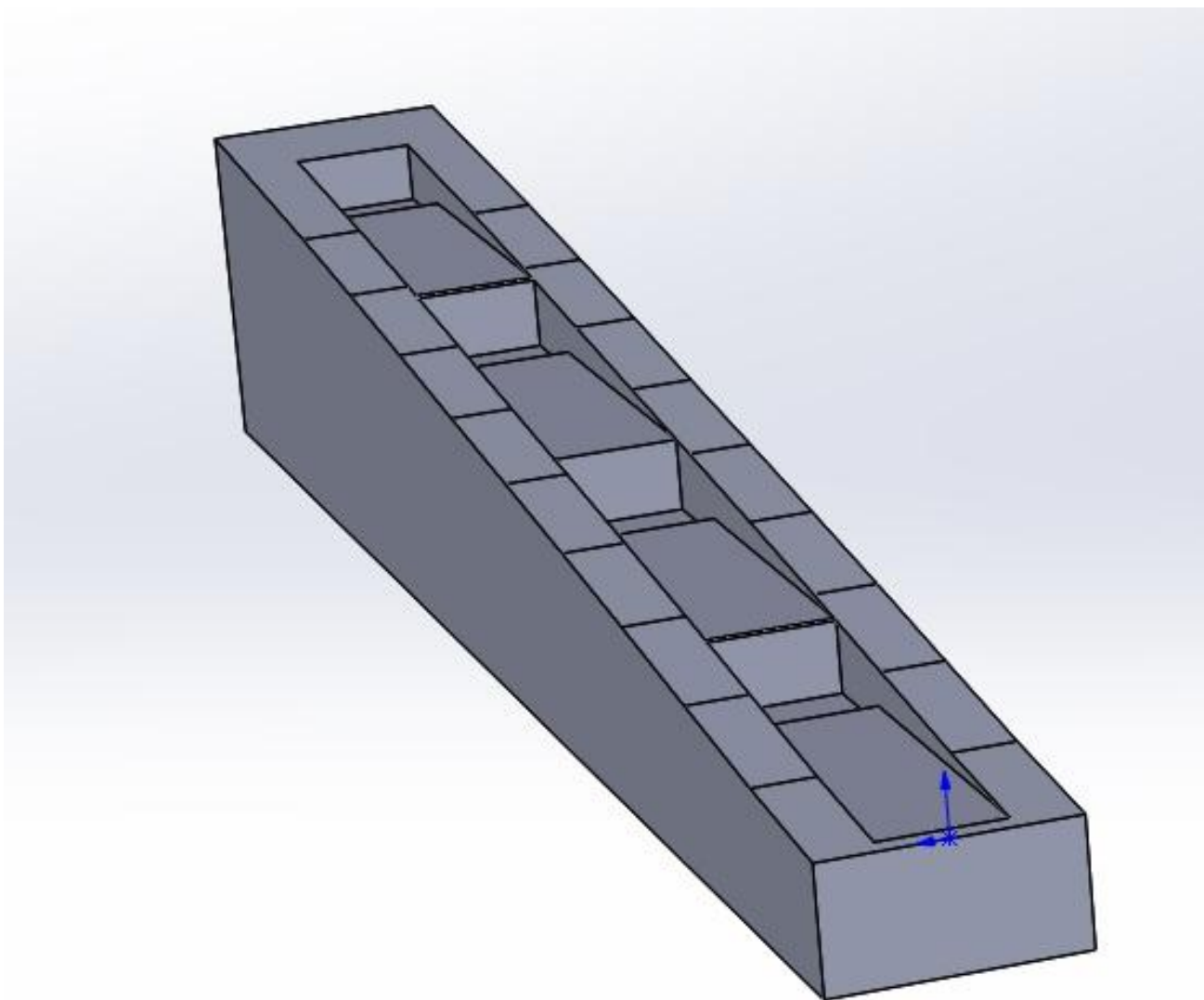


Рисунок 3.9 - Трёхмерная модель каскадного фонтана вписанного в рельеф местности

Перед началом гидравлического расчета требуется спроектировать на основе продольного профиля фонтана продольный профиль трубы обратного водоснабжения также план и разрез нижней и верхней камеры для определения линейных размеров.

Разрез камер делается на основе наложенного профиля фонтана на профиль местности. На разрезе верхней (рис. 3.14) и нижней камеры (рис. 3.15) отмечены все отметки потолка, пола, труб и также даны в узловых моделях составы стен потолка, пола камер (рис. 3.16), а также состав дна успокоительного бассейна (рис. 3.17) и водобойного колодца (рис. 3.18).

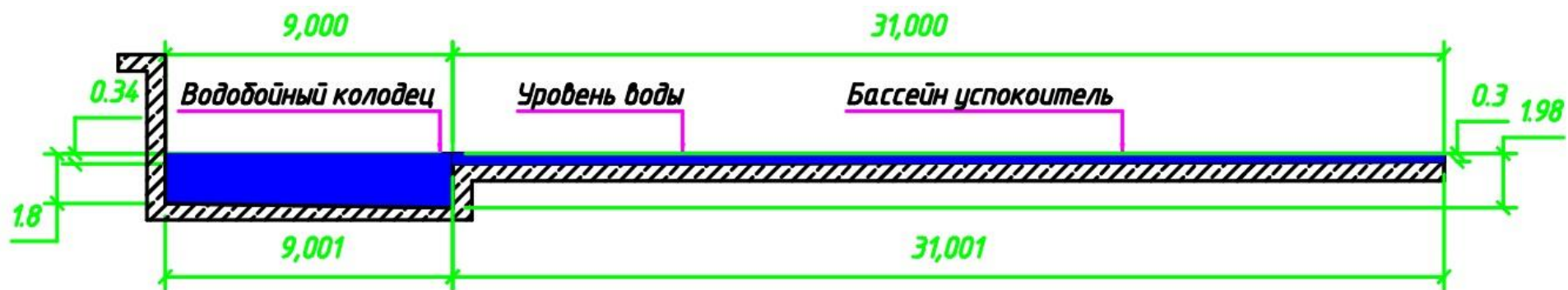


Рисунок 3.10 - Размеры ступени каскадного фонтана

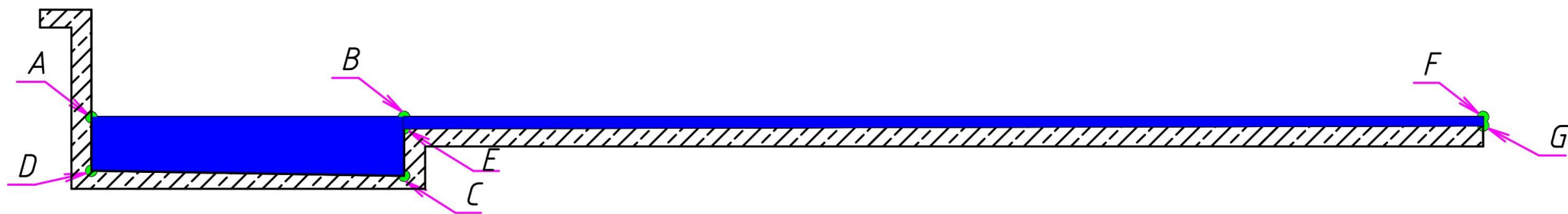


Рисунок 3.11 - Разбивка трапеций на отрезки



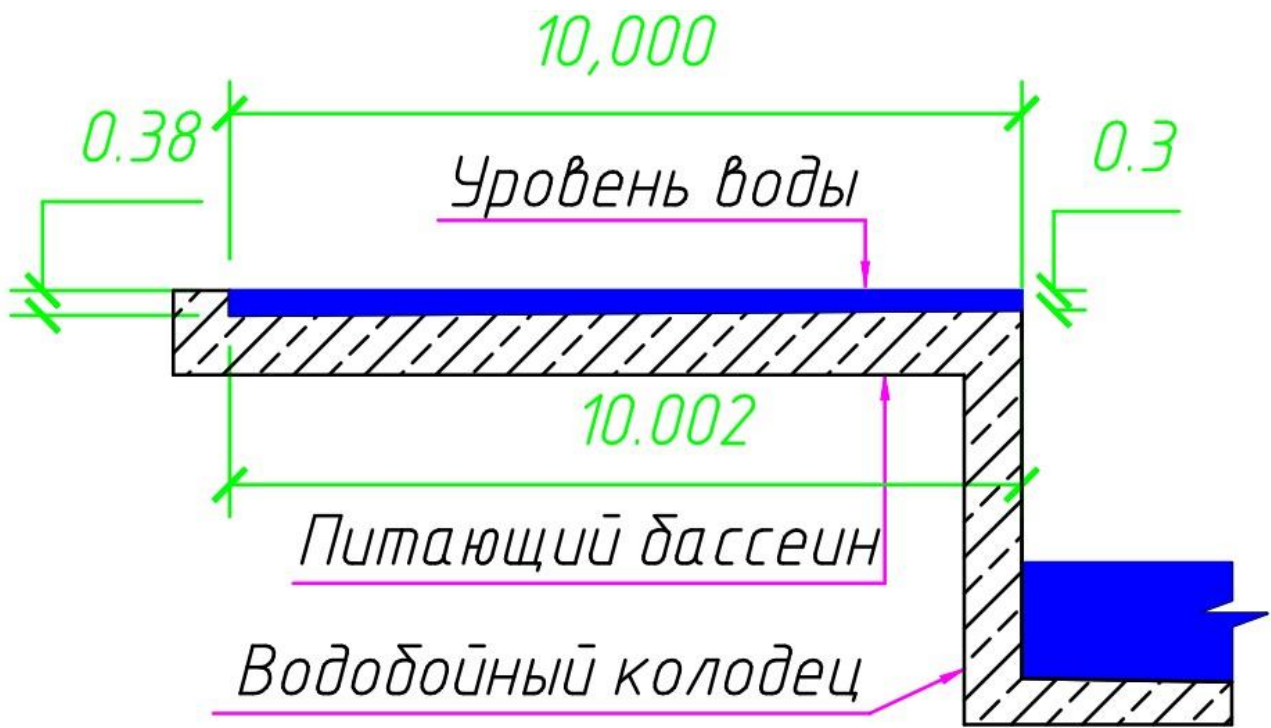


Рисунок 3.12 - Размеры питающего бассейна

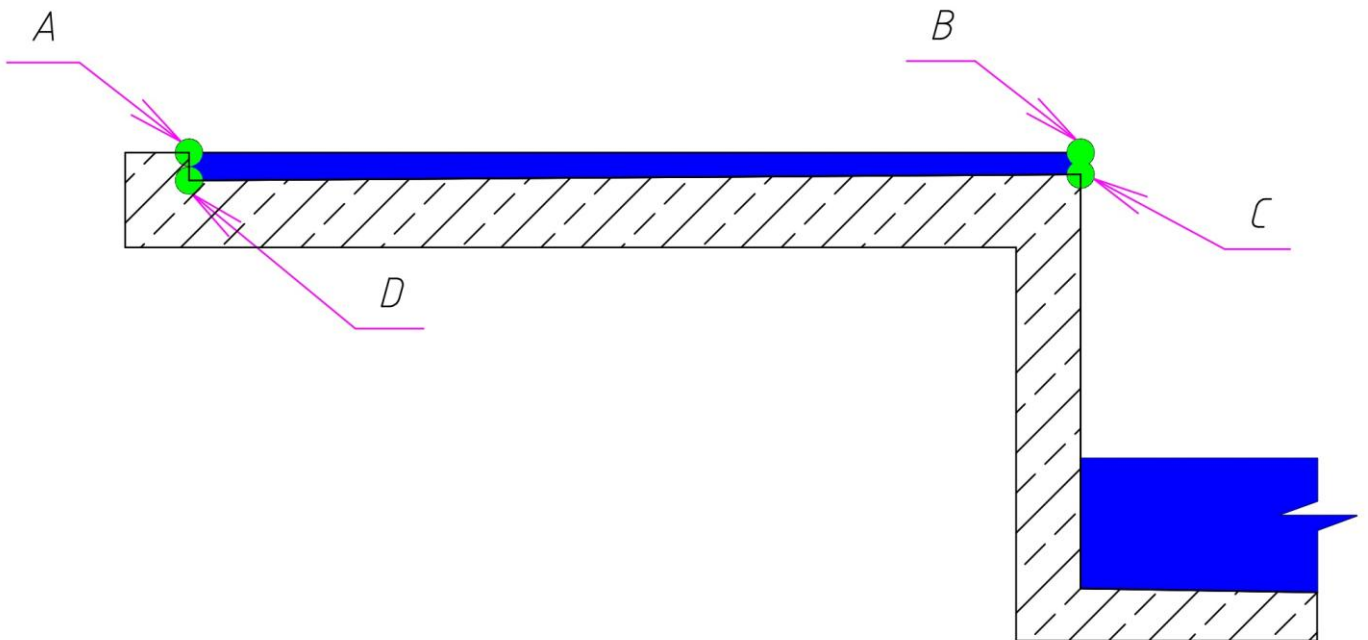


Рисунок 3.13 - Разбивка трапеции питающего бассейна на отрезки

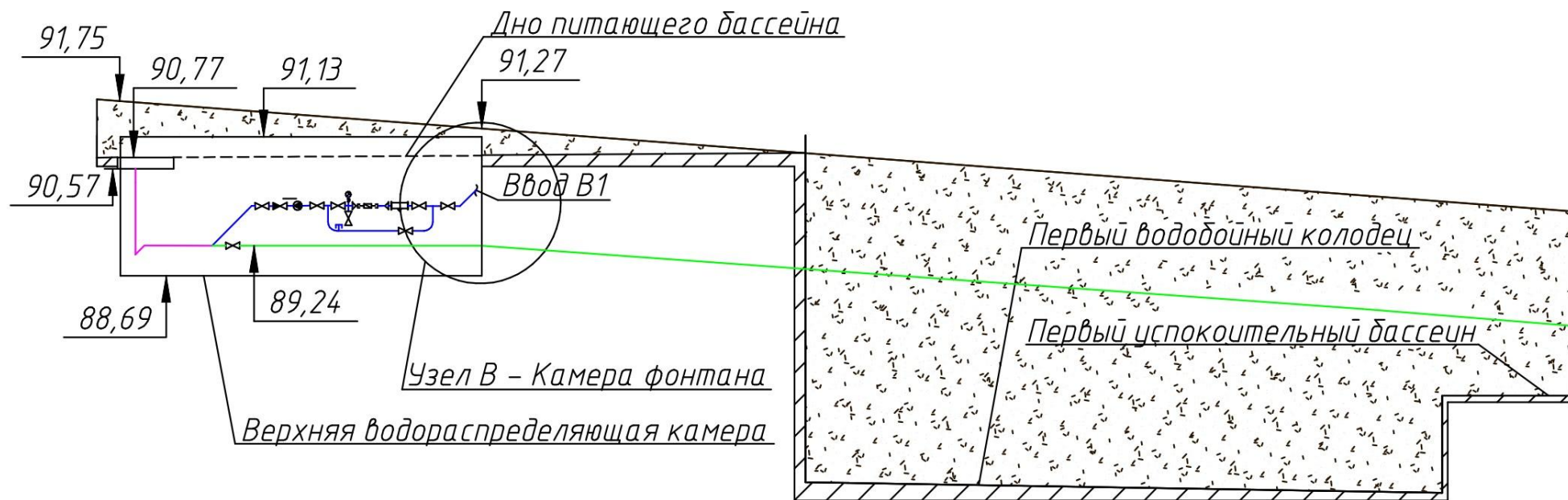


Рисунок 3.14 – Разрез верхней камеры фонтана

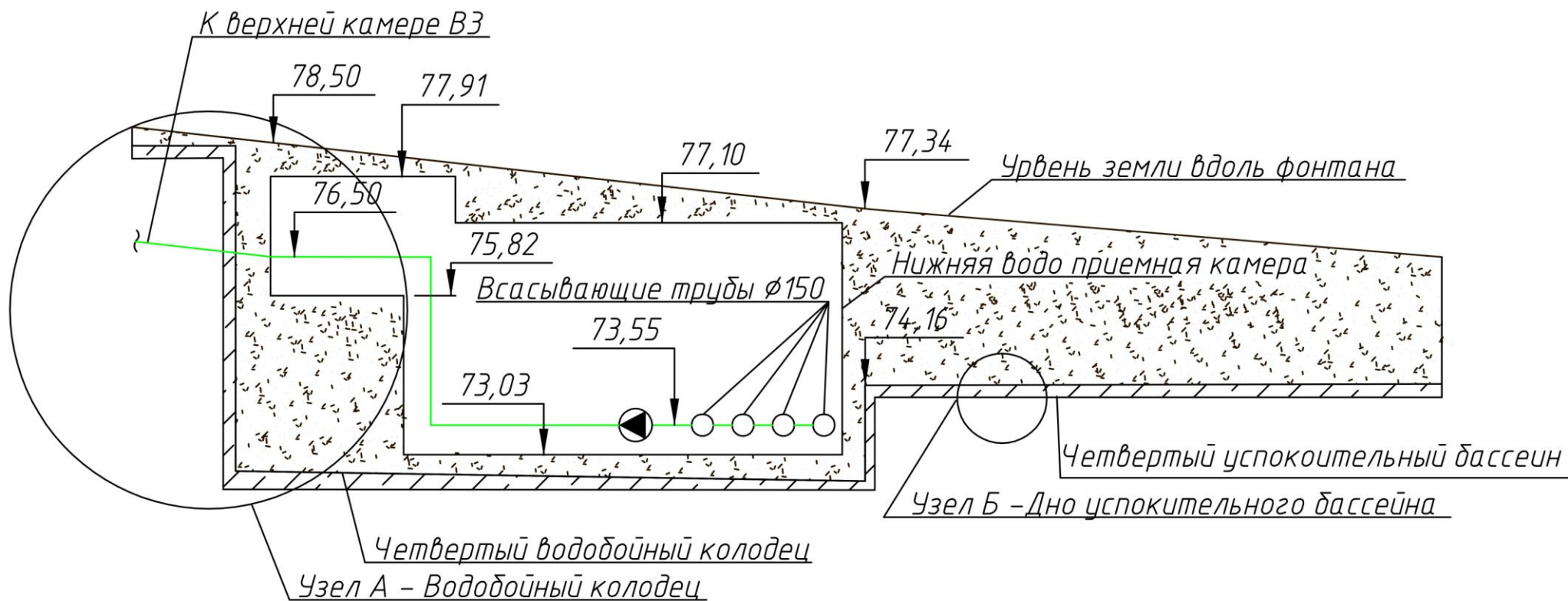


Рисунок 3.15 – Разрез нижней камеры фонтана

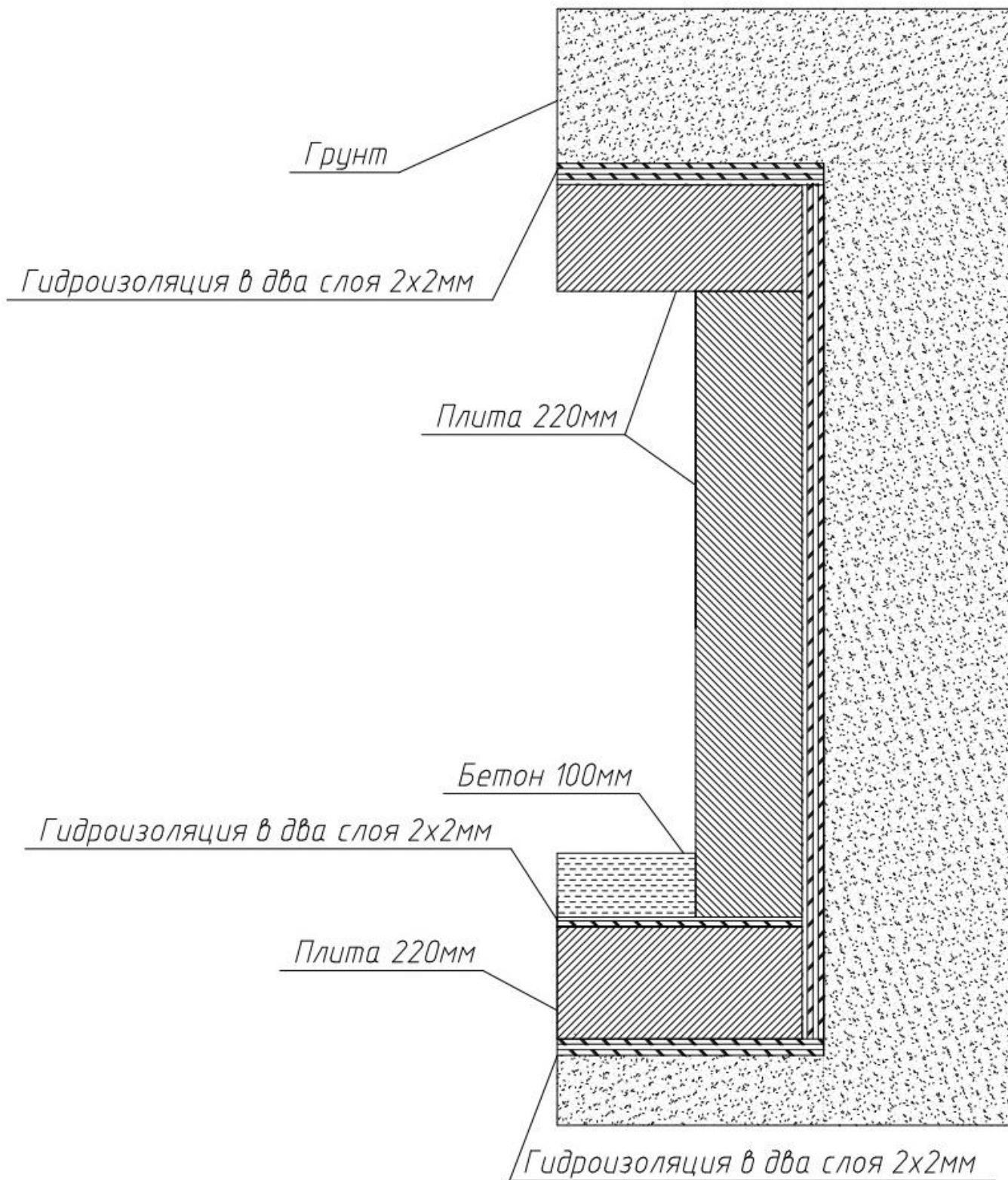


Рисунок 3.16 – Состав стен, потолка, пола камер бассейнов

## Узел Б – Дно успокоительного бассейна

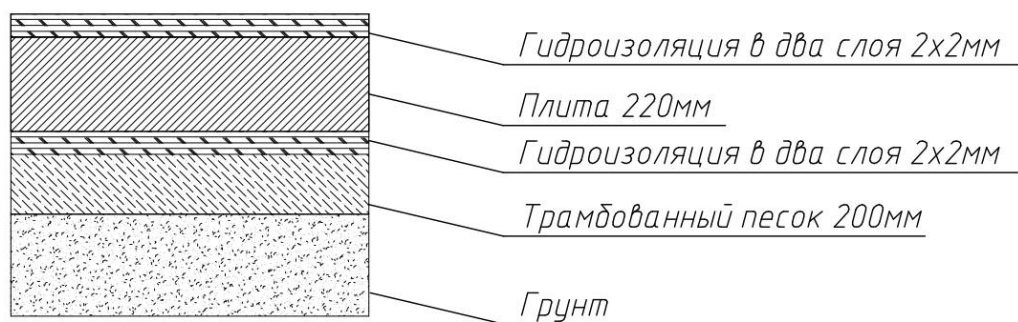


Рисунок 3.17 – Состав дна успокоительного бассейна

## Узел А – Водобойный колодец

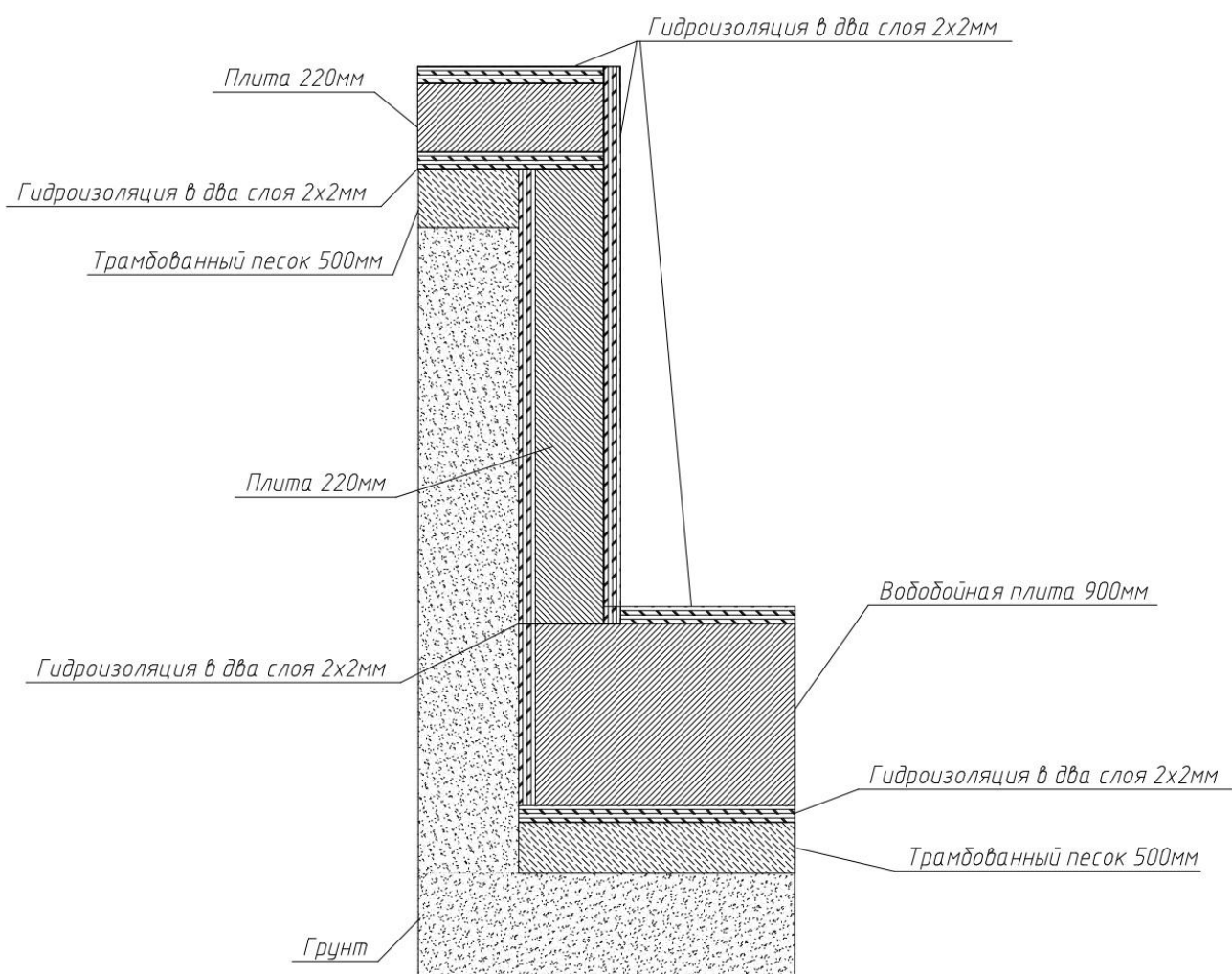


Рисунок 3.18 – Состав поверхностей водобойного колодца

На плане камер приводятся отметки пола, внешние размеры камер, расположение устройства водопровода с обозначением всех элементов. План нижней камеры показан на (рис. 3.19), план верхней камеры на (рис. 3.20).

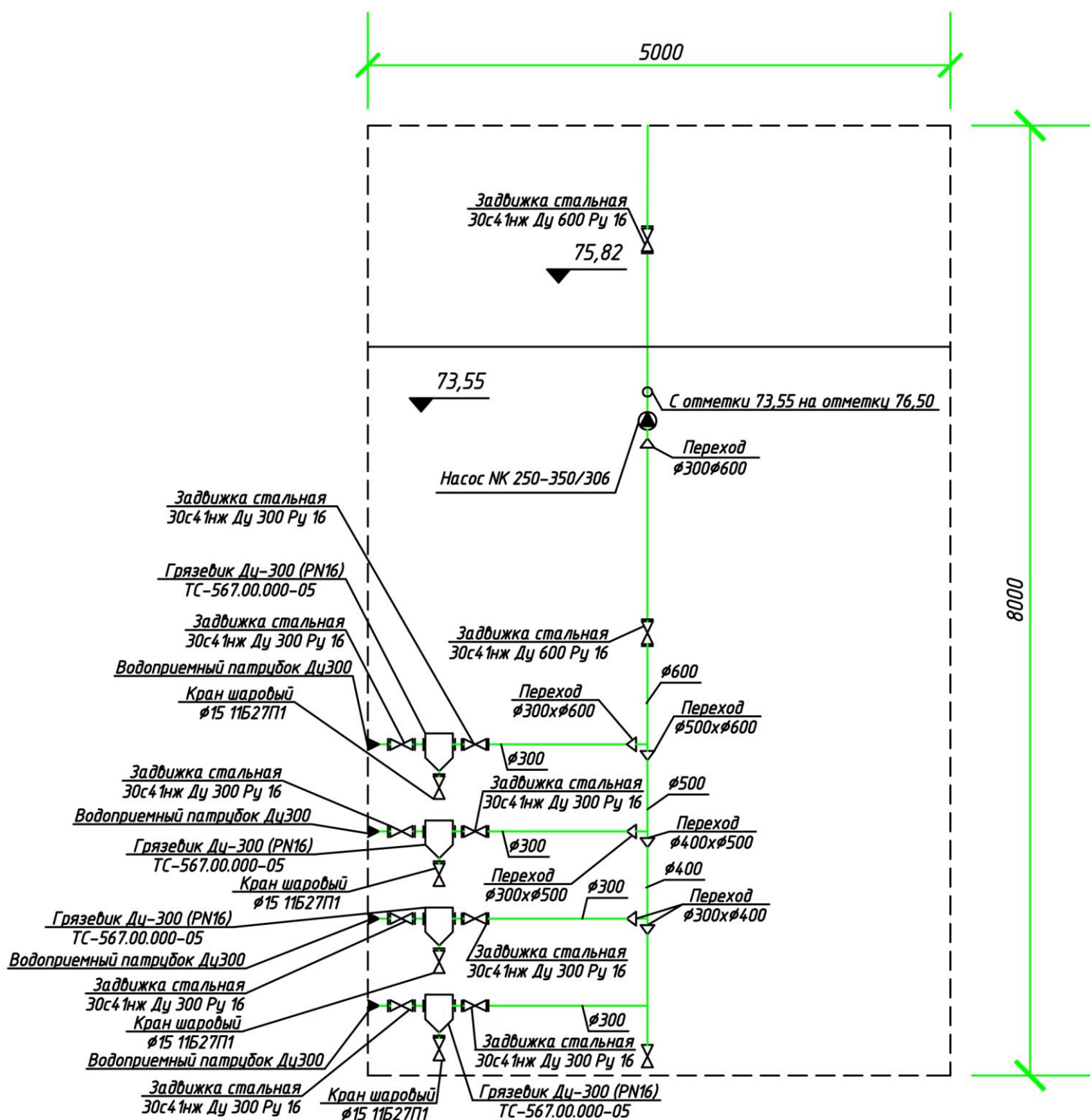


Рисунок 3.19 – План нижней камеры

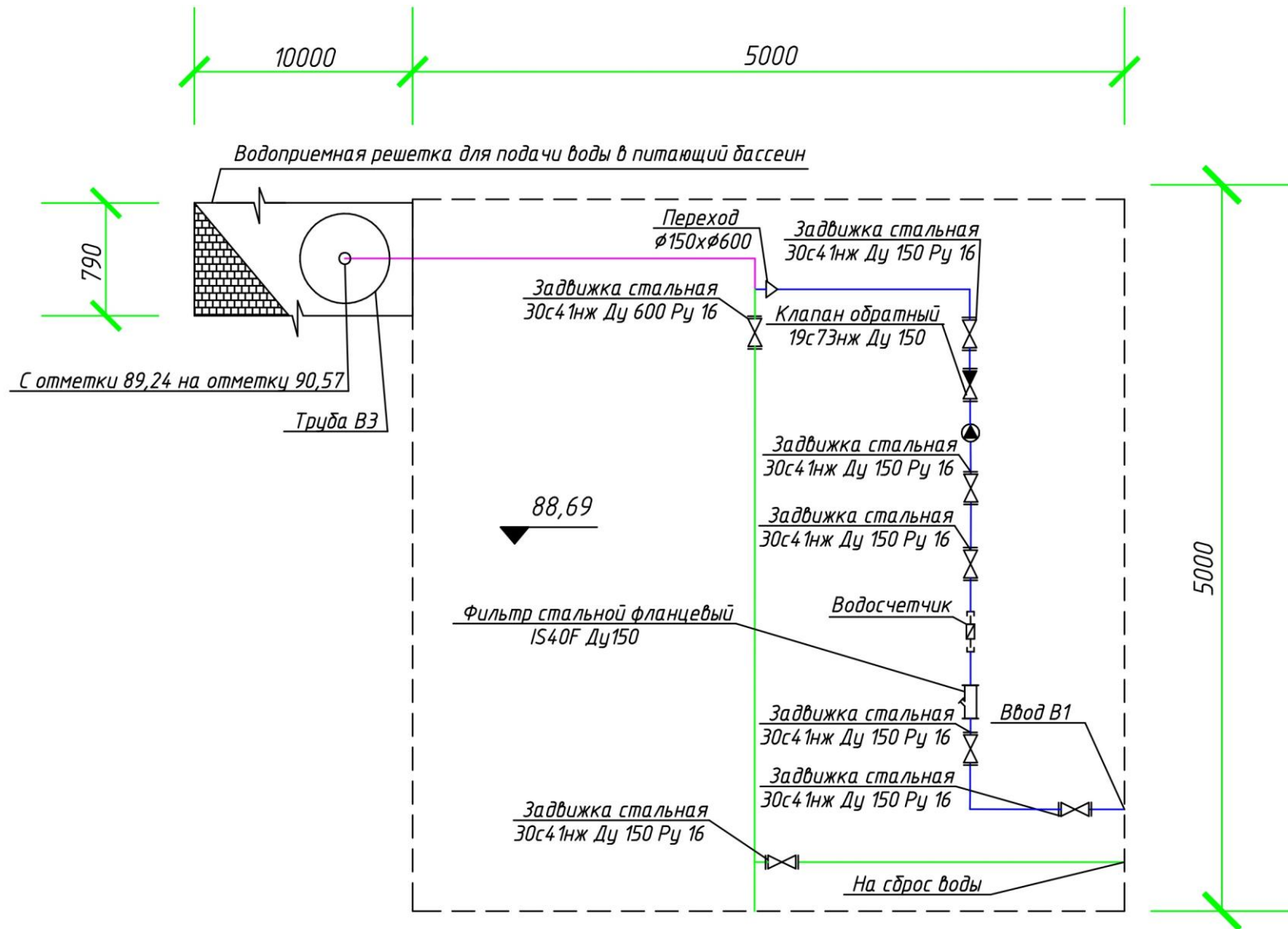


Рисунок 3.20 – План нижней камеры

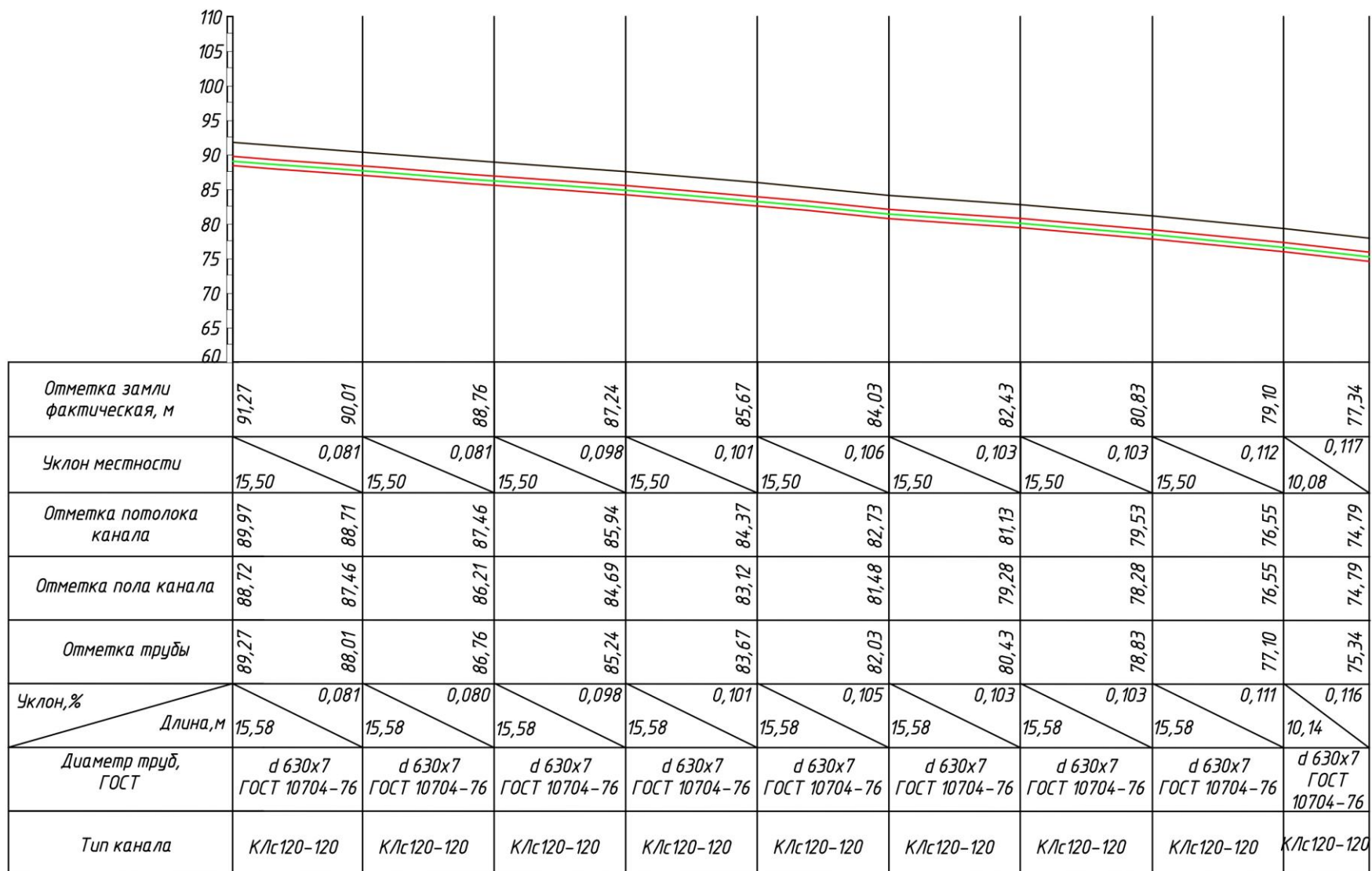


Рисунок 3.21 – Продольный профиль обратного трубопровода



На продольном профиле трубопровода (рис. 3.21) отмечается фактическая отметка земли, которая берется из ранее представленных профилей. Отметка трубопроводов, их длина и уклон, так же диаметр и ГОСТ, марка канала, пол канала, потолок канала.

На основе выполненных расчетов и построений можно переходить к проектированию самой системы водоснабжения и ее гидравлическому расчету на основе всех отметок и расходов воды.

Целью гидравлического расчёта, водопровода фонтана, является: определение уклонов и диаметров участков трубопроводов по общему секунднему расходу на данном участке, при условии обеспечения скорости от 1 до 0,5 м/с для понижения сопротивления сети [41].

Для гидравлического расчета требуется обозначить на аксонометрической схеме расчетные участки трубопровода (рис. 3.22).

Обозначим расходы воды для каждой системы:

Система В1.1. Система заполнения пустого фонтана, используется только после полного падения уровня. Расход системы В1.1 равняется:

$$q_{В1.1}^{сек} = 16,44 \frac{л}{сек}$$

Система В1.2. Система подпитки фонтана, восполняет рабочие потери воды в фонтане, работает по трубопроводам системы В1.1. При полном заполнении всех бассейнов фонтанами расход на данном участке сети с расхода В1.1 падет до расхода В1.2 и равняется:

$$q_{В1.2}^{сек} = 8,5 \frac{л}{сек}$$

Система В3. Система обратного водоснабжения, возвращает воду к питаемому бассейну после её прохождения всех 4 ступеней с учетом вычета теряемого количества воды при эксплуатации. Данная система начинает работать после полного заполнения всех бассейнов фонтана и ее расход равняется:

$$q_{В3}^{сек} = 234,5 \frac{л}{сек}$$

Для расчета необходимо использовать приложения СНиПа, а также Таблицы Швелёва для определения величин скорости и потери напора на метр трубопровода, с помощью интерполяции, если нет нужного расхода. Соответствующие данные представлены в (табл. 3.1).

Таблица 3.1 – Гидравлический расчет водопровода

№ участка	Длина участка L, м	d , мм	qc	V	Потери напора	
					i	iL
Оборотное водоснабжение фонтана В3						
1-2	2,800	300	58,63	0,773	3,110	0,009
2-3	0,749	300	58,63	0,773	3,110	0,002
3-4	0,749	400	117,25	0,883	2,746	0,002
4-5	0,749	500	175,88	0,844	1,888	0,001
5-6	138,137	600	234,50	0,785	1,325	0,183
Ответвление В3						
8-3	2,800	300	58,63	0,773	3,110	0,009
9-4	2,800	300	58,63	0,773	3,110	0,009
10-5	2,800	300	58,63	0,773	3,110	0,009
Водоснабжение фонтана В1.1						
11-6	6,574	150	16,44	0,820	8,300	0,055
Водоснабжение фонтана В1.2						
11-6	6,574	150	8,50	0,434	2,620	0,017

Участки 1-2, 8-3, 9-4, 10-5 имеют одинаковые расходы, диаметры и одинаковые длины.

Рассмотрим два режима работы систем трубопровода фонтана А и Б. При варианте А, задвижка А открыта и расход на участке 11-6 принимаем равным расходу В1.2, то есть транзитный расход участка 11-6 равен расходу, который компенсирует потерю воды в фонтане, данный режим работы возможен при полном заполнении всех бассейнов фонтана и является рабочим режимом. На основе этого режима делаем полный гидравлический расчет сети и сводим его в (таблицу 3.2).

Таблица 3.2 – Гидравлический расчет трубопровода при режиме работы А

№ участка	Длина участка, м	d , мм	qc	V	Потери напора	
					i	iL
Вариант А						
1-2	2,800	300	58,63	0,773	3,110	0,009
2-3	0,749	300	58,63	0,773	3,110	0,002
3-4	0,749	400	117,25	0,883	2,746	0,002
4-5	0,749	500	175,88	0,844	1,888	0,001
5-6	138,137	600	234,50	0,785	1,325	0,183
6-7	4,427	600	243,00	0,815	1,410	0,006
Суммарные потери:						0,23м

Общие потери напора для Режимы работы А составляют:

$$h_{\text{общ}}^A = 1,3 * h_l \quad (3.26)$$

$$h_{\text{общ}}^A = 1,3 * 0,23 = 0,299 \text{ м}$$

При варианте работы Б, задвижка А закрыта, расход на участках 11- 6;6-7 равен расходу В1.1, данный режим работы трубопроводов обеспечивает первоначальную работу фонтана, то есть его первичное наполнение, после наполнения фонтана задвижка А открывается и работа трубопровода переводится в режим Б. На основе данных режима В1.1 выполняется гидравлический расчет, показатели которого представлены в (табл. 3.3).

Таблица 3.3 – Гидравлический расчет трубопровода при режиме работы Б

№ участка	Длина участка L, м	d , мм	qc	V	Потери напора	
					i	iL
Вариант Б						
11-6	6,574	150	16,44	0,820	8,300	0,055
6-7	4,427	600	16,44	0,061	0,011	0,000
Суммарные потери:						0,055м

Общие потери напора для режима работы Б составляют:

$$h_{\text{общ}}^B = 1,2 * h_l \quad (3.27)$$

$$h_{\text{общ}}^B = 1,3 * 0,055 = 0,0715 \text{ м}$$

Счетчик подбирается по среднечасовому расходу воды, который не должен превышать эксплуатационный. Так как максимальный расход воды, проходящий через данный водосчетчик происходит при режиме работы Б, то и основной расчет подбора водосчетчика делается под расход данного режима работы. Диаметр счетчика может быть равен диаметру трубопровода или меньше его:

$$q_{\text{ср.чс.}} = \frac{Q_{\text{и}}^{\text{с}}}{24} \text{ м}^3 \text{ час} \quad (3.28)$$

$$q_{\text{ср.чс.}} = \frac{710,366}{24} = 59,197 \text{ м}^3 \text{ час}$$

Водосчетчик принимается на трубу  $\phi 150$ . Потери на него составят:

$$\Delta h_{\text{сч}} = S * q^2 \text{ м}, \quad (3.29)$$

$$\Delta h_{\text{сч}} = 0,00013 * 16,44^2 = 0,035 \text{ м}$$

где:  $S$  – гидравлическое сопротивление счетчика;

$q$  – максимальный секундный расход воды в месте установки счетчика

Потери напора в счетчике не должны превышать 5 м.

$$\Delta h_{\text{сч}} = 0,035 \text{ м} < 5 \text{ м} - \text{условие выполняется}$$

Для ВУ принимаем водосчетчик с  $d_{\text{у}} = 150$  мм.

Для расхода воды В1.2 для режима А сопротивление счетчика находится по формуле (3.29).

$$\Delta h_{\text{сч}} = 0,00013 * 8,5^2 = 0,01 \text{ м}$$

Напор воды в точке присоединения к сети не известен, поэтому задаемся нулевым напором в точке присоединения 11.

Требуемые напоры так же, как и ранее расчеты, будут рассчитываться для двух режимов работы А и Б.

$$H_{\text{тр}}^{\text{А}} = h_1 + h_2 + h_3, \text{ м} \quad (3.30)$$

$$H_{\text{тр}}^{\text{А}} = 0,299 + 17,02 + 0,58 = 17,90 \text{ м}$$

где:  $h_1$  – потери напора по длине в режиме работы А, принимаем равными 0,299 м;

$h_2$  – высота подъема воды, принимаем равной 17,02 м;

$h_3$  – свободный напор, напор на излив от дна водоприемной решетки до верхнего уровня воды в подпиточном бассейне, принимаем равным 0,58 м;

Рассчитываем требуемый напор для подпитывающей системы с расходом В1.2:

$$H_{B1.2}^A = h_1 * 1,3 + h_2 + h_3 + h_4, м \quad (3.31)$$

$$H_{B1.2}^A = 0,017 * 1,3 + 1,33 + 0,01 + 0,58 = 1,94 м$$

где:  $h_1$  – потери напора по длине в режиме работы А, принимаем равными 0,017м. Так как потери напора по длине у расхода В1.2 на участке 6-7 очень малы, то их можно не учитывать.

$h_2$  – высота подъема воды, принимаем равной 1,33м;

$h_3$  –потери напора в счетчике 0,01 м;

$h_4$  – свободный напор, напор на излив от дна водоприемной решетки до верхнего уровня воды в подпиточном бассейне, принимаем равным 0,58 м.

Рассчитываем требуемый напор для режима работы Б подпитывающей системы с расходом В1.1:

$$H_{тр}^B = h_1 + h_2 + h_3 + h_4, м \quad (3.32)$$

$$H_{тр}^B = 0,0715 + 1,33 + 0,035 + 0,58 = 2,02 м$$

где:  $h_1$  – потери напора по длине в режиме работы А, принимаем равными 0,0715м;

$h_2$  – высота подъема воды, принимаем равной 1,33 м;

$h_3$  –потери напора в счетчике 0,035 м;

$h_4$  – свободный напор, напор на излив от дна водоприемной решетки до верхнего уровня воды в подпиточном бассейне, принимаем равным 0,58м.

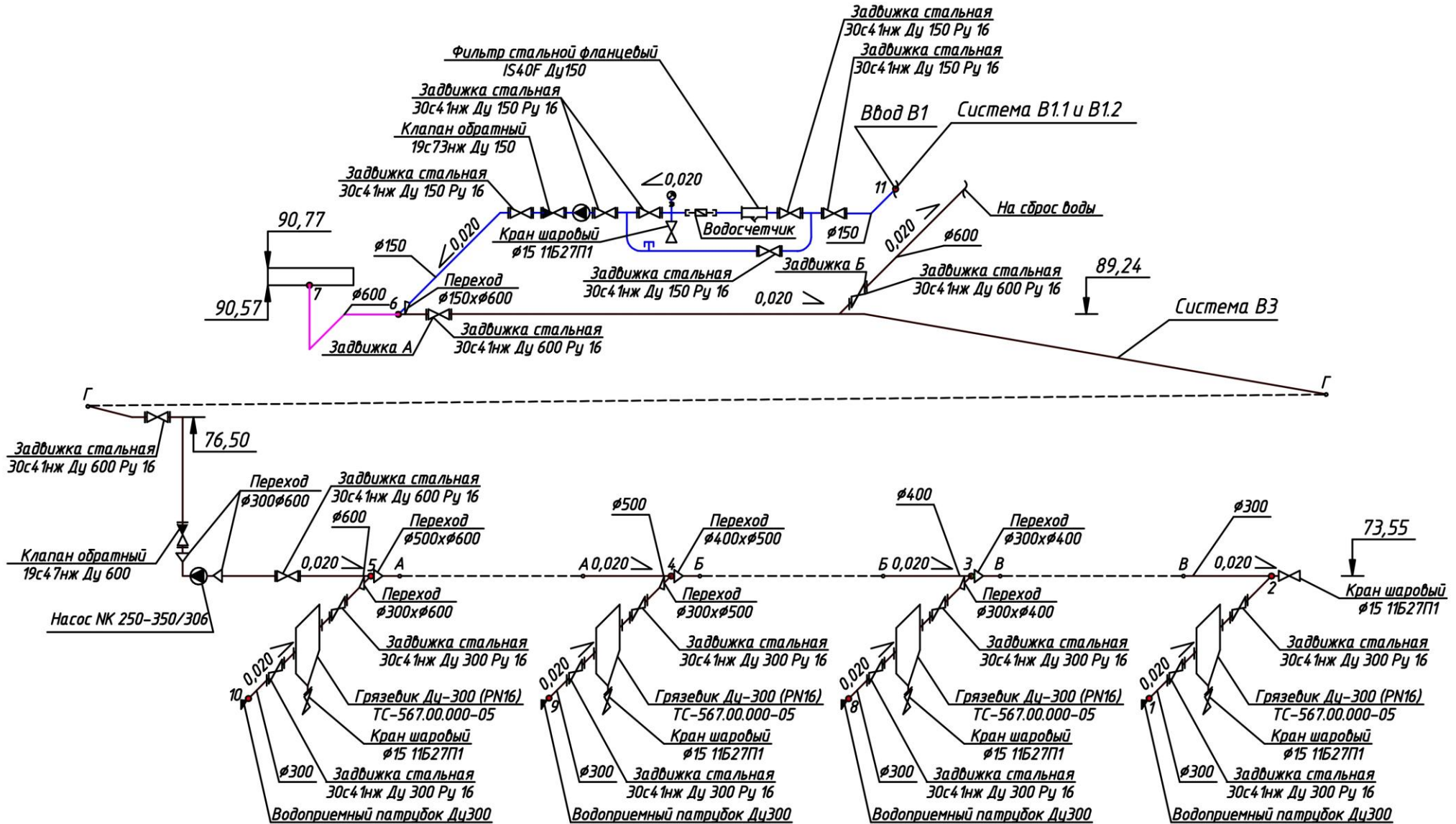


Рисунок 3.22 – Аксонометрическая схема

На основе гидравлического расчета подбираются две насосные установки, которые будут обеспечивать работу всей системы.

Первая насосная установка подбирается для нижней камеры и параметры подбора для нее следующие:  $H = 17,90\text{м}$ ,  $Q = 0,2435\text{м}^3$ .

По программе каталогу подберем 1 рабочий насос: Grundfos NK 250-350/306 A2-F-A-E-BAQE, с номинальной мощностью 54 кВт, характеристика насоса приведена на (рис. 3.22), а габаритные размеры на (рис. 3.23) [43].

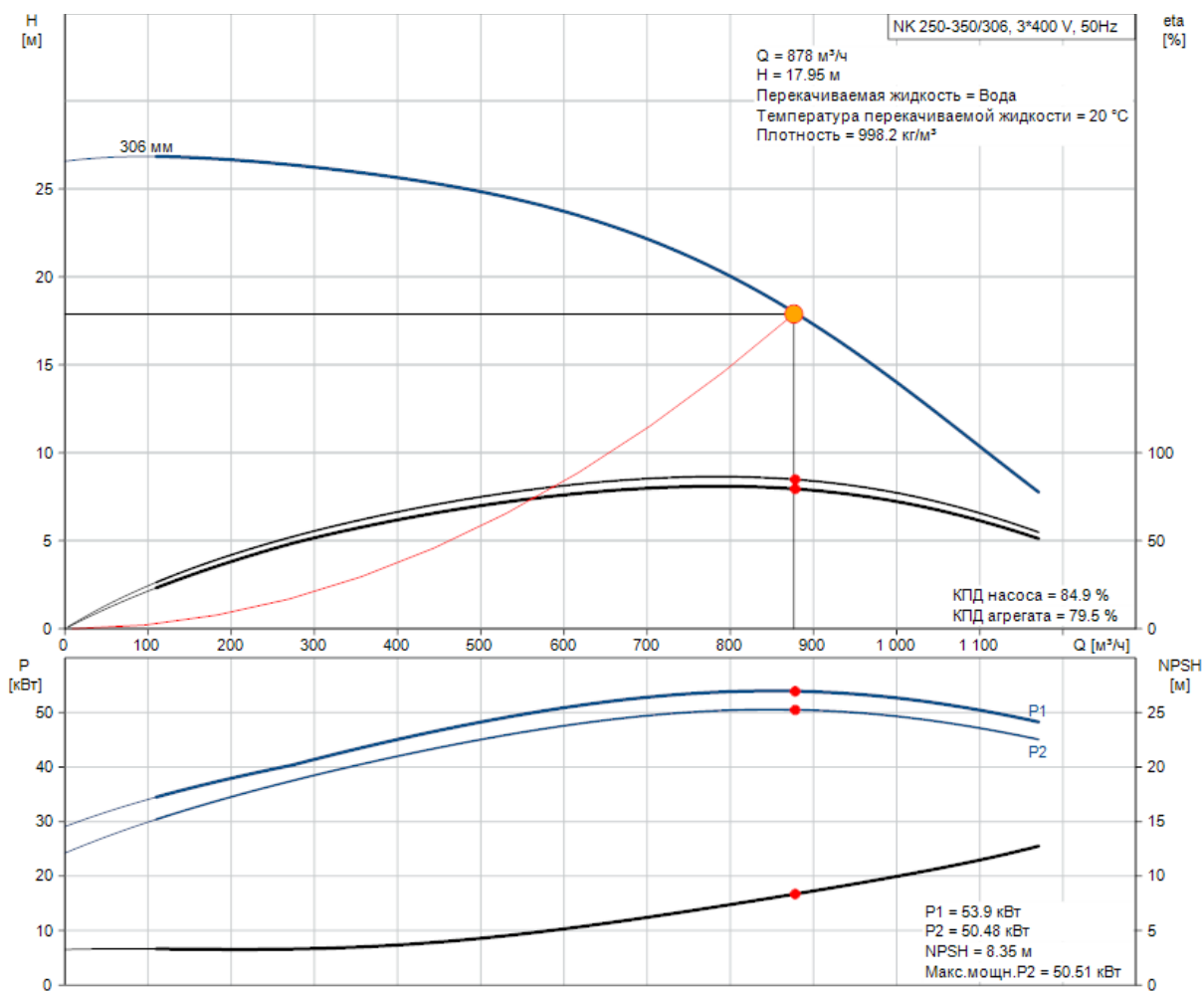


Рисунок 3.22 – Характеристика насоса Grundfos NK 250-350/306 A2-F-A-E-BAQE

Вторая насосная установка подбирается для верхней камеры и имеет параметры подбора:  $H = 2,02\text{м}$ ,  $Q = 0,01645\text{м}^3$ .

По программе каталогу подберем 1 рабочий насос: Grundfos NK 100-200/182 A2-F-A-E-BAQE, с номинальной мощностью 0,424 кВт, характеристика насоса приведена на (рис. 3.24), а габаритные размеры на (рис. 3.25) [43].

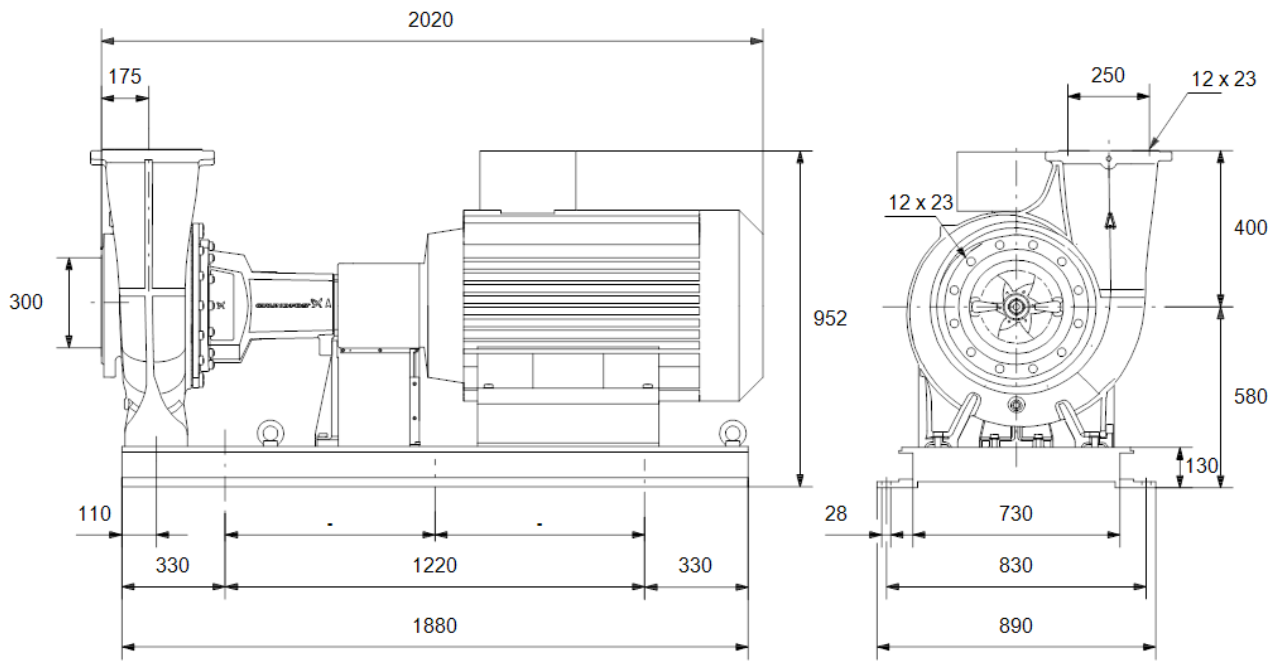


Рисунок 3.23 – Габаритные размеры насоса Grundfos NK 250-350/306 A2-F-A-E-BAQE

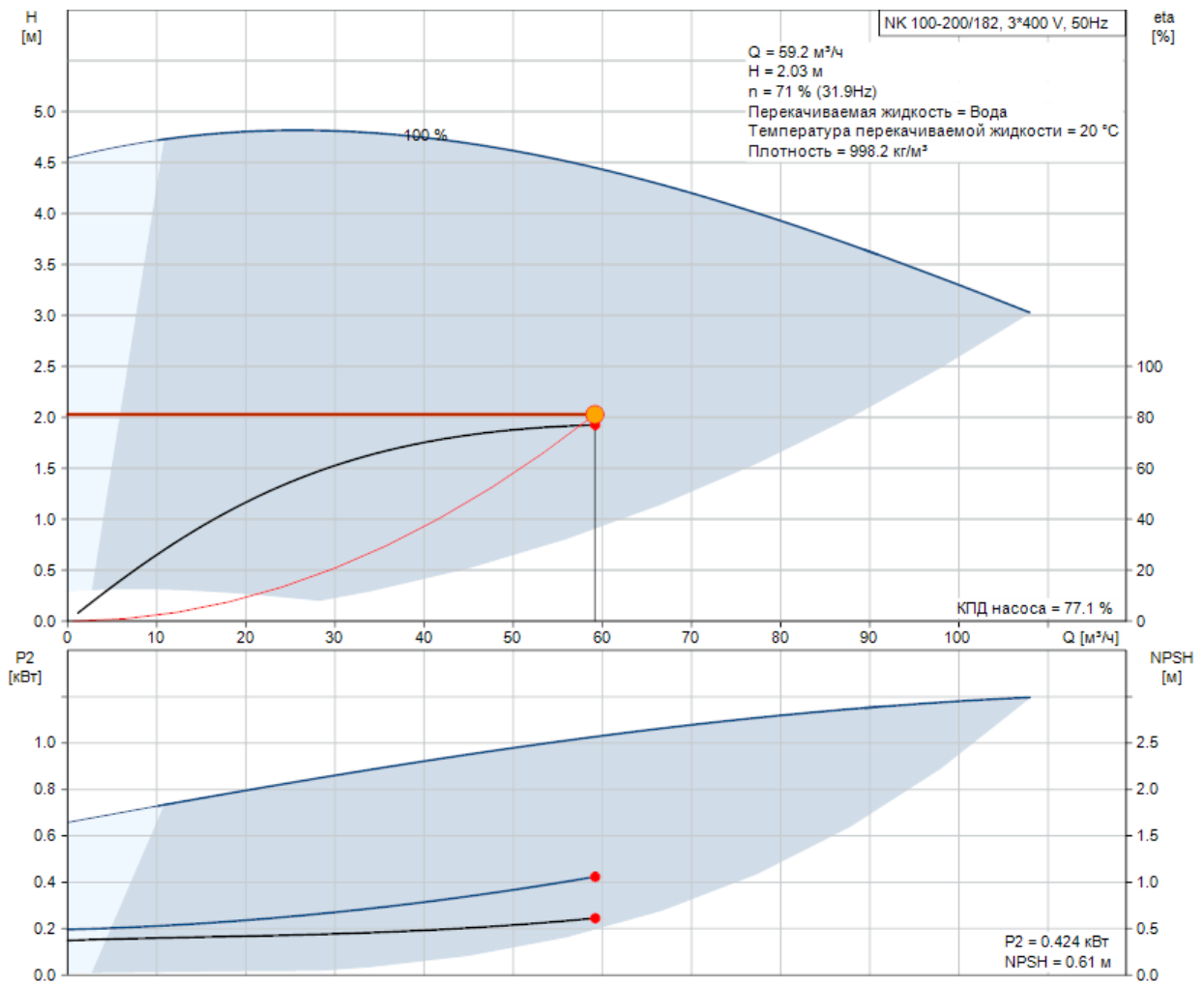


Рисунок 3.24 – Характеристика насоса Grundfos NK 100-200/182 A2-F-A-E-BAQE



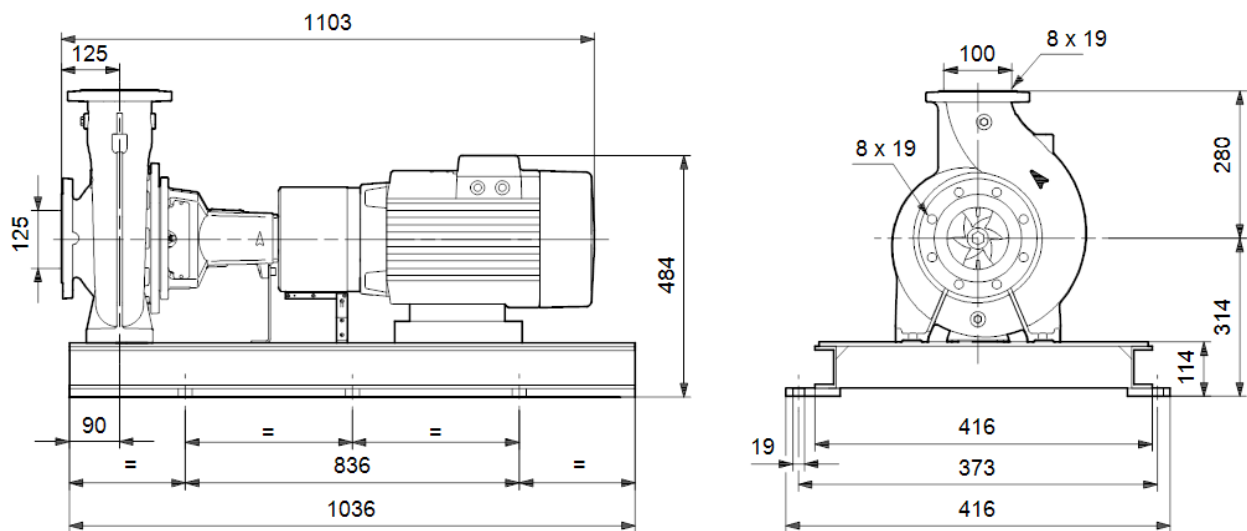


Рисунок 3.25 – Габаритные размеры насоса Grundfos

После расчета основного насосного агрегата можно выполнить проверку рациональности оборотного водоснабжения.

Схема рециркуляции воды характерна для фонтанов с большим расходом, но при этом должно выполняться условие неравенства:

$$N_{\text{н}} P_{\text{эл}} < Q_{\text{ф}} P_{\text{в}}, \quad (3.33)$$

где:  $N_{\text{ф}}$  - мощность, потребляемая основным насосом 166 кВт/часах ;

$P_{\text{эл}}$  – стоимость 1 кВт/часа электроэнергии для Тольятти 3,84 руб.;

$Q_{\text{ф}}$  – расход воды фонтаном в час равен 876,6 м<sup>3</sup>/час;

$P_{\text{в}}$  – стоимость 1м<sup>3</sup> воды 20,30 руб.

$$166 * 3,84 < 876,6 * 20,30$$

$$637,44 < 17794,98$$

Условие выполняется, поэтому принятую схему водоснабжения фонтана можно считать рациональной [5].

Эксплуатационные особенности. Слив воды на зимний период эксплуатации или ремонт (если требуется слив бассейнов) осуществляется за счет переливных труб вмонтированных в дно водобойного колодца и последующим выпуском в водобойный колодец следующего уровня, до самого нижнего колодца, а оттуда вода также как и при оборотном водоснабжении насосом отправляется в верхнюю камеру, и при открытой задвижке Б на сброс

воды попадает в канализационный колодец, так как слив данной воды принимается условно чистым, то расположение таких труб в одной камере с водопроводными трубами допускается. Гидравлический расчет для трубопровода слива не осуществляется, так как по плану верхней камеры и аксонометрии видно, что вода преодолет данное сопротивление трубопровода.

На период летней эксплуатации сами трубы заделываются заглушками, и места примыкания заглушки к стенке колодца промазываются водостойкой мастикой. Заглушки открываются вручную, или с помощью подъёмной силы, так как открывать их предстоит под давлением воды. Для этого на поверхности заглушки, которая направлена в сторону водобойного колодца, предусматривается кольцо для закрепления на нем крюка, и дальнейшего открытия заглушки лебедкой.

А остатки воды, что находятся ниже уровня всасывания обратными трубопроводами, выкачивается погружным канализационным насосом дабы не допустить засорения всей системы.

При переходе на зимний режим дно всех бассейнов чистится от скопившегося осадка, всасывающие трубопроводы герметизируются вместе с переливными трубами.

Перед началом эксплуатационного режима (после зимовки объекта) стенки и дно бассейнов вновь отмываются, проверяется целостность гидроизоляционного слоя, проводится ревизия и профилактические работы всего оборудования. После чего можно преступать к наполнению бассейнов фонтана и его последующей работы.

Для последовательной и правильной работы системы водоснабжения фонтана, требуется полная автоматизация всей работы для поддержания постоянного уровня в бассейнах фонтана, к примеру, в момент выпадения большого количества осадков в летнее время при превышении уровня в бассейне часть воды следует сбрасывать в канализационный колодец за счет открытия арматуры Б для поддержания водного баланса фонтана.

### **3.3 Выводы по 3 главе**

На основе проделанной работы, анализа всех аспектов назначения фонтанов, их классификации, конструктивных особенностей, в виде четырёх каскадов, была разработана конструкция каскадного фонтана в г.о Тольятти около памятника В.Н.Татищева. Данный каскадный фонтан соответствует основным показателям и параметрам, которые выявлялись в процессе написания работы, а именно: расчет расходов и потерь воды систем водоснабжения рассматриваемого объекта, расчет размеров бассейнов и водобойных колодцев, определение потерь давления и последующий подбор насосов, а также конструирование полной системы водоснабжения фонтана. Это полностью отражено в графических иллюстрациях, относящихся к 3 главе данной диссертационной работы.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1 В результате изучения, сбора и анализа исторической информации были сформулированы и описано изменение направления использования фонтанов.

2 Приведены самые известные или нестандартные фонтаны всего мира для определения вектора развития фонтанов как у нас в стране, так и за рубежом.

3 Были рассмотрены возможные схемы водоснабжения фонтанов для рационального использования водных ресурсов.

4 Выявлены основные конструктивные элементы каскадных фонтанов, что в последствии помогло определиться с основными расчетными параметрами всей системы.

5 Даны рекомендации по монтажу трубопроводов при строительстве фонтанов, а также разработаны меры обеспечения безопасности жизни при монтаже труб.

6 В заключительной главе было определено место строительства каскадного фонтана.

7 Произведены расчеты расходов воды и их потери, определение размеров конструктивных особенностей каскадных фонтанов.

8 Была сконструирована система водоснабжения каскадного фонтана, которая основывается на гидравлическом расчете, подборе насосов, построение продольных профилей, плана камер, трехмерной модели вписанного в рельеф местности каскада, и аксонометрической схемой.

9 В конце всей работы были даны эксплуатационные и технические рекомендации по переводу объекта на зимний период времени, и его остановки на ремонт.

**Основные положения диссертации опубликованы в 2 статьях автора:**

Хромченков Н.В., Филенков В.М. Особенности конструкции каскадного водопада. В сборнике: Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России, сборник статей XV Международной научно-

практической конференции. 2017. С. 92-98. (МНИЦ ПГАУ. – Пенза: РИО ПГАУ, 2017).

Хромченков Н.В., Филенков В.М. Технологические особенности проектирования каскадного водопада. В сборнике: Студенческие дни науки в ТГУ, Научно-практическая конференция. 2017. С. 28-30. (г. Тольятти, ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», 2017).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Зеленкина С.В. Пруды, фонтаны, каскады, водоемы: Изд. Вече, Москва, 2003.
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. Кедров В.С., Ловцов Е.Н. Санитарно-техническое оборудование зданий. Учеб. Для вузов. – М.: Стройиздат, 1989. – 495 с.ил.
5. Спышнов Н.А. Фонтаны. Описание, конструкции, расчет. – М.: Государственное издательство архитектуры и градостроительства, 1950. – 172 с.ил.
6. Курсовая работа: проектирование фонтанов [Электронный ресурс]/ Статья// Bestreferat.ru. – 2009.- Режим доступа: <http://www.bestreferat.ru/referat-168120.html>
7. Условия выбора схемы водоснабжения фонтана [Электронный ресурс]/ Статья // Мастер-фонтан. – 2007.- Режим доступа: <http://www.masterfontan.ru/projection/choise/>
8. 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>
9. 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.
10. 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.
11. Histoire des Jardins; Ouest, S., Ed.; PREVOT, Philippe: Bordeaux, France, 2006.

- 12.SAMIRAD. Saudi Arabia Market Information Resource Directory. Available online: <http://www.saudinf.com/index.htm> (accessed on 21 March 2015)
- 13.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.
- 14.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
- 15.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
- 16.Angelakis, A.N. The History of Fountains and Relevant Structures in Crete, Hellas. *J. Glob. Environ. Issues* 2015. in Press
- 17.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.
- 18.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.
- 19.Angelakis, A.N.; Kavoulaki, E.; Dialynas, M.G. Sanitation and Stormwater and Wastewater Technologies in MinoanEra. 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.
- 20.Hodge, A.T. *Roman Aqueducts & Water Supply*, 2nd ed.; Gerald Duckworth: London, UK, 2002
- 21.Howard Hayes, S. *Etruscan Cities & Rome*; Cornell University Press: Ithaca, NY, USA, 1967; p. 320.

22. Jiao, J.J. A 5600-year-old wooden well in Zhejiang Province, China. *Hydrogeol. J.* 2007, 15, 1021–1029.
23. The Old Han Well Found in the Worksite. *Yeng Zhao Night Daily*, 30 April 2010.
24. Liu, S. A Exploring on Form of Chinese Old Well. *Agric. Archaeol.* 1991. (In Chinese).
25. Antoniou, G.P. Ancient Greek Lavatories: Operation with Reused Water. In *Ancient Water Technologies*; Mays, L.W., Ed.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2010.
26. Hellner, N.H. *Κρήνη του Θεαγένους στα Μέγαρα*; Nastou: Athens, Greece, 2009.
27. Pounds, N.J.G. *An Historical Geography of Europe 450 B.C.—A, Parte 1330*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 1973; p. 475.
28. Pace, P. *Gli Acquedotti di Roma*; Art Studio S. Eligio: Roma, Italy, 1983; p. 330.
29. 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.
30. Castellani, V.; Dragoni, W. *Opere Idrauliche Ipogee nel Mondo Romano: Origine, Sviluppo e Impatto nel Territorio. L'UNIVERSO* 1989, LXIX, 100–137. (In Italian).
31. 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.
32. Splash pad [Электронный ресурс] / Статья// Wikipedia. 2016. Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Splash\\_pad](https://en.wikipedia.org/wiki/Splash_pad)
33. Dawn Klingensmith. *Splashing Around* [Электронный ресурс] / Статья // *Recreation Management*. 2009. Режим доступа: <http://recmanagement.com/200904fe01.php>



34. 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.
35. Абрамов Н.Н. Надежность систем водоснабжения. –М.:Стройиздат, 1979. – 231 с.
36. Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий: Справочник проектировщика/ Под ред. И.А. Назарова. – М.:Стройиздат, 1976. -248 с.
37. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений: Справочник монтажника / Под ред. А.С. Москвитина. – М.:Стройиздат, 1979. – 430 с.
38. 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.
39. СП 73.13330.2016 (СНиП 3.05.01-85) Внутренние санитарно-технические системы зданий. Госстрой России. – Введ. 01.04.2017г.
40. Калищун В.И. Гидравлика, водоснабжение и канализация: Учебник для вузов / В.И. Калищун, 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.
41. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям/ Под. Ред. М.О.Штейнберга. – 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.: ил.
42. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации 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.
43. Программа подбора насоса Grundfos – WinCAPSver 2013.01.087 RU\_DVD [Электронный ресурс]. – 2016- Режим доступа: <http://product-selection.grundfos.com/front-page.html?%3Ftime=1465173918123&qcid=109063995>