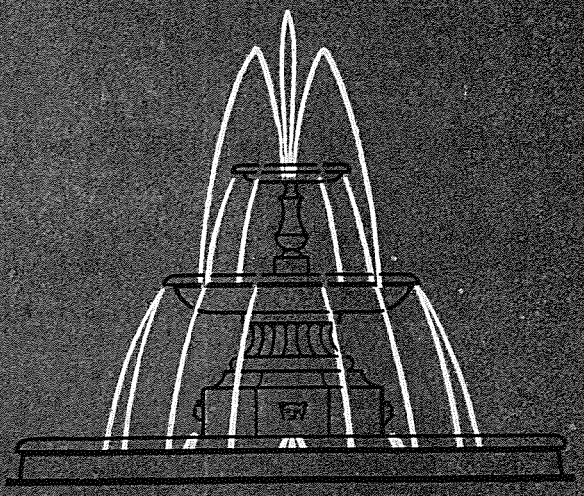
П. А. СПЫШНОВ

ФОНТАНЫ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
АРХИТЕКТУРЫ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА
1 9 5 0

П. А. СПЫШНОВ

ФОНТАНЫ

ОПИСАНИЕ, КОНСТРУКЦИИ, РАСЧЕТ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
АРХИТЕКТУРЫ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА
МОСКВА—1950

ВВЕДЕНИЕ

Родник, облицованный камнем руками первобытного человека, был первым прообразом фонтана. Укладка нескольких камней в месте выхода родника содействовала тому, что вода изливалась струйкой; это было удобно для наполнения глиняных кувшинов и деревянной посуды. Лишь через много тысячелетий такая облицовка, по мере развития человеческого общества, сохраняя утилитарное значение, приобретает элементы эстетические. Родники и колодцы обрабатываются каменными глыбами; появляются водометы, украшенные грубой скульптурой.

Пройдет еще несколько тысячелетий, и возникнут такие произведения искусства, как изящные нимфеи Древней Греции, монументальные фонтаны Рима, а позже фонтаны Версаля и Петергофа. Утилитарное значение фонтанов сохранится до конца XIX века, так как до этого времени во многих городах, наряду с колодцами, они будут служить основными источниками водоснабжения.

В Советском Союзе, где все градостроительные мероприятия проникнуты сталинской заботой о человеке, фонтаны, являющиеся не только декоративным, но и важным санитарно-гигиеническим фактором, получили широкое распространение. Они стали не только неотъемлемой частью городской площади, сада, парка, жилого квартала, но часто украшают и заводские территории.

Массовость применения фонтанов в условиях социалистического строительства повышает ответственность советских архитекторов в выборе архитектурного решения. 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 советских городов.

При разработке архитектурного образа фонтана советские архитекторы должны руководствоваться теми высокими требованиями, которые предъявляет к искусству архитектуры социалистическое общество.

Практика фонтанного строительства в буржуазных странах свелась к увлечению голым техницизмом. Фонтаны, построенные в последние годы в Нью-Йорке, Чикаго, Париже и Льеже, главным образом на международных выставках, представляют собой скорее сложные инженерные сооружения, чем произведения искусства.

Такое формалистическое трюкачество чуждо советской архитектуре.

В советском фонтанном строительстве должна найти отражение, наряду с отличным мастерством, высокая идейность, свойственная всем произведениям искусства социалистического реализма.

При решении архитектурного образа фонтана прежде всего необходимо учитывать место его установки.

Фонтаны могут быть небольшими, ограниченными определенным пространством, связанными с окружающей природой и дополняющими ее, и монументальными, входящими в ансамбль, в общий комплекс композиционного решения и непосредственно передающими архитектурный замысел планировщика.

В городских парках и скверах, в зависимости от места их расположения, рельефа и окружающего архитектурного ансамбля, могут устраиваться фонтаны разных типов.

В скверах, расположенных на открытых городских площадях перед большими общественными зданиями, или на площадях перед парками, среди зеленого партера и цветников уместен монументальный фонтан со множеством струй и обилием падающей воды.

Фонтан с широким привлечением пластики может быть центром сквера не только летом, но и зимой, когда он не работает, но сооружение все же сохраняет выразительный силуэт.

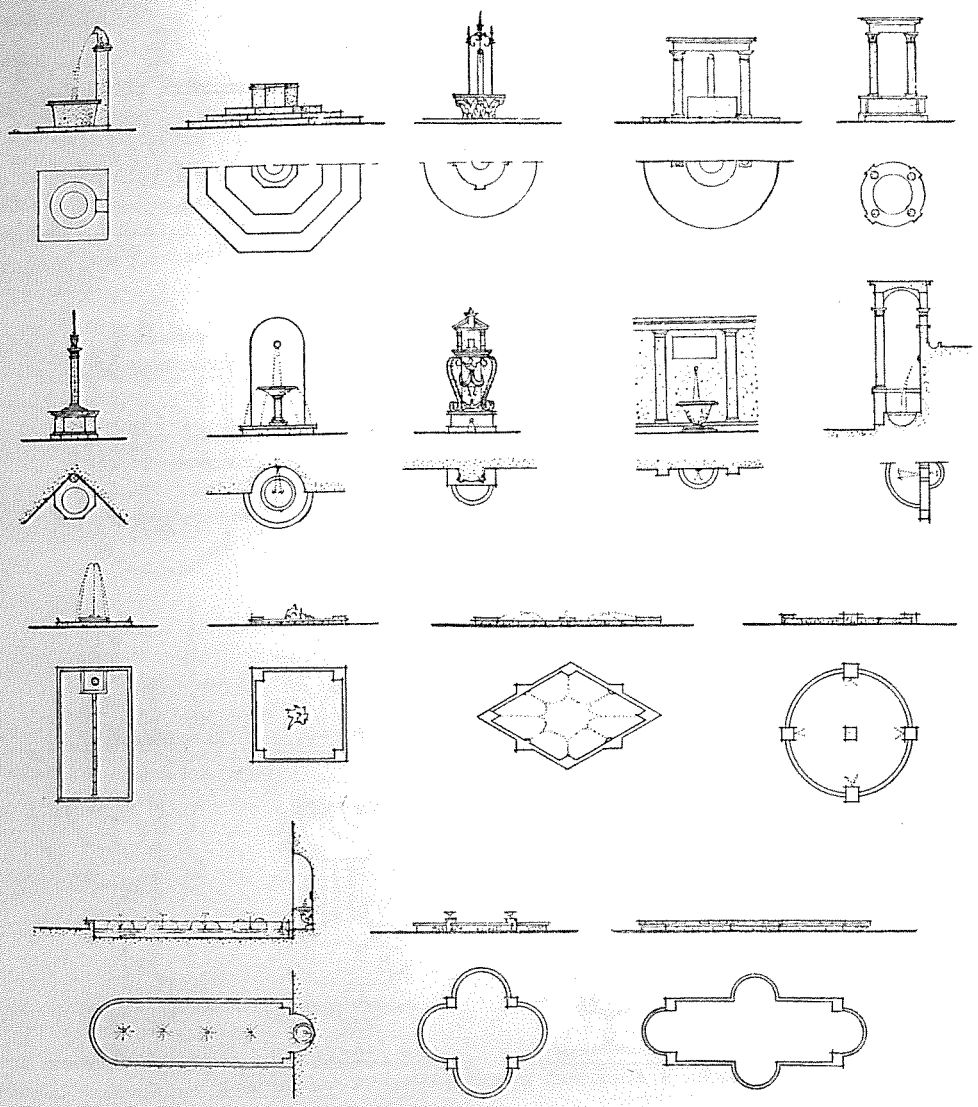
Летом архитектура фонтана, его пластика и динамика воды дополняют друг друга, и фонтан „живет“ не только днем, но и в ночное время, если обеспечено подсвечивание струй.

Для достижения большей художественной выразительности работа архитектора, скульптора и инженера должна быть совместной,— тогда и гидравлические эффекты будут органически увязаны с архитектурным замыслом. Там, где пластическое и орнаментальное оформление фонтана является доминирующим, а вода играет лишь подчиненную роль, создание мощных водяных эффектов и сложной композиции водяных струй может только снизить художественную ценность сооружения. В фонтанах, не имеющих сложной архитектурной композиции и выполненных с ограниченным применением пластики, все решает вода.

В скверах, устраиваемых в замкнутых пространствах, среди домов, в курдонерах жилых и общественных зданий, на второстепенных площадях и улицах города, чаще всего планировочным центром является фонтан или цветник.

Внутриквартальные зеленые насаждения как бы оживают при устройстве даже небольшого фонтана. Более широкое применение курдонеров вместо периметральной застройки делает фонтан неотъемлемой частью жилого дома.

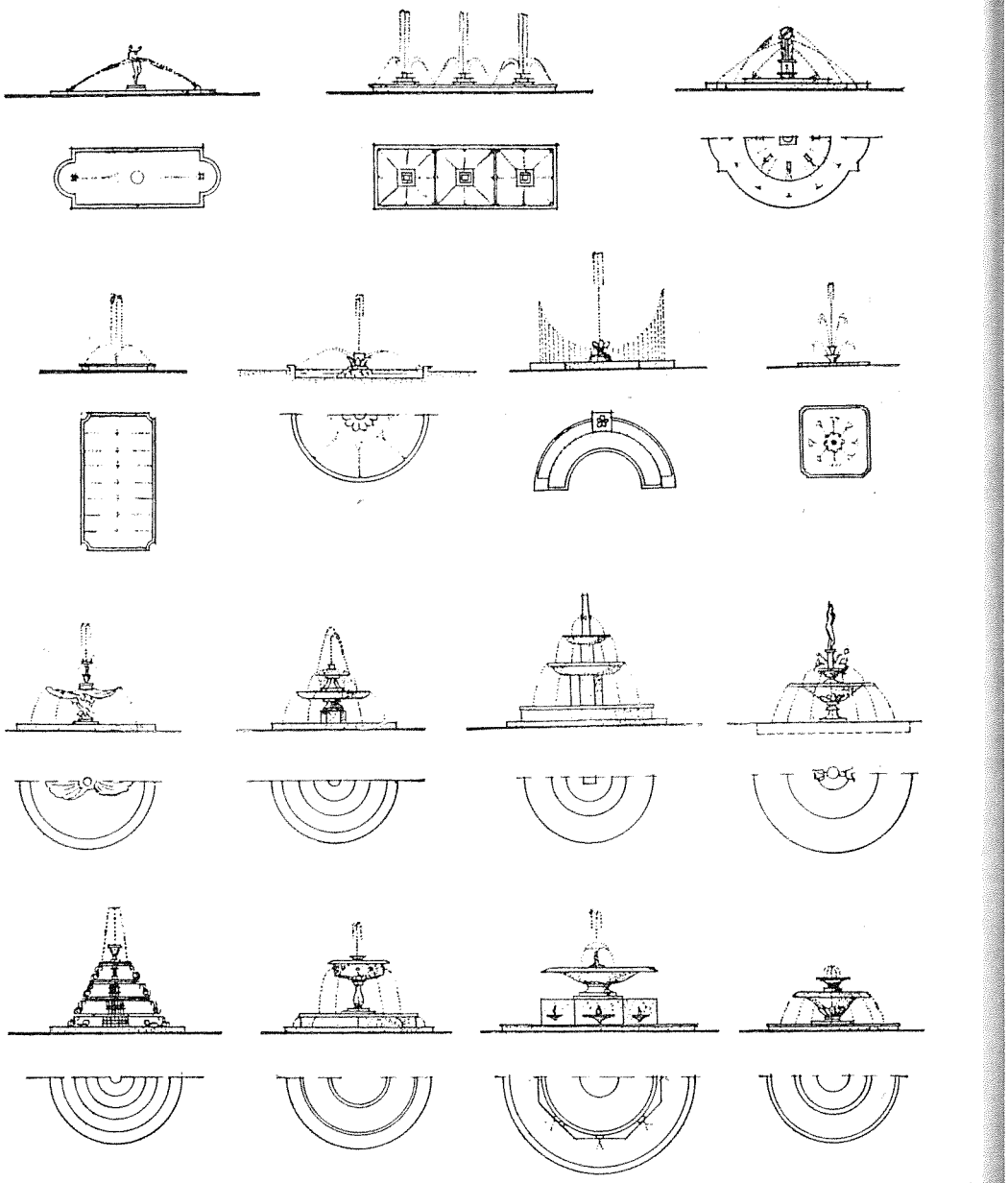
В таких случаях формы фонтана должны быть простыми и спокойными: это или бассейн с одной или несколькими тонкими бьющими струями или фонтан в виде чаши с медленно стекающей водой. Незначительное количество потребляемой в таких сооружениях воды не вызывает необходимости устраивать сложные в эксплоатации и дорого стоящие установки для оборота воды. Монтаж трубопровода в таких фонтанах весьма прост, обслуживание его можно поручить сторожу сквера.



1. Схемы колодцев, родников и бассейнов

Небольшие фонтаны с круглыми чашами, с мягким журчанием падающей воды более всего подходят к замкнутым пространствам садов и парков. Они создают среди массы зелени спокойную лирическую обстановку, способствующую отдыху уставшего от городского шума человека.

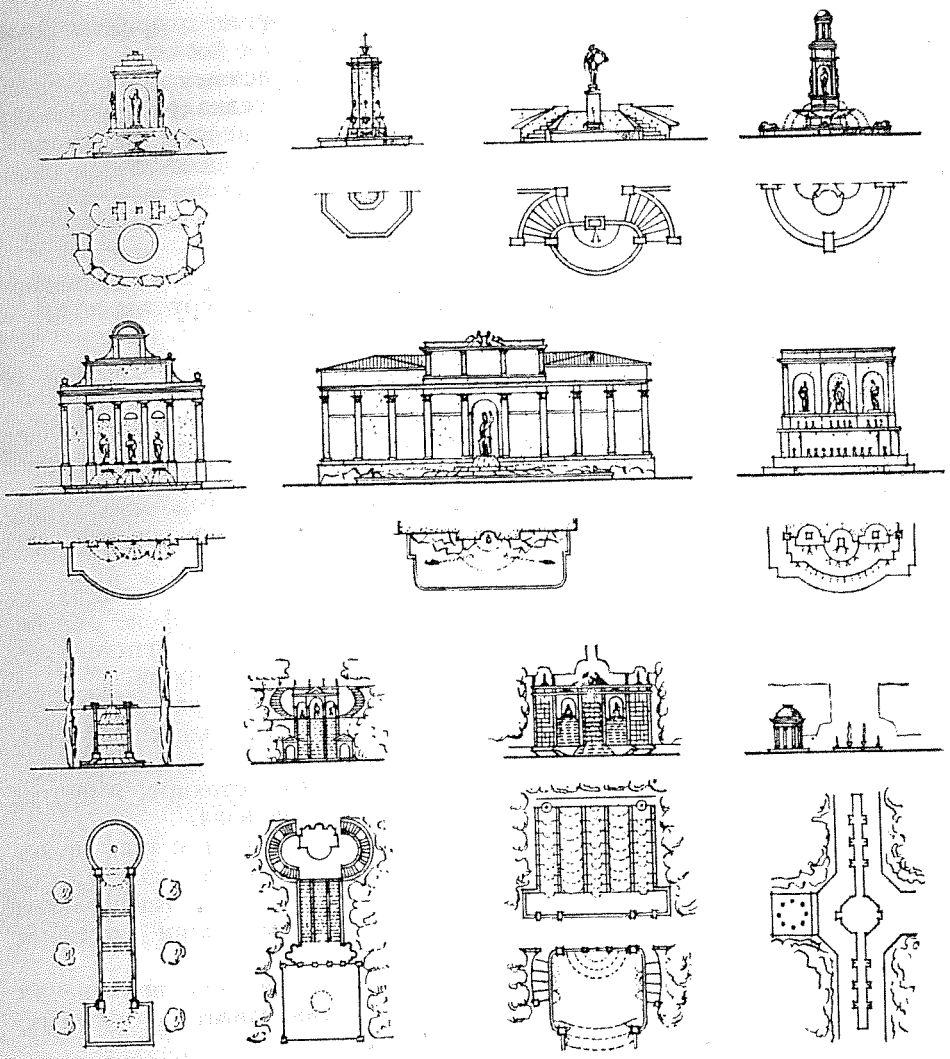
Проявляющееся в течение последних лет у некоторых архитекторов стремление создать в таких уголках мощные фонтаны с обилием шумно падающей воды, высокими вертикальными струями, со сложной композицией водяных эффектов, с обильной пластикой, сложным и дорогим инженерным оборудованием следует признать ошибочным. Такие архитектурные формы в данном случае нарушают гармонию и даже функциональное значение садов и парков.



2. Схемы струйных фонтанов и чаш

Весьма уместны в садах пруды, бассейны, каналы; они желательны не только по эстетическим соображениям, но и по санитарно-гигиеническим и инженерным требованиям.

В южных городах такие водные поверхности увлажняют воздух и улучшают микроклимат; они способствуют дренированию территории и одновременно могут служить запасными водоемами для противопожарных целей.



3. Схемы монументальных фонтанов и каскадов

На водной поверхности таких прудов и бассейнов (главным образом на юге) рекомендуется устанавливать специальные насадки, разбрызгивающие воду, особенно в тех случаях, когда происходит регулярное пополнение водоемов из городского водопровода. Такие насадки увлажняют воздух и создают приятное ощущение прохлады.

Насадки конструируются с любой степенью распыления воды — от мельчайшей пыли до крупных капель. Сердечники и спирали различных форм, помещенные внутри насадок, создают конус распыления воды в 30—90°. В ясные дни конусы распыляемой воды, отражая солнечные лучи, играют всеми цветами радуги.

Фонтаны, являющиеся существенным элементом декоративного оформления, в зависимости от их архитектуры и композиции водяных струй, могут быть разделены на шесть основных типов:

1. Колодцы и родники, декоративно оформленные с привлечением средств архитектуры и пластики.

Такие отдельно стоящие колодцы могут быть красивым декоративным пятном на площади или на улице небольшого поселка или районного центра. В местностях с наличием высоко расположенных родников и ключей подвод воды к такому колодцу может осуществляться самотеком. Место излива воды в чашу колодца можно оформлять простым водометом или маскароном, используя для их установки ниши и углы общественных зданий.

2. Простые водоемы спокойных геометрических форм с зеркальной поверхностью, отражающей кроны деревьев, архитектуру памятников и сооружений.

В некоторых случаях, например при расположении водоемов на площадях и в партерах парков, зрительное впечатление может быть усилено введением одной или нескольких вертикально бьющих мощных струй, рельефно выделяющихся на фоне сооружений или темной зелени парков.

В замкнутых пространствах скверов, на внутриквартальных озелененных площадках для усиления архитектурной выразительности этих бассейнов достаточна одна небольшая центральная струя.

3. Фонтаны со сложной композицией водяных струй, бьющих из глади водоемов и создающих динамический силуэт на фоне зелени, с незначительным привлечением пластики и широким использованием технических средств для подсвечивания струй в ночное время.

Такие фонтаны требуют сложного и дорогого инженерного оборудования и квалифицированного ухода. Их место — на центральных площадях, в общественных парках и на выставках.

4. Фонтаны в виде одной или нескольких чаш, стоящих в центре небольшого водоема, в который стекает из этих чаш вода.

Форма чаш может быть весьма разнообразной; вода с них может сливаться кристальной пеленой (при гладкой обработке поверхности борта) или несколькими струйками (в лепестковых чашах). Впечатление от таких фонтанов усиливается введением композиции водяных струй.

Благодаря спокойным благородным формам диапазон применения этих фонтанов весьма широк. Их можно устанавливать в скверах, парках, садах, на городских площадях и т. д.

Место установки таких фонтанов определяется степенью богатства их декоративного оформления.

5. Скульптурные фонтаны, в которых доминирует пластика, а композиция водяных струй играет лишь подчиненную роль.

Синтез архитектуры и пластических форм в сочетании с динамикой воды усиливает художественный образ фонтана. Место таких фонтанов — на городских площадях и перед общественными зданиями.

К этой же группе могут быть отнесены мемориальные фонтаны, а также фонтаны, оформляющие фасады архитектурных сооружений.

6. Каскады в виде многоступенчатых переливов воды с богатым декоративным оформлением или в виде нескольких чаш, входящих в архитектуру сходов или подпорных стенок. Каскады чаще всего находят применение в парках и садах со значительным падением рельефа местности.

Для снабжения каскадов водой служат перехваченные родники, ключи или вода, использованная в струйных фонтанах, расположенных на верхних террасах (над каскадами).

Эскизы архитектурных и конструктивных форм фонтанов в соответствии с указанной классификацией приводятся на рис. 1—3.

Настоящая книга содержит два раздела. В первом разделе дано краткое описание наиболее интересных образцов старых и современных фонтанов.

Из фонтанов, построенных в России до Великой Октябрьской социалистической революции крупнейшими архитекторами, скульпторами и фонтанных дел мастерами, наиболее подробно описаны фонтаны Петергофа (ныне Петродворца) — блестящие образцы искусства, имеющие мировое значение.

В качестве примеров фонтанного строительства в СССР использована главным образом практика Москвы, а из национальных республик — Армении.

Из старых зарубежных образцов описаны представляющие художественную ценность несколько фонтанов эпохи Ренессанса и барокко (Рим, Версаль).

Второй раздел настоящей книги посвящен описаниям конструкций и расчетам фонтанных устройств.

ОПИСАНИЕ ФОНТАНОВ

ФОНТАНЫ РОССИИ

В России с начала XVIII века вода, эта „душа садов", становится излюбленным композиционным элементом садово-парковой архитектуры, классическим примером которой являются фонтаны Петродворца.

С этого же времени русские архитекторы начинают отдавать предпочтение фонтанам при оформлении городских площадей и дворянских усадеб.

Художественно оформленные фонтаны, построенные во многих городах, служат не только украшением города, но и предназначаются для чисто утилитарной цели — снабжения водой населения. Примерами таких сооружений могут служить фонтаны, построенные в XIX веке в Москве.

Ограниченный объем данной работы не позволяет нам остановиться на таких прекрасных образцах садово-паркового искусства, как Софиевка, начатая строительством в конце XVIII и законченная в первой половине XIX века, с ее сложными гидротехническими сооружениями, каскадами, гротами и фонтанами, на фонтанах г. Пушкина, на значительном количестве других интересных сооружений, возведенных в течение почти 200 лет во многих русских дворцах и усадьбах.

Холодный климат средней полосы России, расположение городов на берегах больших рек, обилие естественных водных бассейнов, высокий уровень грунтовых вод и равнинный рельеф местности — все эти условия не способствовали строительству фонтанов в России в средние века. Воды было много, получать ее было легко, без применения каких-либо сложных механических приспособлений для подъема, и население в городах брало воду непосредственно из рек или из колодцев.

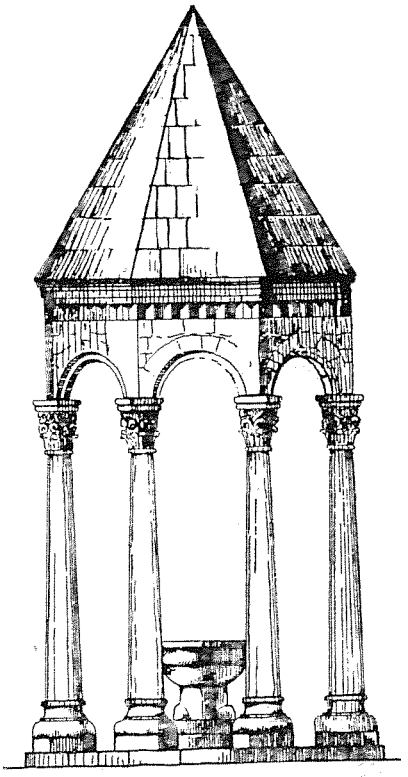
Развитие русской техники в это время было на достаточно высоком уровне. Об этом свидетельствует хотя бы тот факт, что еще в XI веке в Новгороде, например, имелся водопровод. Это наиболее древний из известных в России водопроводов, открытый раскопками 1937—1938 годов на территории Ярославова дворища. Состоял он из круглых деревянных труб с внутренним диаметром от 18 до 28 *см*, сделанных из двух выдолбленных внутри бревен и обложенных в три слоя широкими пластами из бересты. В местах поворотов трубопровода имелись деревянные колодцы в виде срубов.

Водопроводная система каптировала воду обильного источника и, повидимому, снабжала ею княжеский двор, отводя излишек в реку Волхов[1].

Наличие сложной для того времени водопроводной системы свидетельствует о высокой технической культуре Новгорода конца XI и начала XII веков.

Фонтаны в то время только еще зарождались. Большие водосвятные чаши, устанавливаемые перед некоторыми соборами, были их первыми прообразами.

В 1165 году перед дворцовым собором Рождества Богородицы, построенным князем Андреем Боголюбским, находился шатровый киворий, в центре которого на круглом пьедестале была белокаменная чаша (рис. 4) с освященной водой[2]. Никаких остатков водопровода в Боголюбске не обнаружено; повидимому, чаша периодически наполнялась водой из ближайшего колодца.



4. Шатровый киворий перед собором в Боголюбске (реставрация А. Н. Ворошихина)

Подобная же водосвятная чаша была установлена около 1260 года перед главными дверями церкви Марии в городе Холм. Чаша была красного мрамора со скульптурными изображениями змеиных голов, изваянными по ее краям.

Самотечные водопроводы были известны в Москве еще в XV веке. Так, летопись свидетельствует, что по приказу Ивана III Петр Фрязин построил две отводные стрельницы с тайниками, в подземельях которых были устроены „на основаниях каменных, водные течи (водопроводы), аки реки, текущие через весь Кремль-град, осадного ради сиденья".

Первый напорный водопровод, построенный русскими мастерами Трефилом Шарутиным и Антоном Константиновым в 1631 году для подачи воды в царскую поварню, просуществовал около двух лет. В 1633 году был построен новый, большей производительности водопровод, выполненный из свинцовых труб.

Забелин упоминает об одном из составителей хронографов, с восторгом отзывающемся о строительной деятельности при царе Михаиле и, в частности, о том, как в 1633 году мастера „хитростройными художествами возвели воду из Москвы реки на царский двор ради великого потребования"[3]. В башне был устроен колодец, в который вода по трубе поступала из Москвы-реки. Насосом, приводимым в действие лошадиной тягой, вода подавалась в свинцовый бассейн на верху башни, откуда и разводилась на дворцовые нужды. Эта водоподъемная машина,

[1] А. А. Строков. Отчет о раскопках древнего русского водопровода. „Новгородский исторический сборник", вып. VI, 1939.

[2] Н. Н. Воронин. Памятники владимиро-суздальского зодчества XI—XIII веков. Изд. А. н. СССР, 1947.

[3] И. Забелин. История города Москвы. 1905.

построенная мастером Христофором Галовеем и установленная в Водовзводной башне на берегу Москвы-реки, около 75 лет снабжала Кремль водой. В 1706 году, по указу Петра I, свинцовые трубы от башни до сада были разобраны и перевезены в строящийся Петербург.

На южном скате Кремлевского холма были разбиты так называемые нижние и верхние сады; здесь же были теплицы, оранжереи и небольшие фонтаны — „воды взводные", к которым вода подводилась по свинцовым трубам. В 1681 году в Кремлевском саду устроили пруд, выложенный свинцовыми плитами. Вода в пруд также подавалась из Водовзводной башни.

Схема кремлевского водопровода к концу XVII века по реконструкции проф. Н. И. Фальковского имела вид, представленный на рис. 5.

В XVII веке, с дальнейшим развитием гидротехники, появляются профессии мастеров водовзводных дел, плотинных дел, водосточных дел. Встречаются имена Ерохова Ивана — водовзводных дел мастера, опаивавшего свинцовыми досками государеву мыльню; Ивана Корела — водосточных дел мастера, чинившего „водяные колеса" в Ново-Иерусалимском монастыре; целой семьи Костоусовых — каменных дел подмастерьев, соорудивших вместе с плотинных дел подмастерьем Андреем Фоминым в 1667 году плотину на Виноградном пруду в Измайлове; Галактиона Никитина — водовзводных дел мастера, покрывшего в 1685 году свинцовыми досками верхний сад в Кремле и производившего на год ранее водовзводные работы „на все три дворца и на конюшню и в сад..." [1]; Трефила Шарутина, о котором мы уже упоминали в связи с устройством водоснабжения Кремля в 1631 году.

Вот далеко не полный перечень русских мастеров, работавших в XVII веке. Все это говорит о том, что работы по „водовзводным" устройствам, по сооружению плотин и водяных колес, являвшихся основной двигательной силой на заводах и „пильных мельницах", не были единичным явлением в то время, и что уровень гидротехнических знаний и навыков у русских мастеров был достаточно высок.

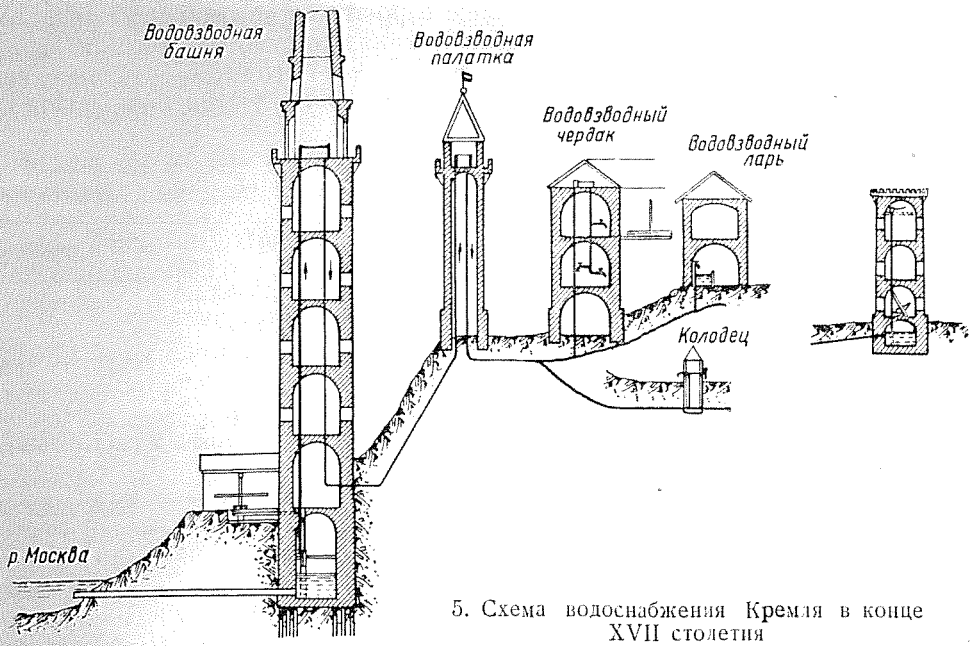
В этом же веке (публикация К. В. Миссель) во время застройки высоко расположенных над Днепром участков Киева для водоснабжения части Подола устраивается централизованный водопровод. Грунтовая вода собиралась дренажами, по которым она отводилась в сборный деревянный водоем, расположенный на высоте 30 *м* над Подолом. От водоема по деревянному трубопроводу протяжением около 500 *м* вода отводилась в бассейн, перекрытый куполом, опертым на колонны. В середине бассейна была фигура Самсона, раздирающего пасть льву, из которой била струя воды, падающая в бассейн. Это сооружение сохранялось до 1908 года и было закрыто во время эпидемии холеры в городе.

Резкий поворот, происшедший с начала XVIII столетия в жизни России, развитие мануфактур, большие усилия царя Петра I, стремившегося выскочить из рамок отсталости, создание сильного дворянского крепостнического государства, привело к значительному совершенствованию техники.

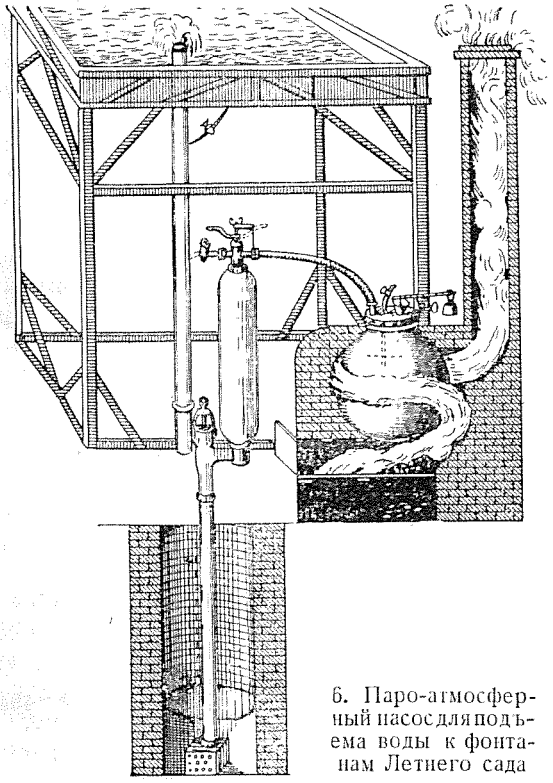
Сложные гидротехнические сооружения устраиваются в петровское время для подъема воды к фонтанам Летнего сада. По краям грота, который начал строить Шлютер и закончил, вероятно, Земцов, на крыше находились два водоема, куда вода накачивалась из Фонтанки насосом, установленным в особой камере; затем вода по трубам разводилась к фонтанам.

---

[1] И. Забелин. Домашний быт русских царей. 1872.



5. Схема водоснабжения Кремля в конце XVII столетия



6. Паро-атмосферный насос для подъема воды к фонтанам Летнего сада

„Огнедействующая машина“ в виде паро-атмосферного насоса (рис. 6) была впервые применена для водоснабжения фонтанов в России. Этот насос, построенный по заказу Петра I в 1717 — 1718 годах, был установлен в одном из помещений грота. Внешний вид грота, украшенного сверху балюстрадой, приведен на рис. 7.

Повидимому, эта машина очень быстро вышла из строя, так как вскоре построили водоподъемное колесо, забиравшее воду также из Фонтанки.

В начале двадцатых годов XVIII века был прорыт Лиговский канал и сооружен бассейн, из которого вода по трубам подавалась в водовзводную башню, а из нее по перекинутым через Фонтанку трубопроводам — в систему водоснабжения фонтанов Летнего сада [1].

От грота вела широкая аллея с фонтанами, отлитыми из свинца по моделям К. Растрелли и Пино. В саду было также большое количество всевозможных водяных затей, которые так любил Петр I.

Бергхольц в своем дневнике так описывает фонтаны Летнего сада в 1721 году:

„... От этой галереи начинается самая широкая аллея, в которой устроены красивые высоко бьющие фонтаны. Вода для них накачивается большою колесною машиною из канала в особые бассейны и потому ее всегда достаточно. У первого фонтана — место, где обыкновенно бывает царица со своими дамами, а у следующего стоят три или четыре стола, за которыми пьют и курят табак. Это место царя. Вправо от этой площадки стоит прекрасная статуя с покрытым лицом, у подножия которой течет или, вернее сказать, бьет вода во все стороны...

Против птичника устроен фонтан в виде вызолоченного каскада, украшенный множеством вызолоченных сосудов...“ [2].

Летний сад неоднократно перепланировывался, перестраивался, и от его старых фонтанов до нашего времени ни один не сохранился.

Устройство фонтанов и подъем воды для них были не редкостью в те времена.

Так, по описаниям современника, в 1739 году для императрицы Анны Иоанновны, любившей всевозможные зрелища, по чертежам канцлера А. Д. Татищева был выполнен около Ледяного дома своеобразный фонтан: рядом со зданием стояла фигура слона в натуральную величину, из хобота которого била струя воды высотой в 17 *м*; вода к фонтану подавалась насосом; в ночное время из хобота выбрасывалась горящая нефть. Перед входом в Ледяной дом стояли два дельфина, также выбрасывавшие струи горящей нефти.

Значительные работы по сооружению фонтанов выполнил Растрелли в новом Летнем саду.

„Я велел вырыть пруд большого протяжения, расположенный близ дворца, принадлежащего к новому саду, где я устроил также большой лабиринт из зелени, состоящий из липовых аллей с изгородями из различных деревьев, местами украшенных барельефами позолоченными, с вазами, с взлетающими струями воды; вокруг этого большого бассейна было помещено несколько мраморных статуй.

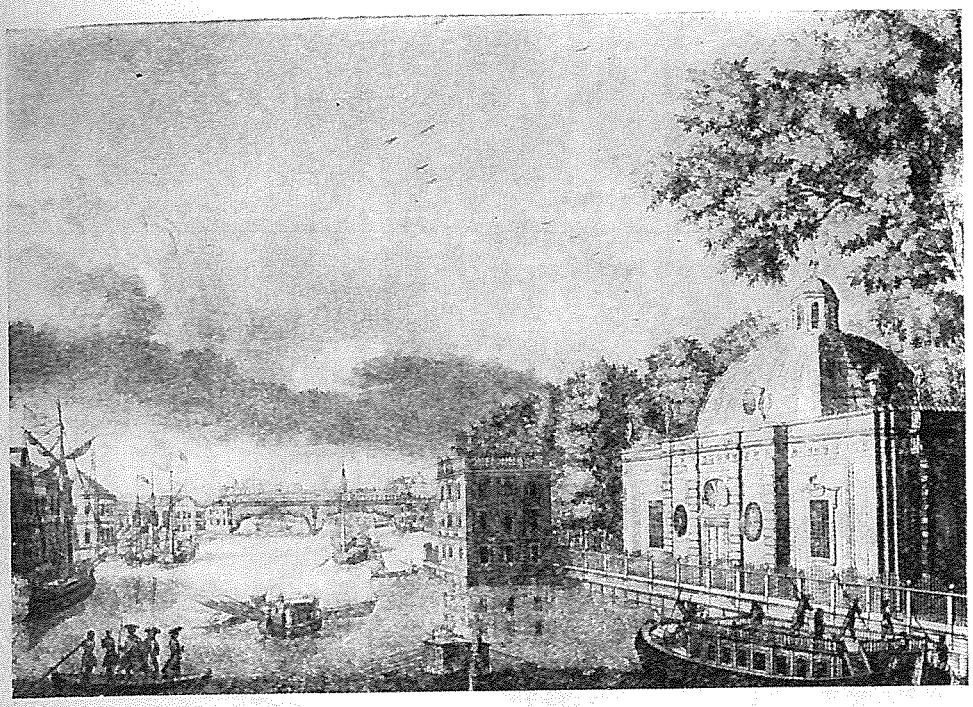
... В новом саду выстроил по приказу императрицы большое ванное здание с большим залом, покрытым куполом, с большим фонтаном из многих струй...“ [3].

---

[1] Н. И. Смирнов. Марсово Поле. Изд. „Искусство“, М., 1947.

[2] Дневник камер-юнкера Бергхольца. М., 1858.

[3] Зигмунд Батовский. Новые материалы об архитекторе Растрелли. Львов, 1939.



7. Грот Летнего сада. Гравюра первой половины XVIII века

В течение XVIII—XIX веков крупнейшие зодчие России проектировали и строили много фонтанов.

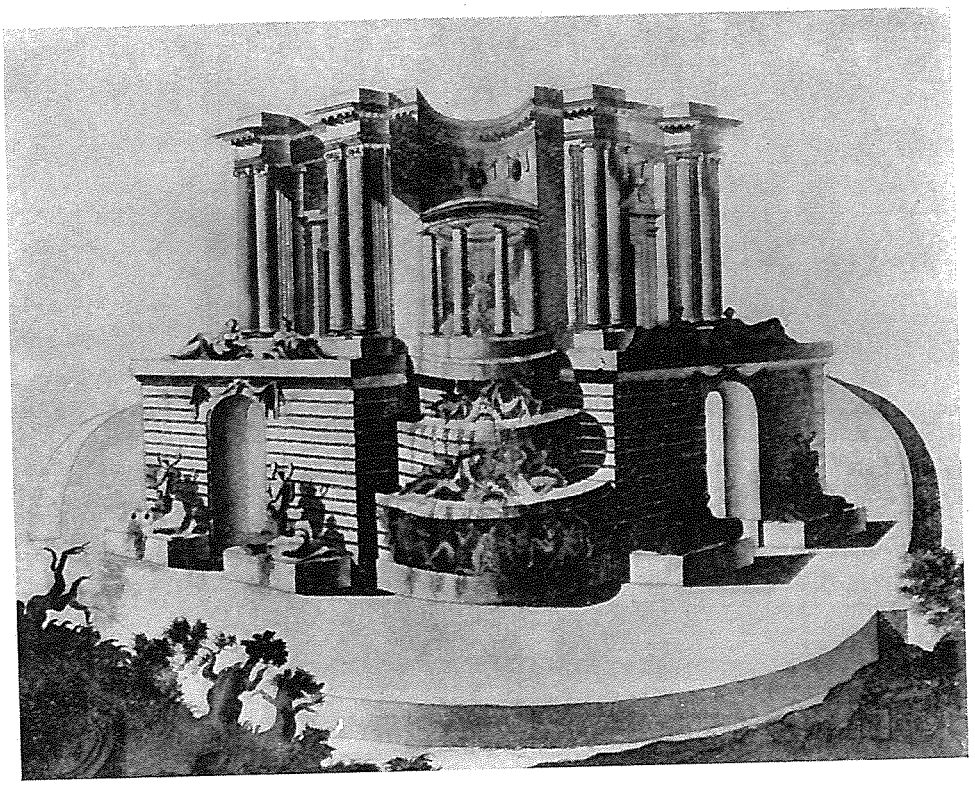
Проект монументального фонтана с широким привлечением пластики был разработан В. И. Баженовым (1737—1799) для неосуществленного увеселительного императорского „на Екатерингофском месте дома" (рис. 8).

Много проектов фонтанов оставил А. Н. Воронихин (1759—1814). Построенный им в 1806 году фонтан в Пулкове на склоне холма, обращенном к Петербургу, является лучшим сооружением камерной архитектуры в окрестностях города. Один из вариантов этого проекта приведен на рис. 9.

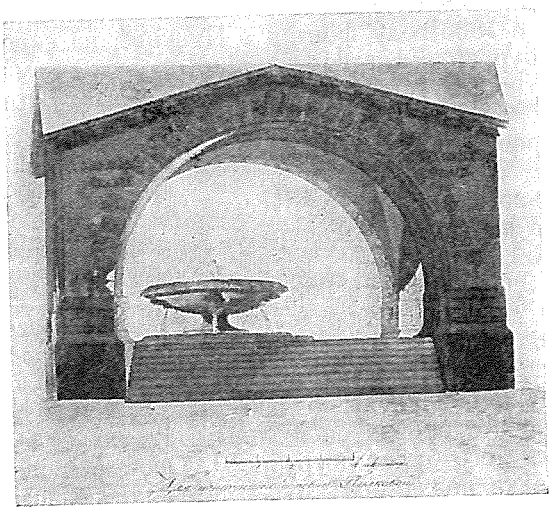
Интересен проект фонтана в Петергофе (рис. 10), выполненный тем же мастером.

В замечательном документе русской культуры первой половины XVIII столетия, в первом архитектурном трактате, именуемом „Должности Архитектурной Экспедиции", вопросу устройства фонтанов посвящен отдельный пункт „О проводе в приличных местах для фонтанов воды". В нем пишется: „Для удобнейшего удовольствия и красоты города подлежит на знатных площадях и в пристойных местах города сделать публичные фонтаны"; и далее говорится о необходимости выбора места, откуда будет забираться вода, о необходимости составления проекта и определения „во что провод оной воды стать может и для содержания ежегодно, что для того будет потребно"[1]. Особые пункты об установке насосов, о прокладке подземных труб, детально излагающие все необходимые мероприятия для строительства, говорят о высоком уровне стро-

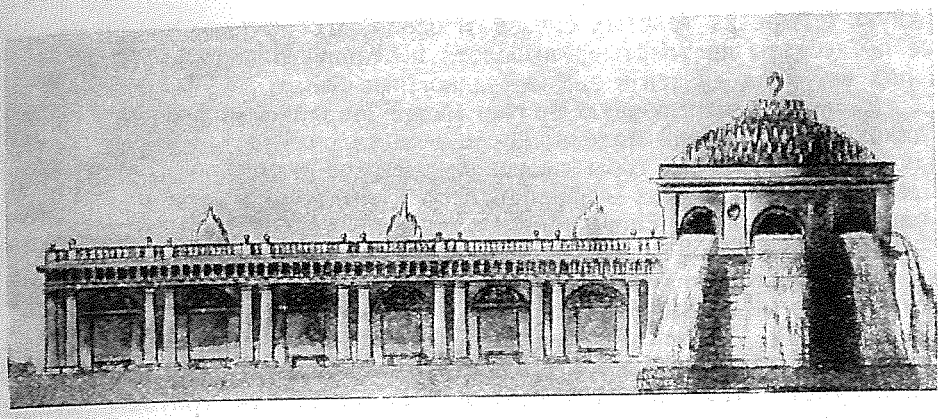
[1] Архитектурный архив, т. 1. Изд. Академии архитектуры, 1946.



8. Проект фонтана. Арх. В. И. Баженов



9. Проект фонтана в Пулкове.
Арх. А. Н. Воронихин



10. Проект фонтана в Петергофе. Арх. А. Н. Воронихин

ительной техники того времени и о солидных гидротехнических знаниях составителей „Должности".

В течение всего XVIII века строительство фонтанов в России продолжается; фонтаны сооружаются в Петербурге, Москве, в императорских дворцах и парках, в имениях знати, достигая нередко исключительной архитектурной выразительности. Наиболее ярким примером могут служить фонтаны Петергофа, построенные в основном в первой половине XVIII века по приказу Петра I.

В течение более двух столетий архитекторы Броунштейн, Леблон, Земцов, Растрелли, Микети, Кваренги; скульпторы Вассу, Изохтин, Лабзин, Пино, Сидоров, Шубин, Козловский, Толстой; мастера фонтанных, литейных и каменных резных дел и тысячи талантливых крепостных мастеров создавали садово-парковый ансамбль Петродворца с его изумительными фонтанами, по праву считающимися лучшими в России.

„Это — резиденция царя морей. Фонтаны в Петергофе не придаток, а главное. Они являются символическим выражением водяного царства, тучей брызг того моря, которое плещется у берегов Петергофа.

... Чудно хорош и поэтичен Петергоф, живой свидетель самых блестящих и самых трагических страниц русской истории и сам по себе прекрасный художественный памятник XVIII века, на создание которого положили свои усилия мастера того времени" (А. Бенуа).

Впервые о Петергофе упоминается в указе Петра I от 20 ноября 1707 года, в котором говорится о наряде 40 000 рабочих к весне будущего года для производства строительных работ в Петербурге, Кронштадте и Петергофе.

Петр уделял много внимания Петергофу. Стремясь к тому, чтобы резиденция русских императоров была не хуже, чем у западноевропейских монархов, он осуществляет такой архитектурный ансамбль, который „зело первейшим монархам приличествует".

Давая достаточно категорические указания мастерам об устройстве различных сооружений в Петергофе, Петр активно влиял на архитектурный замысел, находя время на разработку детальных условий на проектирование и строительство фонтанов, примером чего могут служить собственноручные письменные распоряжения, с указанием на плане, где и какие сооружения надлежит строить:

„В Монплезире, посредь огорода, на перекрестке фонтану № 1, а где 4 — статуи золоченые сделать, под них железные подставки, под

каждую четыре из толстых связей и около них круглые медные точёные пьедесталы не толстые, вызолотя поставить и воду пустить, дабы из под ног вода лилась к земле гладко, как стекло.

.. Кашкаду мраморовую против малой Марлинской, с малым гротом и дикою горою против модели, перед нею узорчатый мост с покрытым водяным ходом. У сей горы смотреть, чтоб две старые домы или руины были о двух или о трех этажах, и чтоб малы не казались перед горою и сделана была пропорция.

...Перед большой кашкадой делать историю Еркулову, который дерется с гадом седмиглавым, называемым гидрою, из которых голов будет итти вода по кашкадам...

Наверху у Марлинской кашкады против Монплезира делать телегу Нептунову с четырьмя морскими лошадями, у которых изо ртов пойдет вода и будет литься по кашкадам и уступам делать тритоны, якобы играли в трубы морские и действовали бы те тритоны водою и образовали бы разные игры водяные..." [1].

Позже, в 1724 году, он приказал „по большому каналу в нишелях сделать чаши деревянные круглые и покрыть свинцом. У малых палат против пруда в нишелях сделать четыре фонтаны из Езоповых фабол. В малых галереях, что в партерах, кашкад делать фонтаны и на верх пьедесталов делать свинцовые фигуры" [2].

Эти подробные указания Петра и легли в основу проектов, разработанных мастерами, соорудившими петергофские фонтаны.

Повидимому, в это же время в большом гроте было установлено несколько стеклянных колоколов разной тональности, пробочные молоточки которых приводились в движение посредством механизма с колесом, вращающимся силой падающей воды. Существовали эти колокола еще при Екатерине II; назывались они тогда „колокольней, которая водою ходит".

В „Камер-фурьерском журнале" встречается запись, датированная 1 августа 1720 года, о том, что Петр ездил вместе с архитектором Броунштейном верхом „для осматривания вод — откуда провести в Петергоф пруды, в каскады и фонтаны, расстоянием от Петергофа верст с 12..." [3] (в окрестностях Ропши).

Благоприятный рельеф обеспечил бесперебойное снабжение водой петергофских фонтанов без устройства каких-либо водоподъемных сооружений.

Это сложное по тем временам гидротехническое сооружение, выполненное питомцем Петра I русским инженером Василием Туволковым, имело разветвленную систему трубопроводов и каналов; начиналось оно более чем за 20 километров от Петергофа.

Первая фонтанная система со всеми трубопроводами в течение более двух столетий подвергалась неоднократным переделкам, но принципиальная схема водоснабжения осталась почти без всяких изменений.

Осуществление системы прудов, каналов и подающих трубопроводов, снабжающих водой фонтаны, потребовало колоссального количества человеческого труда и огромных материальных затрат. Сооружение фонтанов началось в конце 1720 года, продолжалось весь следующий год и было в основном закончено осенью 1722 года. Число рабочих для устройства каналов и регулирования речек в последние месяца работы достигало 4000 человек.

---

[1] Москва. Центроархив, книга 61, л. 286—290.
[2] Там же.
[3] И. И. Голиков. Деяния Петра Великого. 1788.

11. Водоснабжение фонтанов Петергофа

Летом 1723 года вода была пущена в наскоро сделанные фонтаны, и перед изумленными современниками забили сотни струй, заиграли на солнце многочисленные каскады. Но фонтаны работали непродолжительное время, так как гидротехнические работы были выполнены наспех; например, водопроводы быстро пришли в негодность; каналы и шлюзы, не выдерживая напора воды, быстро размывались; напорные трубопроводы, сделанные большей частью из деревянных труб, разрушались; незначительные участки чугунных трубопроводов пропускали воду в стыках из-за несовершенной конструкции их.

В 1760 году деревянные трубопроводы были заменены чугунными, уложенными прямо на грунт, без какой-либо подготовки. Но и после этого постоянные аварии на водопроводных сооружениях приводили к тому, что количество воды, подаваемой к фонтанам, уменьшалось, напор у фонтанов снижался, и часто возникало опасение перерыва подачи воды и прекращения действия фонтанов.

Ремонтные работы и улучшение системы продолжались в течение всего XVIII века, но количество воды все уменьшалось. В 1832 году был вырыт так называемый „новосоединительный" канал протяжением около 5 *км*, по которому пошла вода из ключей деревень Лонина и Леволо. Этот канал значительно увеличил дебит воды, поступающей в Петергоф. В это же время от Розового пруда были проложены чугунные трубы диаметром 610 *мм*, с длиной звена 1430 *мм* и толщиной стенок 25 *мм*. Эти трубы соединялись между собой при помощи фланцев на четырех болтах; уплотнение создавалось свинцовой прокладкой.

Схема фонтанного водоснабжения представляется в следующем виде (рис. 11). В 22 *км* к югу от Петергофа, у деревень Забородье и Пядино, был вырыт старый петровский канал, который перехватывал ручьи и ключи, текущие от этих деревень. На пятом километре к нему присоединили новый канал. Далее по отрегулированному руслу речки канал шел до Шинкарского шлюза с двумя затворами; через один из них вода направлялась в Петергоф, через второй — сбрасывалась в реку Стрелку, когда фонтаны не работали (то-есть в осеннее и весеннее время).

За шлюзом канал питал целую систему прудов (Церковный, Бабинский, Руинный, Орлиный, Английский, Мельничный, Самсоньевский, Круглый и другие). После круглого павильона вода открытым каналом подавалась к Ольгинскому пруду и по двум закрытым напорным трубопроводам — к фонтанным композициям, расположенным у дворца и канала, к фонтанам нижнего и верхнего садов и фонтанам в западной части нижнего парка.

Максимальный расход воды фонтанами всего комплекса составлял около 3000 *л/сек*; она выбрасывалась в воздух через 2500 фонтанных насадок.

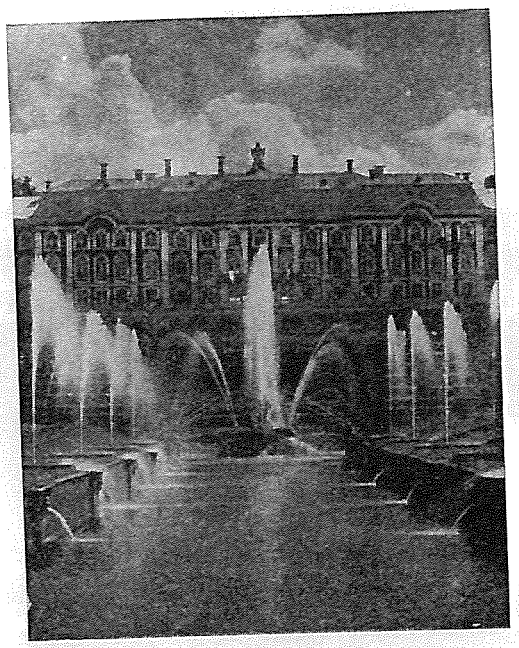
В первые годы своего существования почти все фонтаны просматривались с верхней площадки перед дворцом,— фигурно подстриженные низкие деревья и кустарники не закрывали партеров с цветниками, позолоченной скульптуры и всюду бьющих вверх фонтанных струй.

В 1726 году ряд фонтанов, выполненных из дерева, пришел в негодность; по докладу Сенявина „фигуры деревянные из Эзоповых фабол в трех фонтанах, что в нишелях по обе стороны большого канала, которые сделаны на время, от солнца и мокроты весьма расселись и расклеились"[1]. Канцелярия от строений поручила такие же фигуры отлить из свинца.

---

[1] И. И. Голиков. Деяния Петра Великого. 1788.

12. Канал с аллеей фонтанов (вид с террасы над большим каскадом)



13. Фонтан „Самсон"

В течение XVIII столетия фонтаны неоднократно реставрировались, но уже к концу века реставрация свинцовых фигур стала невозможной.

К началу семидесятых годов петергофские фонтаны сильно обветшали, ряд сооружений требовал серьезного ремонта.

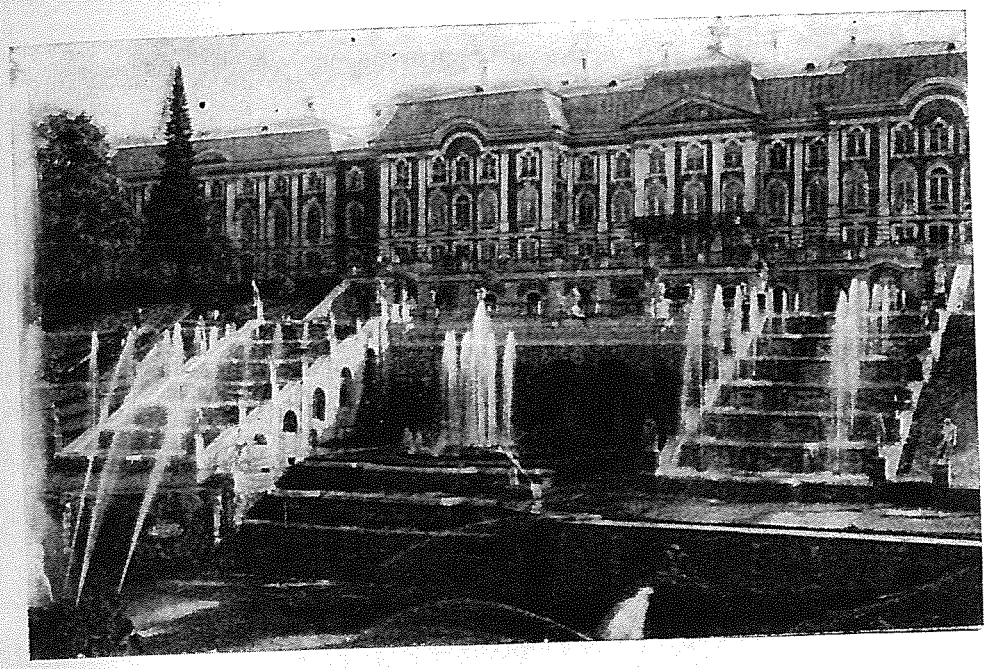
8 июня 1768 года Екатерина II писала Никите Панину: „Только без сердца видеть не можно, как все здесь запущено, хотя с 1762 года я на то выдала 180000 рублей, а старый хрыч Елагин вместо того, чтобы Петергоф чинить, чорт знает что из тех денег делал".

В XIX веке реставрационные работы в Петергофе продолжались. При Николае I Петергоф был еще раз обновлен, статуи и фонтаны вызолочены.

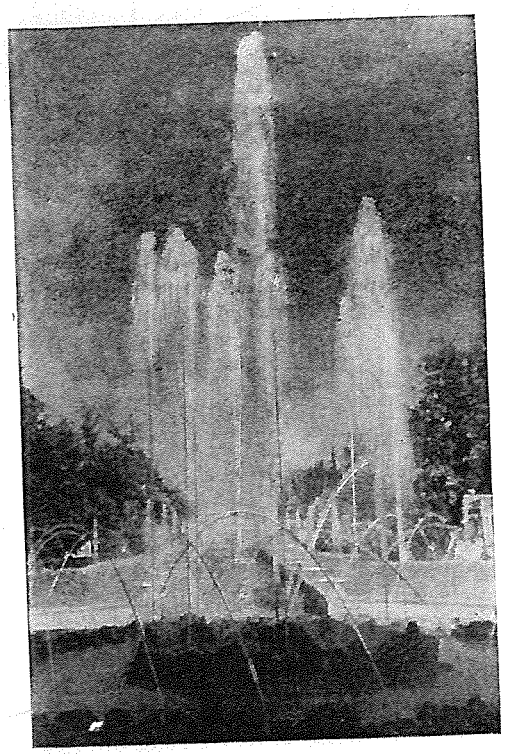
Центральной композиционной осью Петродворца является канал с аллеей фонтанов (рис. 12), идущей от моря, с расширяющимся ковшом, в котором установлена скульптура Самсона, раздирающего пасть льва, из которой бьет мощная струя диаметром 75 *мм*, высотой около 20 *м*. Фигура, выполненная скульптором М. И. Козловским и отлитая мастером В. Екимовым в 1802 году, была окружена кольцом из 8 наклонных струй (рис. 13).

Установлена эта фонтанная композиция в честь Петра I, героя Полтавской победы и завоевателя Балтийского моря; она символизирует победу над шведами. Эта композиция была задумана Петром, но осуществлена после его смерти, в 1735 году. Автор первоначальной группы неизвестен.

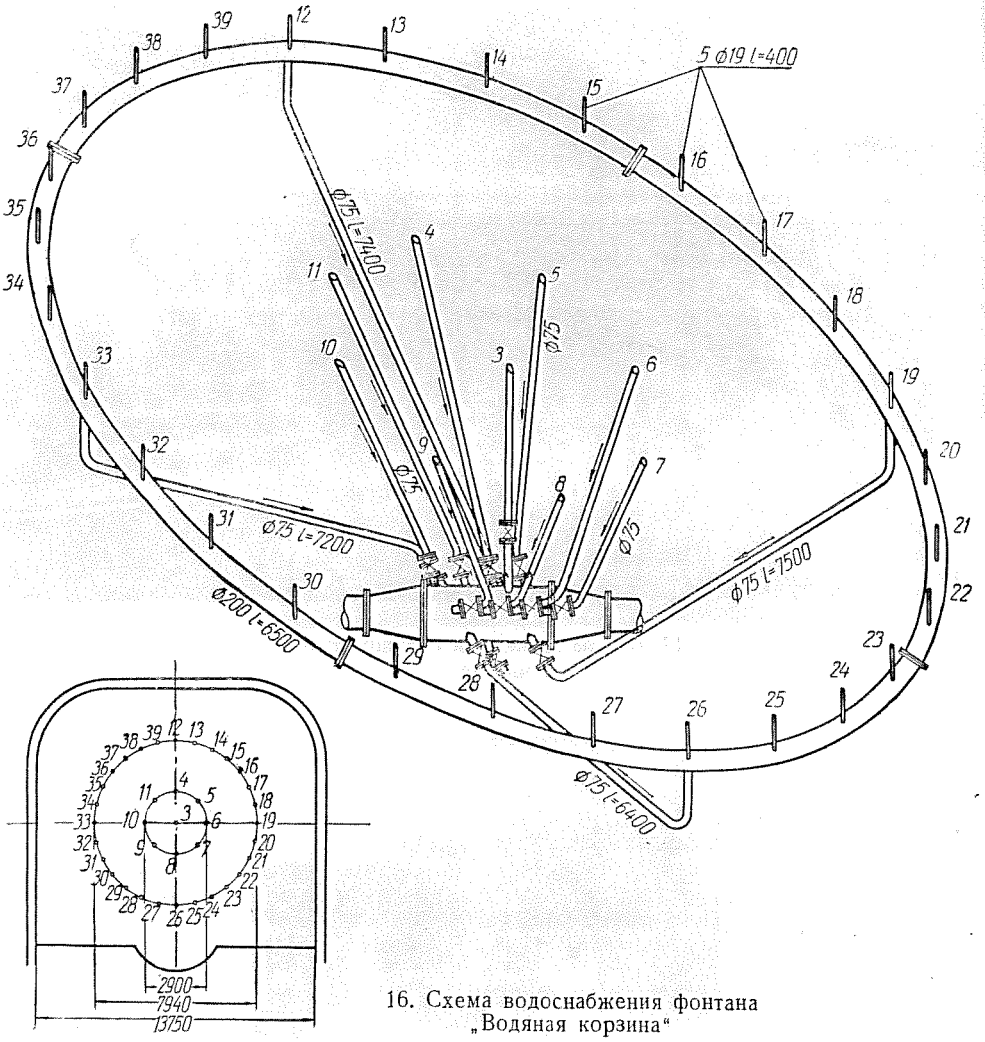
Заканчивается канал большим гротом с тремя каскадами. Над верхней террасой с балюстрадой находится аркада, ведущая в большой грот (рис. 14). Над большим гротом установлены позолоченные фигуры двух тритонов, извергающих из раковин далеко бьющие струи воды.



14. Вид на каскады и большой грот



15. „Водяная корзина"



16. Схема водоснабжения фонтана „Водяная корзина"

На террасе перед гротом из тюльпанов бьют 17 наклонных струй, образующих корзину, в центральной части которой находится несколько насадок с вертикальными струями (рис. 15).

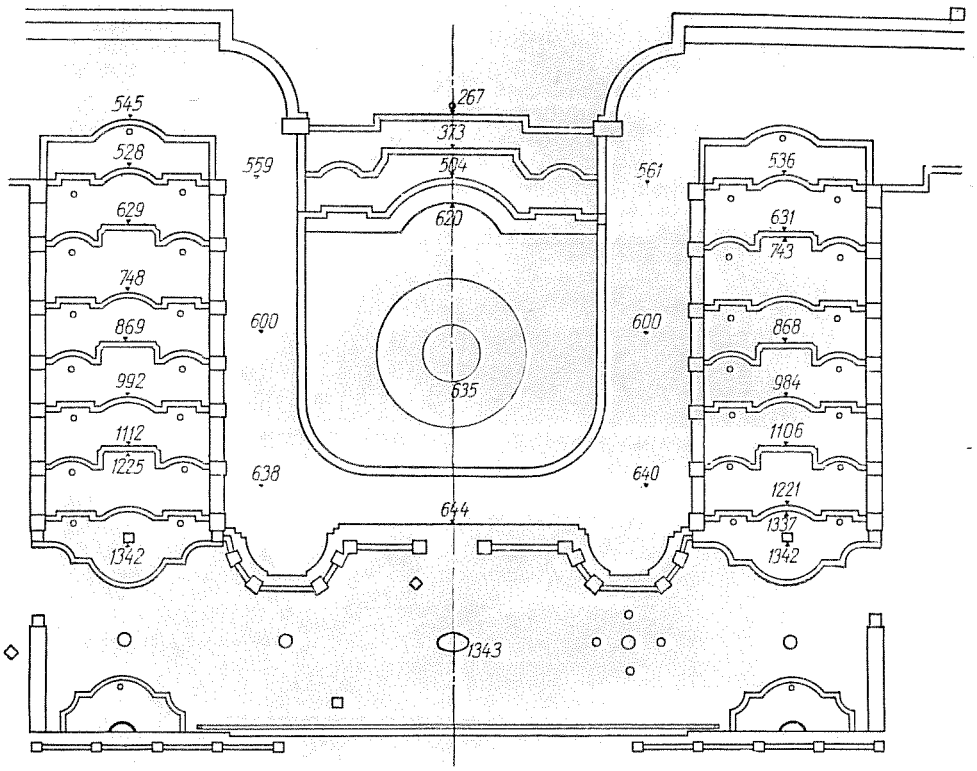
Вода этого фонтана через средний каскад сливается в ковш канала. Схема подводки воды к фонтану, осуществленная при восстановлении фонтана в 1947 году, видна на рис. 16.

У начала ковша стоят бронзовые фигуры гладиаторов с палицей в правой руке и змеей, обвивающей левую руку; из пасти змей вылетают струи, скрещивающиеся посредине канала. Золотые лягушки, дельфины, наяды низвергают воду в ковш.

По сторонам грота устроены каскады с семью ступенями, украшенные мраморными чашами и античными скульптурами.

В каскаде на каждой ступени имеются две насадки, из которых бьют вертикальные струи (рис. 17). План каскадов с указанием отметок порогов приведен на рис. 18.

17. Каскады большого грота



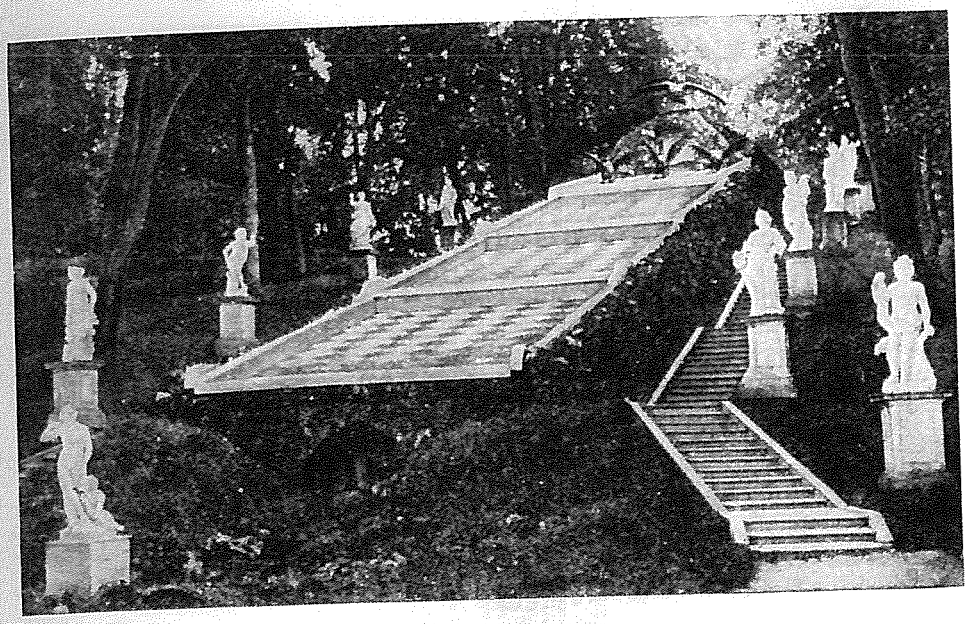
18. План каскадов

По берегам канала, вдоль аллей, расположено по 11 круглых мраморных бассейнов с наконечниками диаметром 13 *мм*, из которых бьют вертикальные струи высотою около 6,5 *м*. Бассейны соединены отводными трубками с маскаронами, установленными на каменной стене канала. Вода из них вытекает в канал. Вся эта водяная феерия Нижнего сада развертывается на фоне Петергофского дворца, перестроенного в 1745 году Растрелли.

В 1722 году был выполнен каскад, перестроенный и перекрытый свинцовыми листами в 1739 году; наверху каскада установлены скульптуры трех драконов, извергающих широкие струи воды на ступени каскада. Впоследствии этот фонтан неоднократно перестраивался. Современный его вид приведен на рис. 19.

В 1739 году были построены два так называемых „Римских" фонтана. В 1799 году их перестроили и облицовали цветным мрамором. Высокие струи воды, падающие в верхнюю чашу, переливаются в нижнюю, а из нее в бассейн, скрывая за тонкой пеленой воды массивный пьедестал с четырьмя бронзовыми маскаронами (рис. 20). Схема водопроводных и водосточных трубопроводов, питающих эти фонтаны и группу других, расположенных неподалеку, приведена на рис. 21.

Неподалеку от Марли находится каскад „Золотая гора", состоящий из 20 ступеней, верхняя часть которых выполнена из белого мрамора, а боковые стороны отделаны золоченым медным листом. По золотистому



19. Каскад „Шахматная гора"

оттенку, который придает воде боковая облицовка, фонтан и получил наименование „Золотая гора".

По сторонам „горы" бьют две мощные струи менажерных фонтанов.

Вблизи Марлинского пруда в 1853 году был построен „Львиный" фонтан в виде трехсторонней ионической колоннады из серого полированного гранита (рис. 22).

Вертикальные струи воды бьют из круглых чаш, расположенных между колоннами, поднимаясь почти до антаблемента. Из чаш вода через маскароны вливается в наружные и внутренние бассейны, а из них полукруглым каскадом падает в водоем.

В центре на груде диких камней стоит фигура нимфы с кувшином, из которого льется вода. Фигура изваяна скульптором Толстым.

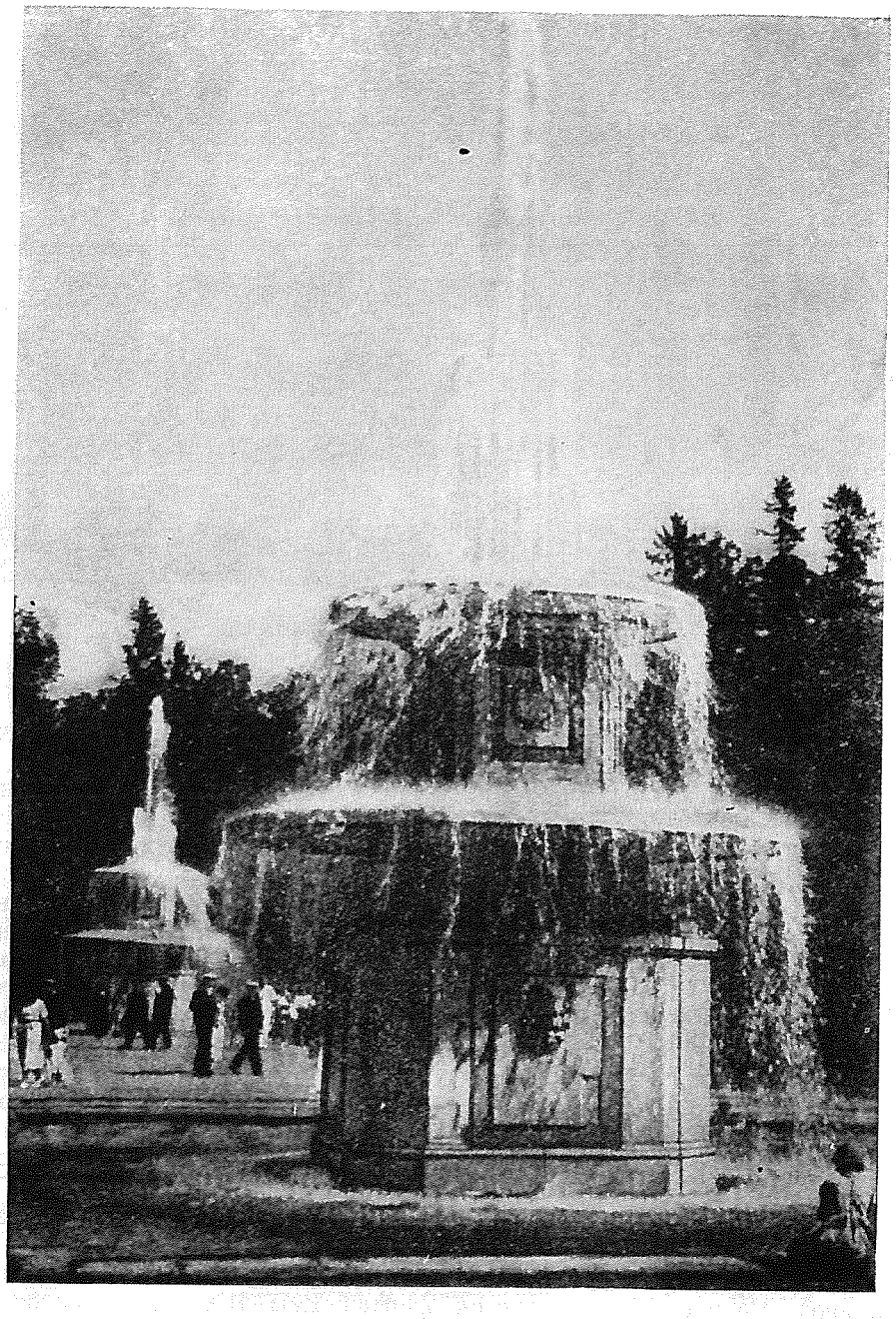
Рядом с Монплезиром находились фонтаны „Шутихи", струи которых начинали неожиданно бить из двух рядов расположенных в земле труб, образуя водяной свод над скамейкой, куда садились посетители парка. К этой же группе фонтанов может быть отнесен фонтан „Грибок" (рис. 23).

Фонтан „Пирамида" является одним из самых мощных в парке Петродворца; он выбрасывает из 505 трубок массу воды под разными напорами, образуя пенящуюся водяную пирамиду (рис. 24).

По заказу Петра I были выполнены статуи Адама и Евы для двух фонтанов. На рис. 25 представлен фонтан Евы. В центре бассейна на пьедестале стоит фигура Евы, окруженная кольцом наклонно падающих струй. По композиции фонтан Адама близок к этому фонтану.

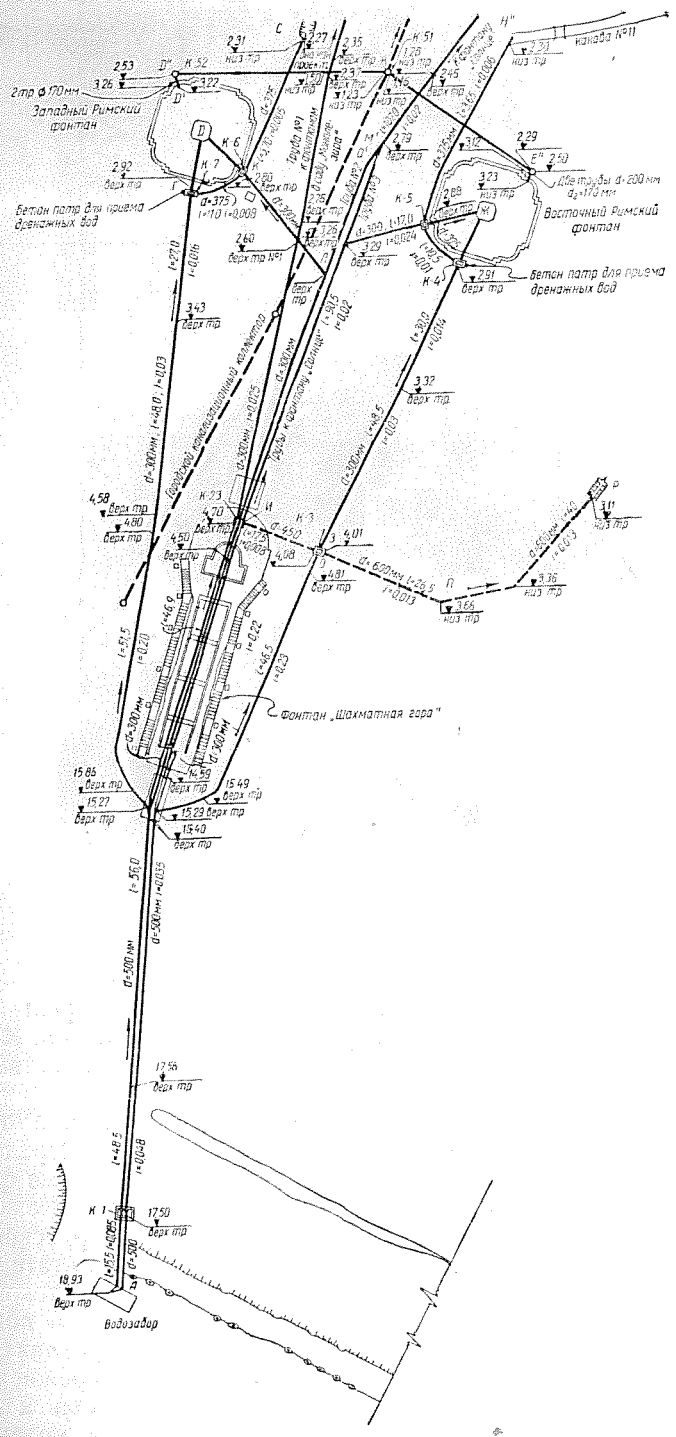
Представляет интерес фонтан Нептуна, находящийся на пруду верхнего партера (рис. 27).

Кроме рассмотренных нами фонтанов, многие десятки других выбрасывают вверх пенящиеся струи воды и создают исключительное по красоте, выразительности и размерам зрелище, перед которым бледнеют прославленные фонтаны Италии и Версаля.

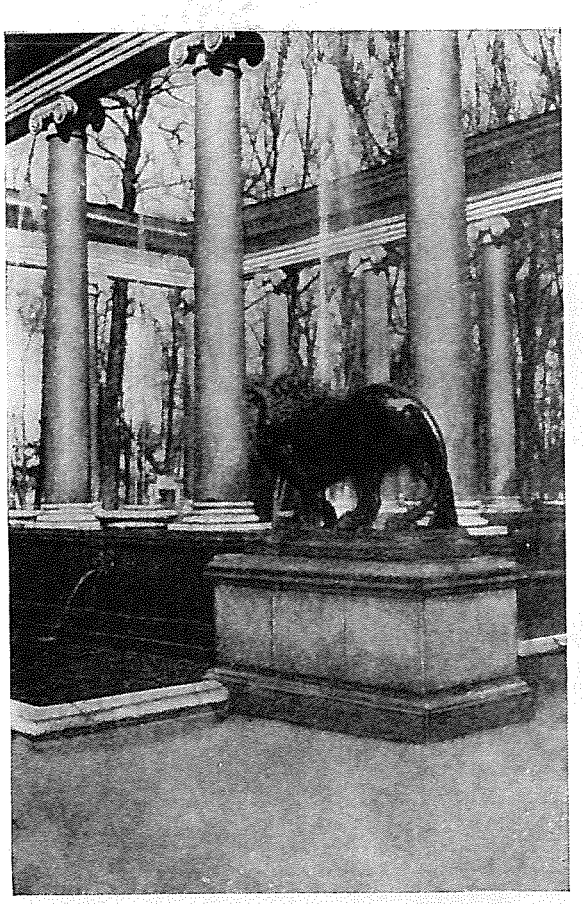


20. „Римские“ фонтаны

Во время Великой Отечественной войны фашистские захватчики полностью разрушили фонтанную систему Петродворца. Они сняли и вывезли скульптуры, в том числе знаменитую скульптуру Козловского „Самсон“, которая была разрезана на части и также отправлена в Германию, во многих местах вырезали свинцовые трубопроводы, ободрали



21. Схема водоснабжения и водостоков фонтанов „Шахматная гора" и „Римских"



22. „Львиный" фонтан

свинцовые листы с порогов Большого каскада, сняли маскароны и насадки а также всю регулировочную арматуру из цветных металлов. К счастью, значительная часть скуль птур и других произведений искусства своевременно была эвакуирована.

Советская Армия, освободившая Петродворец, нашла там лишь руины; фонтанная система была разрушена на 80%. Представление о величине разрушений фонтанной системы может дать схема фонтанных трубопроводов с указанием мест разрушений (рис. 26). Казалось, что эта величайшая культурная и художественная ценность русского народа потеряна безвозвратно, но в настоящее время в результате больших восстановительных работ, выполненных по решению советского правительства, основные фонтаны Петродворца восстановлены, и попрежнему выбрасывает вверх мощную струю воды пасть льва, раздираемая Самсоном.

Восстановление фонтанов велось с использованием прежней принципиальной схемы водоснабжения по проектам арх. А. Оль и инженера Б. Изотова. О величине этих восстановительных работ можно судить хотя бы по краткому перечню сооружений, из которых состояла эта фонтанная система, питающаяся от множества ключей, расположенных в 20 *км* от Петродворца. Она имела к 1941 году 45 *км* открытых кана-



23. Фонтан „Грибок"

лов, 40 прудов, 50 *км* напорных трубопроводов, 4 *км* тоннелей и галерей, 35 плотин, шлюзов и водоспусков.

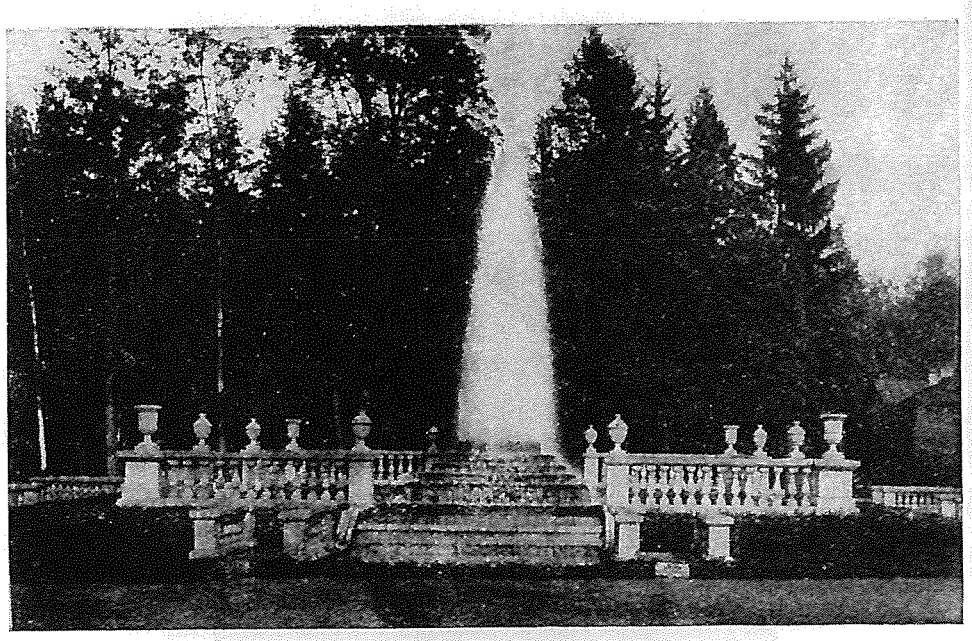
В Москве до XVIII века были лишь небольшие фонтаны в царских садах в Кремле.

В начале XVIII века некоторые петровские вельможи расширяют и строят вновь дома-дворцы в Москве с садами, фонтанами и прудами. Князь Гагарин строит дом на Тверской улице (до нашего времени не сохранился); в парке, раскинутом за домом, устраиваются фонтаны.

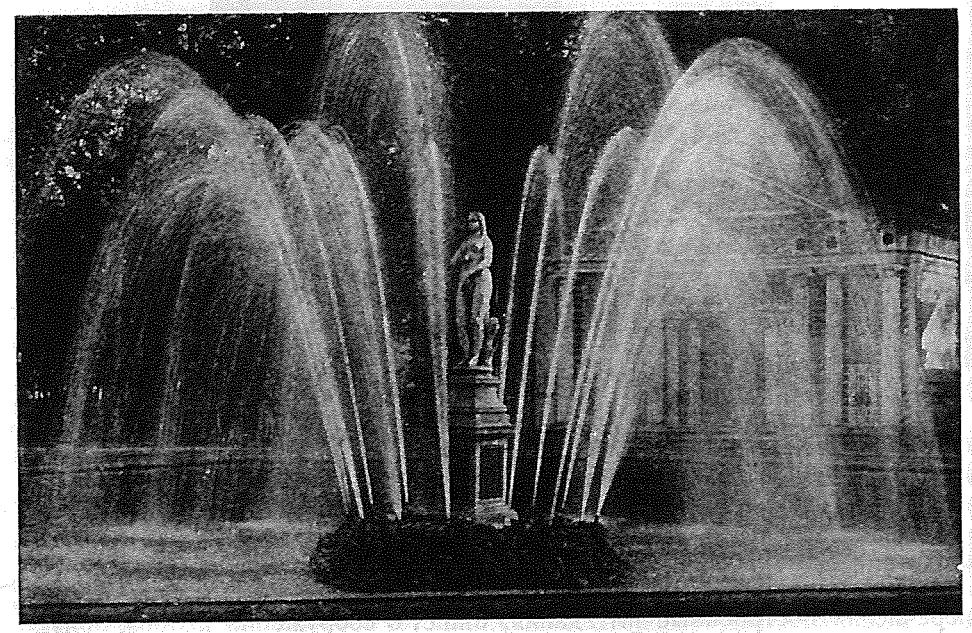
В 1723 году Петр I покупает у родственников графа Головина старый дворец за Яузой, в Лефортове, ломает его и на этом месте строит новый. Перед дворцом разбивается прекрасный сад и выполняются сложные гидротехнические работы, устраиваются каналы и пруды.

Впоследствии Растрелли в этом саду выполняет большие работы по сооружению фонтанов.

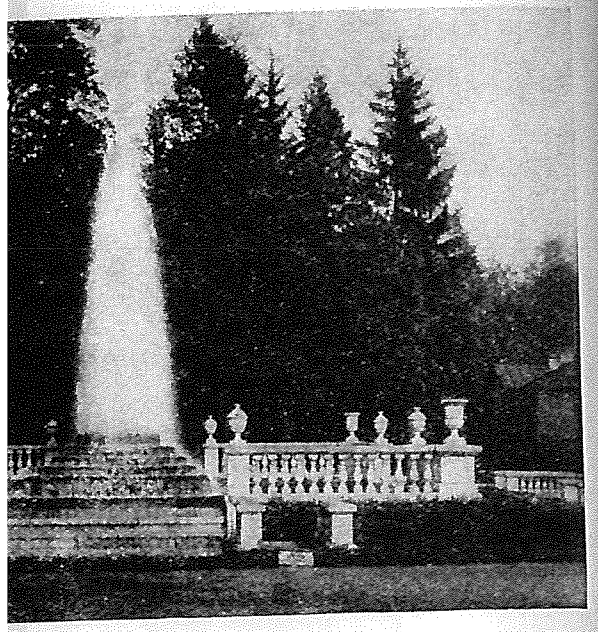
В реестре своих работ, опубликованных З. Батовским, Растрелли, перечисляя построенные им здания, пишет о сооружении дворца, приуроченного к коронации Анны: „Я построил большой двухэтажный деревянный дворец, на каменных подвалах, названный Анненгоф, фасад которого,



24. Фонтан „Пирамида"



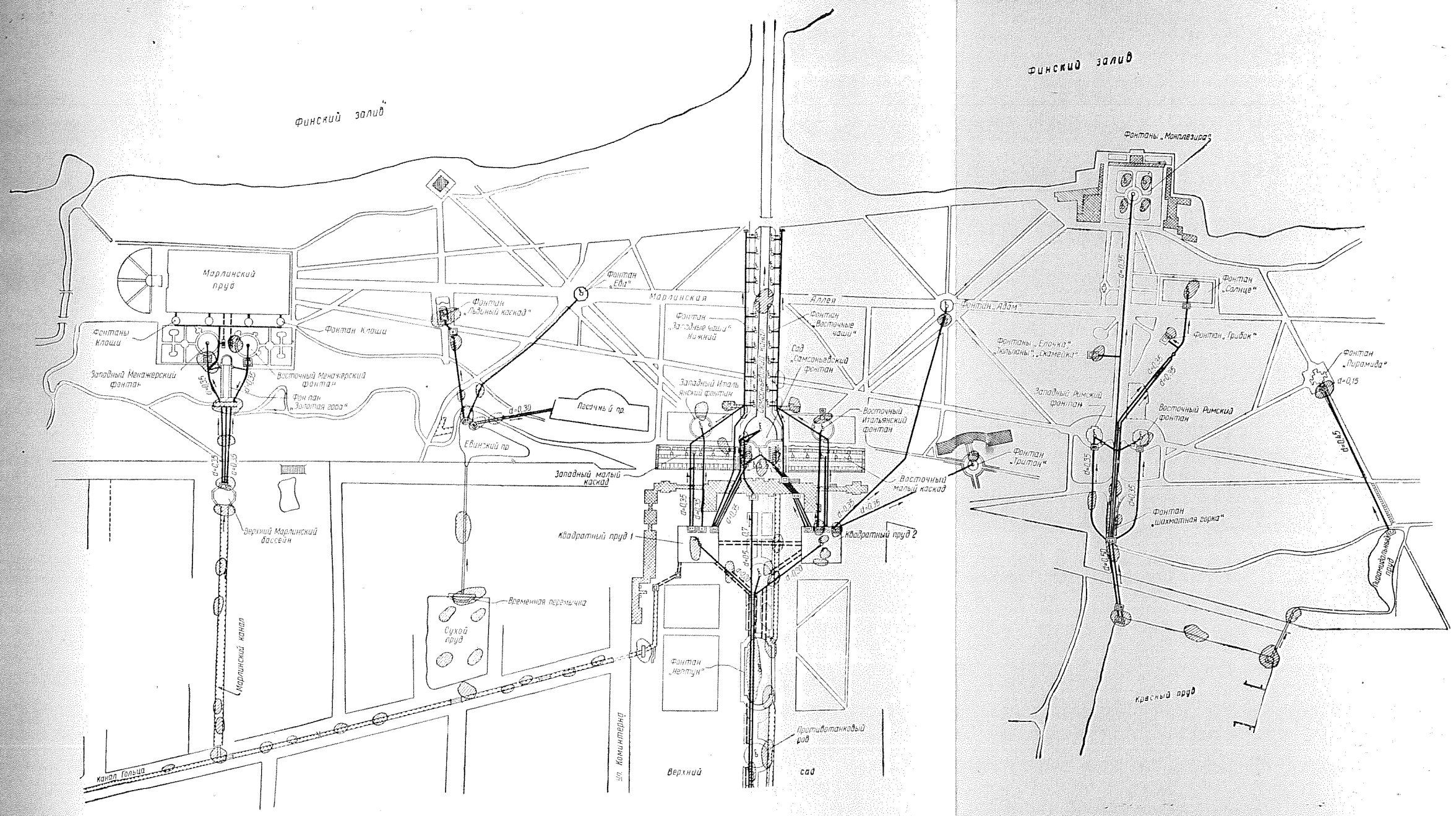
25. Фонтан Евы



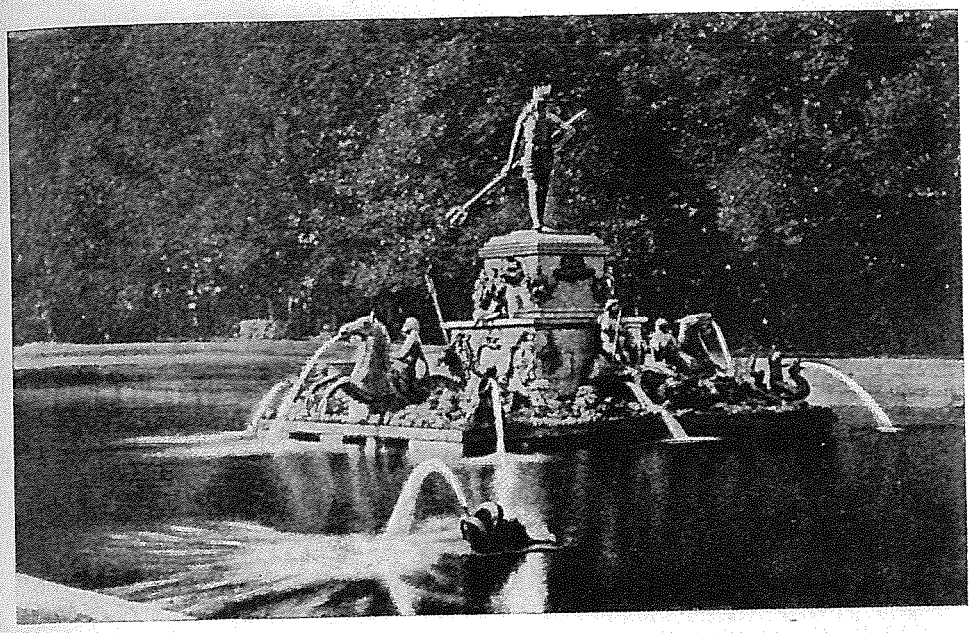
. Фонтан „Пирамида"



25. Фонтан Евы



27. План петергофских фонтанов с указанием мест разрушения фонтанной системы



27. Фонтан Нептуна

обращенный к Москве, имел 100 туаз длины, не включая пандусов, которые были на дворе и имели длину 60 туаз.

...Вокруг этого большого здания был разбит сад со стороны деревни, точно так же, как терраса напротив дворца вся из дикого камня со спуском, внизу которого был сделан цветочный партер с пятью бассейнами, с фонтанами, украшенными вазами и статуями, все позолоченное..." [1].

В этом дворце, построенном за Яузой, впервые в Москве были произведены большие гидротехнические работы с устройством девяти прудов, каналов общей протяженностью в 3758 *м*, со множеством фонтанов, каскадов и несколькими гротами. Вода для парка была проведена по каналу из реки Пехорки. Этот центральный канал, облицованный камнем, тянулся до Яузы. В сооружении замечательного грота (рис. 28), выполненного по проекту Растрелли, принимали участие его отец и брат.

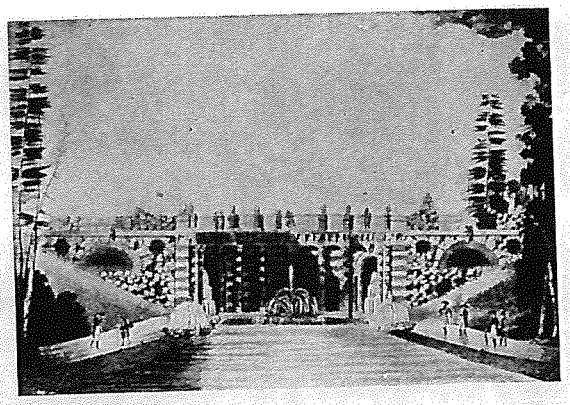
Другой вариант проекта грота был разработан Ф. Шаниным (рис. 29).

Гроты являлись почти неизбежным атрибутом садово-парковой архитектуры эпохи барокко. Внутри чаще всего устраивался водомет в виде маскарона с чашей или небольшой фонтан. Гроты богато отделывались, наподобие морских пещер, туфштейном, разноцветными морскими раковинами и украшались скульптурными изображениями. Устройство этих гротов в наших климатических условиях было делом трудным, требовавшим специальных знаний и опыта, без чего сооружения эти быстро разрушались; выполняли работы специальные мастера „гротического дела".

После вступления на престол Елизаветы Петровны Растрелли опять поручают подготовить „все к коронации", и он неподалеку от Анненгофа строит другой деревянный дворец.

---

[1] Зигмунд Батовский Новые материалы об архитекторе Растрелли. Львов, 1939.



28. Грот в Аненгофе, в саду за Яузой.
По проекту Растрелли

В пункте 19 своего реестра он пишет: „... в центре фонтан, украшенный множеством бьющих струй, вокруг которого был сооружен стол в форме императорской короны, все это позолоченное, освещенное несколькими тысячами стеклянных лампионов; на большой площади, напротив дворца, я выстроил большую пирамиду с призмами и большой фонтан из вина“ [1].

Значительное количество фонтанов было и в подмосковных дворцах. В богатых помещичьих усадьбах они служили существенным элементом для декоративного оформления парков.

Пруды, каналы, монументальные плотины с каскадами, множество сооружений камерной архитектуры украшают и в настоящее время парки в Архангельском, Кускове, Марфине, Царицыне и других местах.

В творчестве крепостных архитекторов, создавших большинство подмосковных парков, фонтаны занимали видное место.

Архитектор А. Ф. Мироков (1745—1808), крепостной Шереметевых, выполнивший много работ в Кускове, оставил нам рисунок каскада и грота в Кускове, сделанный им с натуры в конце XVIII века (рис. 30). Этим каскадом заканчивался большой канал длиною около 350 *м*, вырытый в 1755 году.

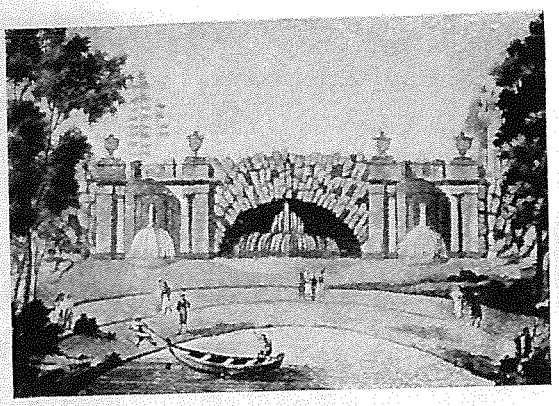
Архитектор Простаков (1748—1853), по словам Витберга, „знавший не токмо собственно по архитектуре, но и по инженерной и гидравлической части“, архитекторы В. Я. Стрижаков (1780—1819) и С. Г. Сумаковский, работавшие в Архангельском, и многие другие, имена которых, к сожалению, не сохранились, создали прекрасные дворцы и парковые ансамбли.

В 1784 году в Архангельском инженером Норбергом был построен трубчатый водоподъемник оригинальной конструкции, теория которого была разработана членом Российской Академии наук Давидом Бернулли. Насос приводился в действие колесом диаметром 9,6 *м*, установленным у плотины ручья, впадающего в Москву-реку. Высота подъема воды достигала 30 *м*.

По деревянным трубам диаметром 100 *мм* вода подавалась в высоко расположенный резервуар и из него разводилась по водоемам и фонтанам.

---

[1] Зигмунд Батовский. Новые материалы об архитекторе Растрелли. Львов, 1939.



29. Вариант грота в Анненгофе. Арх. Ф. Шанин

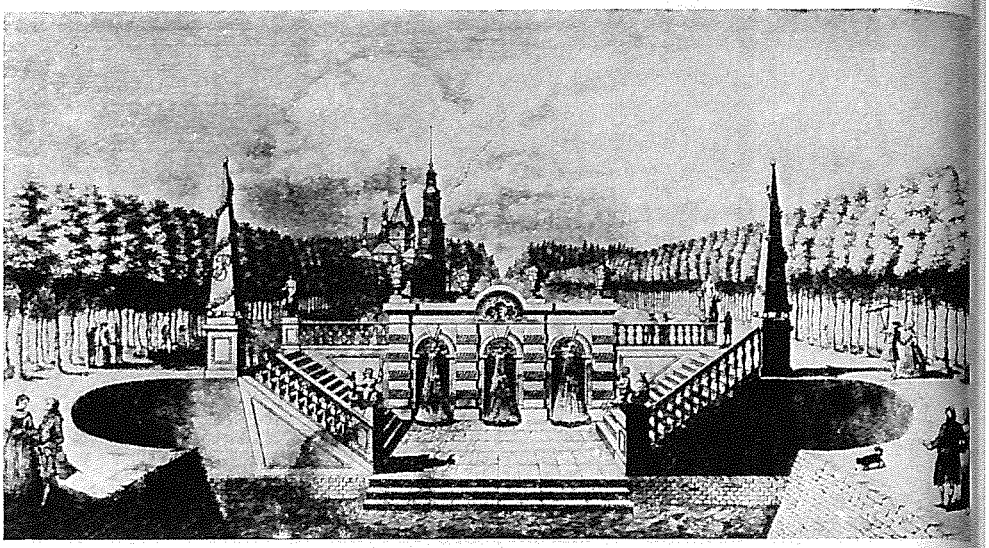
После приобретения Архангельского Юсуповым система водоснабжения перестраивается. В 1816 году устанавливаются паровые насосы, забирающие воду из Горятинского пруда по деревянной самотечной галерее и нагнетающие ее по чугунным трубам на высоту 30 *м* в водовзводную башню, построенную на берегу пруда по проекту В. Я. Стрижакова. Из резервуара по чугунным трубам вода подавалась к фонтанам в парке и для хозяйственного потребления.

В конце восьмидесятых годов XVIII века резко ухудшилось водоснабжение Москвы; воды нехватало, а в реках Москве и Неглинной она имела очень низкое качество; не лучше была вода и в колодцах на территории города. Все это приводило к возникновению длительных эпидемий.

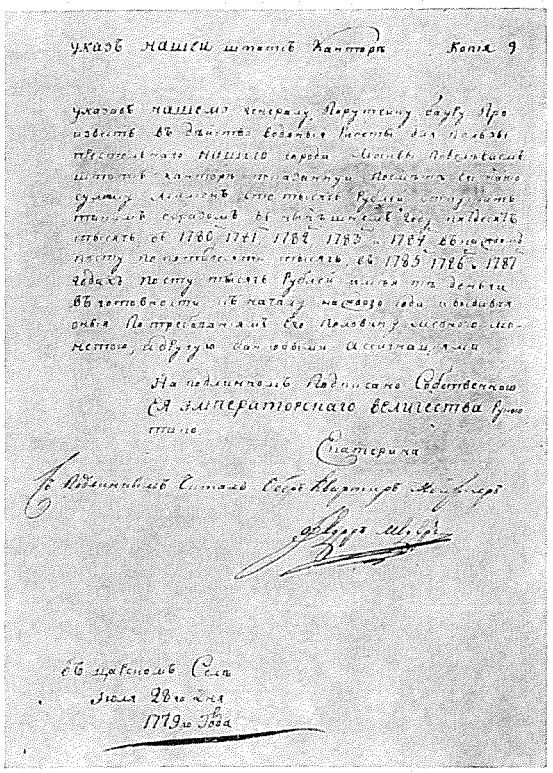
После продолжительных изысканий и переписки, по указу Екатерины II, в 1779 году инженеру Бауэру (рис. 31) отпустили деньги на сооружение водопровода для Москвы из мытищинских источников Строительство проходило медленно. Недостаток денег, нехватка материалов, злоупотребления подрядчиков тормозили окончание водопровода, и только через 25 лет, в 1804 году, он был закончен. Вода по самотечной кирпичной галерее длиной около 19 *км*, проложенной через Сокольники, по Краснопрудной улице, теперешней Комсомольской площади, и далее по Садовой подводилась к пяти водоразборным фонтанам, наиболее дальним из которых был фонтан в Александровском саду. Через долину Яузы канал был переброшен по акведуку длиной в 340 *м*, сохранившемуся до настоящего времени.

В 1826 году самотечный канал, проложенный около Сокольнической заставы, провалился, и для подъема воды была построена Алексеевская водокачка с двумя паровыми насосами, накачивавшими воду в чугунные резервуары, установленные наверху одного из интереснейших сооружений старой Москвы — Сухаревой башни. Из башни вода подавалась к пяти фонтанам: на Сухаревской площади (рис. 32), Цветном бульваре, Лубянской площади, Театральной площади и у Варварских ворот. Из этих фонтанов население брало воду. Впоследствии число фонтанов увеличилось.

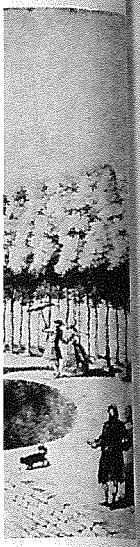
Воды Москве попрежнему нехватало. Между 1871 и 1883 годами было построено еще три небольших водопровода (Ходынский, Преображенский и Андреевский), подававшие вместе около 3000 $м^3$ воды в сутки. Не спасла положения и полная реконструкция Мытищинского водопровода.

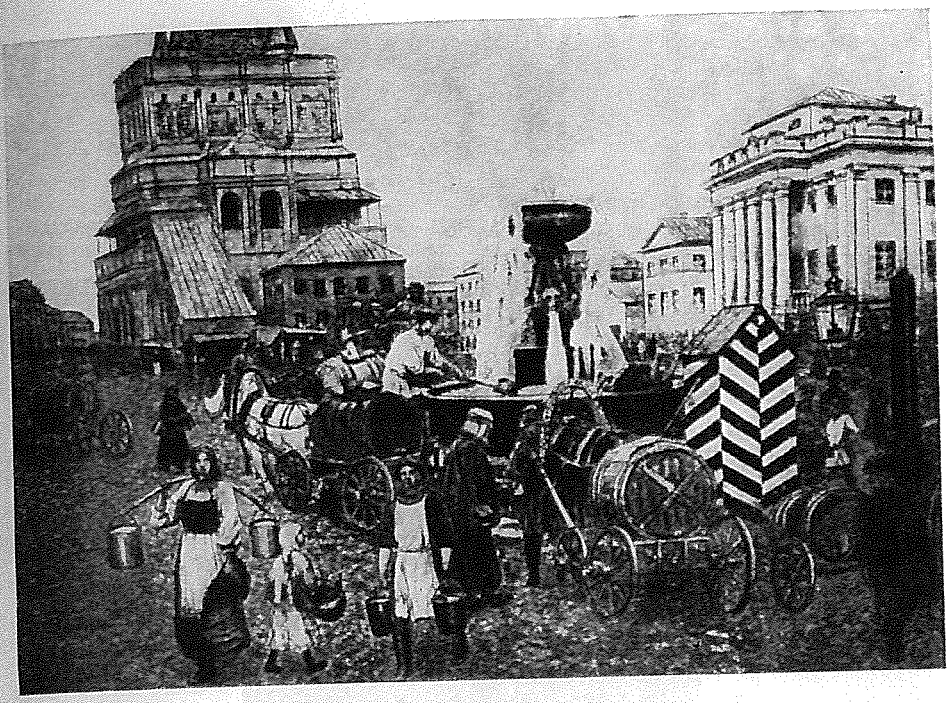


30. Каскад в Кускове



31. Указ Екатерины II о строительстве Мытищинского водопровода (Музей реконструкции Москвы)





32. Фонтан на Сухаревской площади (XIX век)

Лишь после 1902 года, с окончанием строительства Москворецкого (Рублевского) водопровода, снабжение Москвы водой несколько улучшилось. В связи с бурным ростом столицы СССР после Великой Октябрьской социалистической революции и развитием промышленности к 1930 году опять испытывается острый недостаток воды. Советское правительство принимает решение о строительстве канала Москва — Волга и о полной реконструкции водоснабжения города.

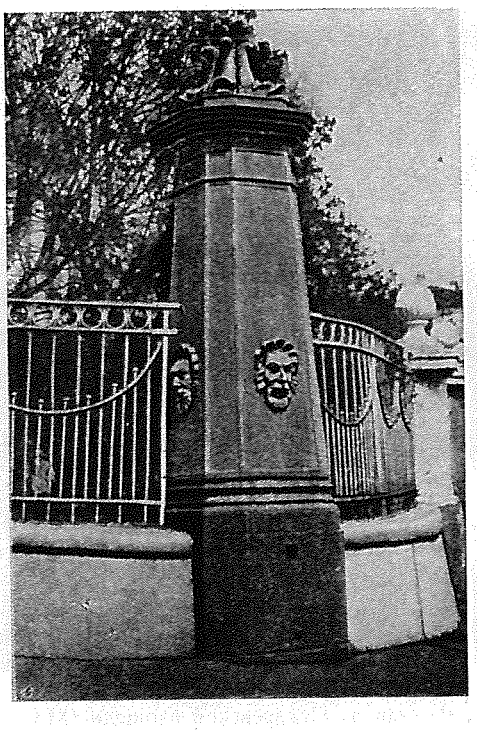
Эти грандиозные работы, проведенные в течение последней довоенной сталинской пятилетки, окончательно разрешили проблему водоснабжения столицы.

С 1910—1912 годов фонтаны как источники водоснабжения населения прекратили свое существование и сохранились лишь как декоративный элемент московских площадей и парков.

Фонтаны, построенные в Москве в XVIII веке, не сохранились; единственное исключение составлял остаток чугунного фонтана, просуществовавший до реконструкции Моховой улицы. Он был вкомпонован в ограду Государственной библиотеки СССР им. В. И. Ленина и представлял собой чугунный обелиск с четырьмя маскаронами хорошей прорисовки (рис. 33). В саду под холмом Пашкова дома был пруд, выстланный камнем; здесь же находились фонтаны, представление о которых можно составить лишь по литографиям того времени (рис. 34).

На Кузнецком мосту в усадьбе графа Воронцова также были разбиты пруды и сделаны фонтаны, просуществовавшие до тридцатых годов прошлого столетия.

Значительные работы по благоустройству и восстановлению Москвы после тяжелых разрушений, нанесенных пожарами во время Отечественной войны 1812 года, стремление украсить городские площади архитек-



33. Остаток фонтана в ограде на Моховой улице

турными сооружениями малых форм вызывают постройку ряда интересных фонтанов в стиле русского классицизма.

В 1820 году сооружается фонтан на Цветном бульваре (рис. 35) в виде чаши с вертикальной струей небольшой высоты и четырьмя львиными масками, из которых вода била в водоем полукруглой формы.

Фонтаны, запроектированные Бове на Театральной площади, являлись частью ее архитектурного ансамбля. Находившийся на площади фонтан, выполненный в 1835 году, дошел до наших дней без значительных изменений (рис. 36а). Большую чашу фонтана поддерживают детские фигуры, пожалуй, несколько вялые и мелкие для этой композиции.

Несколько позже Бове проектирует фонтан из серого камня в Александровском саду (рис. 37), неподалеку от Троицкого моста.

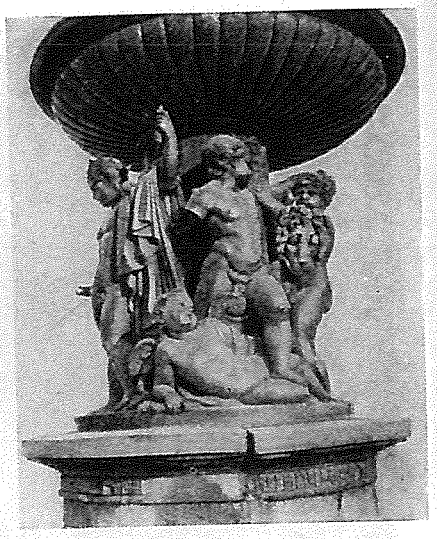
На Лубянской площади (теперь площадь имени Дзержинского) Витали сооружает фонтан, близкий по композиции к рассмотренному ранее. Этот фонтан в настоящее время снят с площади; верхняя его часть — чаша со скульптурами (рис. 38) — перенесена в партер перед зданием Академии наук СССР. Проект восстановления этого фонтана, разработанный архитектором И. Французом (рис. 39), близок к оригиналу; на проекте лишь не показаны раковины, из которых вода переливалась в небольшие водоемы.

В классических традициях разработан оригинальный старый фонтан на Собачьей площадке, представляющий собой восьмиугольный постамент с двумя львиными масками, увенчанный урной (рис. 40). Водоем такой же формы с барельефами хорошей работы устроен на круглой каменной площадке с двумя ступенями.

34. Фонтаны в саду дома Пашкова (гравюра конца XVIII века)



35. Фонтан на Цветном бульваре



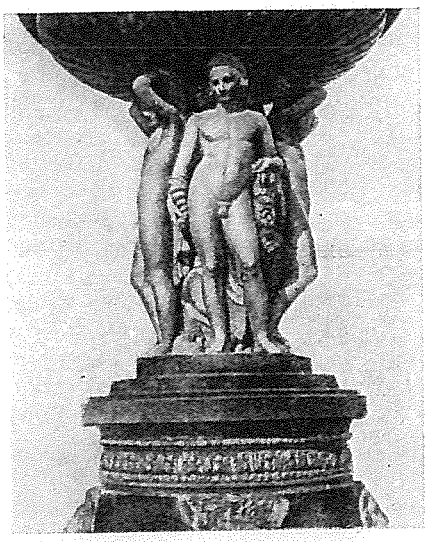
36. Деталь скульптуры фонтана на площади Свердлова



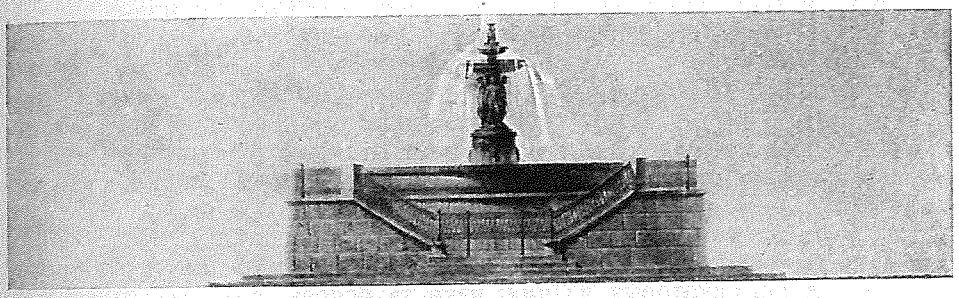
36а. Фонтан на площади Свердлова



37. Фонтан в Александровском саду



38. Фонтан на б. Лубянской площади



39. Проект восстановления фонтана на площади Дзержинского



40. Фонтан на Собачьей площадке

С шестидесятых годов прошлого столетия в Москве уже не строились фонтаны, представляющие значительный художественный интерес; старые фонтаны, из которых население брало воду, в большинстве своем к 1900 году были снесены.

Десятки фонтанов, установленные в эти годы в садиках при особняках, не отличались художественным вкусом и представляли собой стандартные литые или чугунные фигуры, изготовленные некоторыми частными фирмами в Москве; помещались они, как правило, в середине небольших водоемов.

Причина отсутствия художественно ценных произведений малых форм во второй половине XIX века в значительной степени определялась вкусами буржуазных заказчиков, с характерным для них откровенным эклектизмом, породившим так называемый стиль модерн, который не оставил после себя сколько-нибудь интересных сооружений малых форм.

ФОНТАНЫ СССР

После Великой Октябрьской социалистической революции культурный облик нашей страны неузнаваемо изменился. Выросли новые города, построенные советскими архитекторами. Проникнутая сталинской заботой о человеке, социалистическая реконструкция городов Советского Союза включает большие работы по благоустройству. Озеленение улиц, разбивка парков, скверов и бульваров, оформление площадей, стадионов, физкультурных площадок и других мест отдыха трудящихся — все это вызвало широкое развитие архитектуры малых форм. Фонтан стал неотъемлемым элементом благоустройства советских городов.

Не имея возможности подробно рассмотреть фонтаны, выстроенные в СССР, во всем многообразии их архитектурных форм, ограничимся описанием лишь некоторых из них, взяв за основу практику строительства фонтанов в Москве.

Большой фонтан, построенный в 1940 году на реконструированном сквере Советской площади по проекту архитектора А. В. Власова, — пример хорошей увязки архитектуры малых форм с градостроительными проблемами. Исторически сложившаяся площадь развивается от улицы Горького по рельефу вниз, в сторону Института Маркса — Энгельса Ленина.

Площадь расчленяется на парадную часть, прилегающую к улице Горького, и интимную, второстепенную часть, со сквером и фонтаном.

Положение фонтана на этой площади не позволило архитектору А. В. Власову решить его в виде вертикального сооружения, силуэт которого мог бы помешать восприятию здания Института Маркса—Энгельса Ленина и расположенного в нижнем партере памятника Владимиру Ильичу Ленину. Автор правильно решил композиционную задачу, придав фонтану, незначительно возвышающемуся над уровнем земли, богатую и сложную форму в плане.

Сквер расположен в двух уровнях. На первой террасе, по середине прямоугольной площадки, окаймленной цветниками и зелеными насаждениями, находится фонтан, состоящий из бетонной чаши диаметром 15 *м*, облицованной гранитом. В центре чаши, на восьмиугольном постаменте, возвышающемся над уровнем воды, имеется множество насадок, из которых бьют мощные вертикальные струи. Вторая терраса располо-



41. Внешний вид фонтана на Советской площади

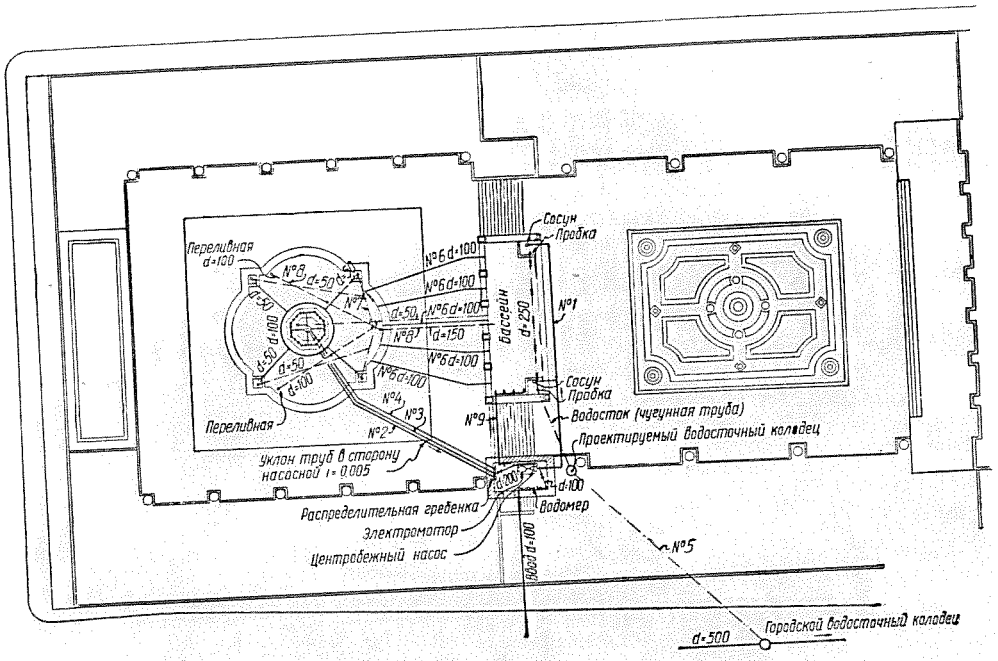
жена ниже. В архитектуру подпорной стенки, отделяющей нижний партер от верхней террасы, включено несколько водометов, из которых вода бьет в раковины, а из них стекает в водоем, откуда забирается насосом и опять подается к верхнему фонтану (рис. 41).

Система водоснабжения фонтана запроектирована оборотной. В подпорной стенке, ограничивающей сквер со стороны проезда, находятся насосная установка, управление фонтаном и электрическое устройство.

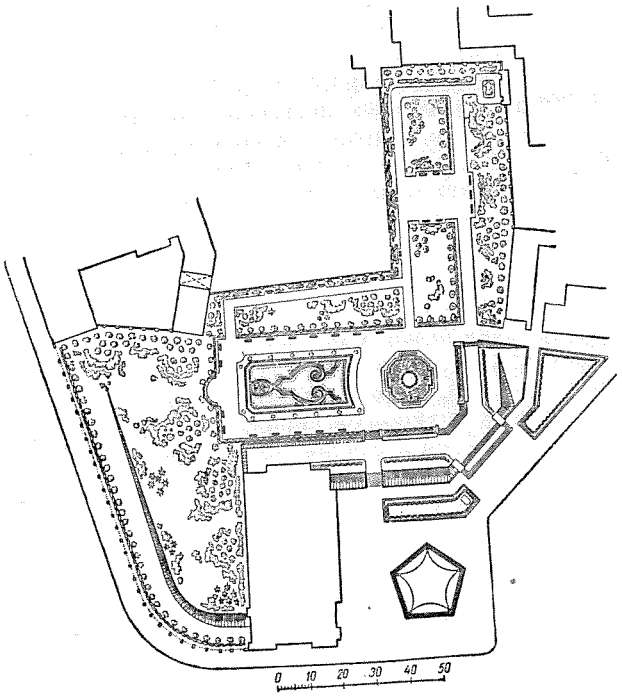
Схема инженерного оборудования достаточно сложна, что видно на рис. 42, на котором указано расположение всех подводящих трубопроводов. В центре постамента из менажерного наконечника бьет мощная вертикальная струя на высоту 7—8 *м*; ее окружают 32 струи, бьющие на высоту 5 *м* из наконечников, расположенных по периметру постамента. Из четырех уступов бассейна бьют наклонные струи к его центру. Вода насосом подается к распределительной гребенке с задвижками, служащими для регулирования высоты струй, и от нее по трем трубопроводам поступает к трем группам фонтанных насадок — к центральной струе, к кольцу с 32 насадками и к боковым струям.

Избыток воды из чаши по пяти трубам диаметром 100 *мм* стекает через маскароны подпорной стенки в нижний бассейн, из которого трубой диаметром в 200 *мм* забирается насосом. Нижний бассейн пополняется водой от сети поливочного водопровода. Избыточная вода поступает в сеть городского водостока.

На зимнее время вода из верхнего и нижнего бассейнов тоже выпускается в водосток.



42. Схема инженерного оборудования фонтана



43. План сквера с фонтаном на Арбатской площади



44. Фонтан на Арбатском сквере

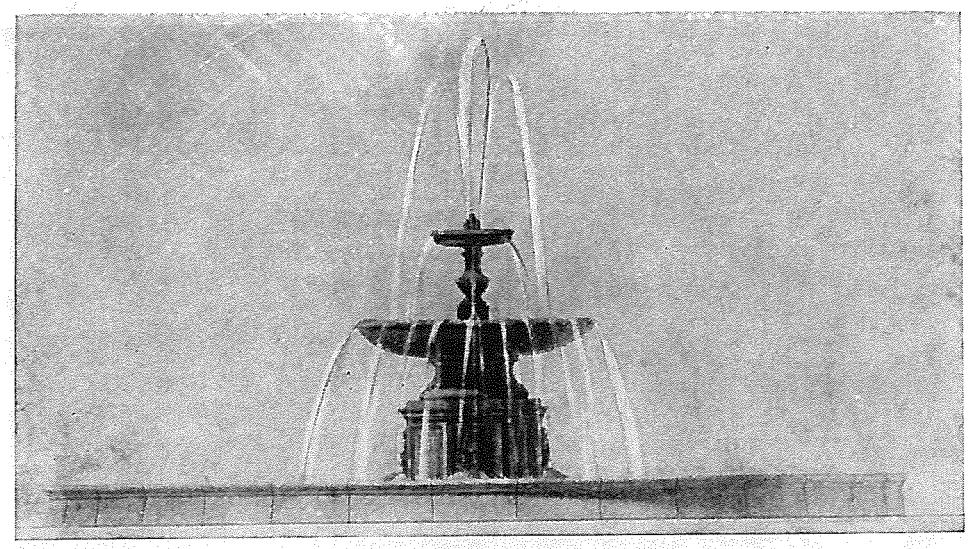
В камене постамента для освещения всей центральной композиции вертикальных струй установлено 28 светильников со светофильтрами, которые создают динамическое освещение из нескольких цветов. Подсвечивание производится через стеклянное герметическое покрытие, выполненное из нескольких щитов.

Другой фонтан, также с оборотной системой водоснабжения, выстроен в 1944 году на Арбатском сквере (архитектор Г. И. Луцкий, скульптор С. Д. Меркуров).

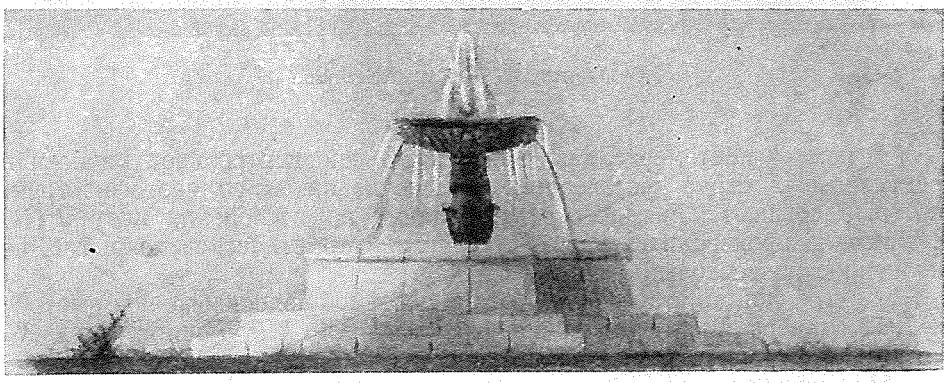
Центральная лестница сквера завершается фонтаном, установленным в партере (рис. 43). Расположение фонтана, возвышающегося над площадью, обосновывает принятую авторами форму ажурной металлической корзины со сложным орнаментом, как бы заменяющей фонтанную чашу. Элементом, несколько снижающим качество архитектуры фонтана, является тривиальная фигура в центре — мальчик с дельфином. Эта скульптура мальчика с дельфином, выбрасывающим вертикальную струю воды, помещена на постаменте в центре восьмиугольного водоема фонтана, облицованного гранитом, и окружена ажурным литым кольцом из растительного орнамента. У подножья фигуры — кольцо струй меньшей высоты. Небольшие струйки выбрасываются в водную гладь бассейна дельфинами, навстречу им брызжут струями бронзовые лягушки, установленные в бассейне (рис. 44).

Вода из бассейна попадает в углубление в дне, перекрытое металлической решеткой, и по стальной всасывающей трубе через оголовок с медной сеткой забирается насосом. От насоса, установленного в подвале кинотеатра, вода по трубе поступает в камеру с регулировочной гребенкой и далее к трем группам насадок.

Струи воды подсвечиваются специальными светильниками, помещенными в камере со стеклянной крышей.



45. Проект фонтана на Ильинском сквере. Арх. Г. Луцкий и Г. Крюков

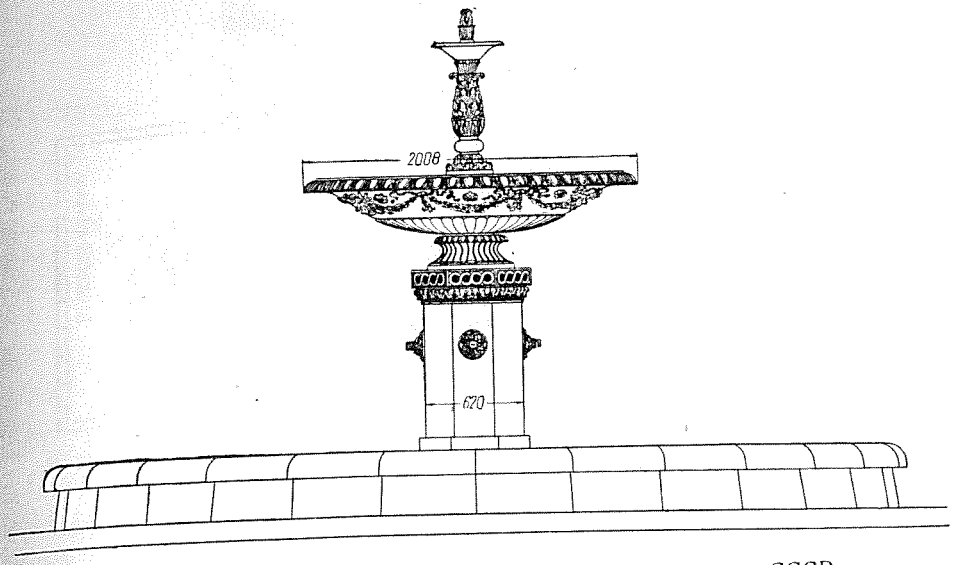


46. Проект фонтана для сквера. Арх. Г. Луцкий и Г. Крюков

Для удаления значительных тепловыделений от светильников запроектирована система приточно-вытяжной вентиляции. Приток осуществляется по трубе диаметром 350 *мм* с забором воздуха через решетку в подпорной стенке сквера; вытягивается воздух вентилятором, установленным в подвале.

На рис. 45 изображен намеченный к строительству фонтан на Ильинском сквере. Фонтан представляет собой круглый бассейн, в центре которого находятся две чаши — верхняя диаметром 1,12 *м* и нижняя диаметром 3,35 *м*. Из комбинированной насадки верхней чаши бьют четыре струи. Вода, падающая в верхнюю чашу, сливается в нижнюю. Для утолщения слоя воды на переливе нижней чаши подводится специальная трубка с вентилем. Из маскаронов, помещенных у основания фонтана, бьют широкие струи воды.

Несколько более простые фонтаны, с малым расходом воды, без насосной циркуляционной установки и присоединяемые непосредственно к водопроводу, построены на других московских скверах.



47. Фонтан во внутреннем дворе Военного министерства СССР. Арх. М. Посохин и А. Мндоянц

Композиция фонтана (рис. 46) несложна: из центральной насадки, образующей водяной колокол (клош), бьет вертикальная струя небольшой высоты.

Фонтан, выстроенный во дворе Военного министерства СССР (рис. 47), представляет ту же излюбленную форму чаши в сочетании с несколькими струями (авторы архитекторы М. В. Посохин и А. А. Мндоянц).

Покойным архитектором К. К. Орловым запроектировано декоративное оформление курдонера Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова.

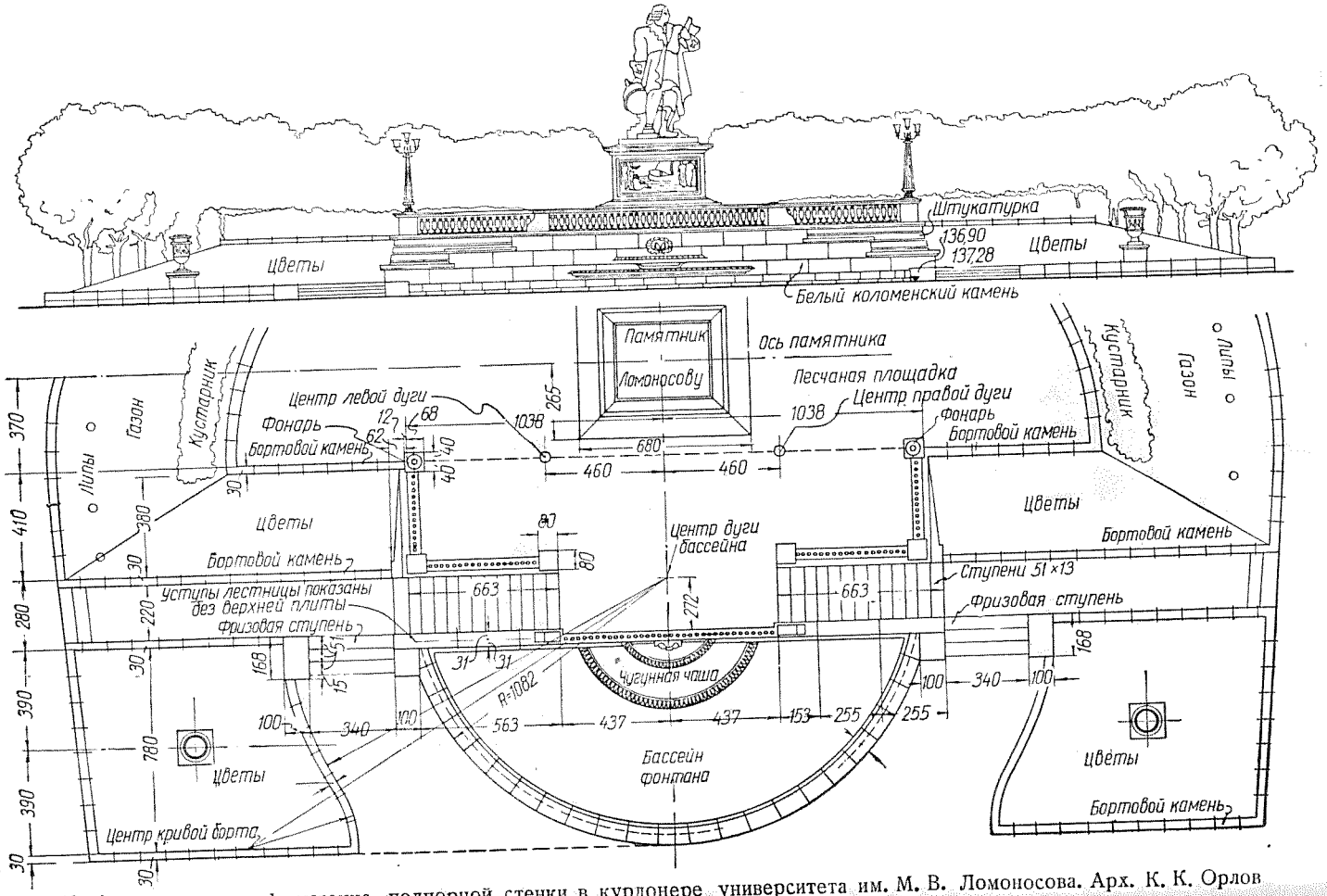
Сквер в курдонере заканчивается к улице красивыми сходами с подпорной стенкой, из водомета которой бьет струя, переливающаяся через две полукруглые чаши в бассейн овальной формы (рис. 48); сквер образует перед зданием университета удачный декоративный ансамбль.

Интересно оформлен фонтанами вход в Сокольнический парк культуры и отдыха. Перед входом в аллею фонтанов поставлены две чаши со своеобразными маскаронами, изображающими головы горных туров (рис. 49).

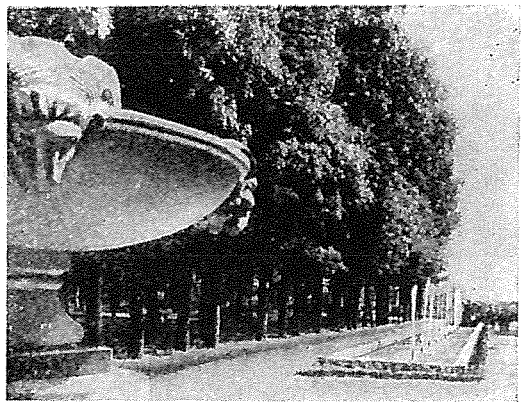
Сложную фонтанную композицию предполагалось осуществить на Чистых прудах, где было намечено устройство детского парка. Из-за неудачного выбора места на магистрали с большим движением транспорта это сооружение не было осуществлено.

Рассмотрим проект этого сооружения (авторы архитекторы В. В. Лебедев и П. П. Штеллер), представляющего по замыслу значительный интерес.

С поверхности пруда, по его боковым граням, бьют мощные вертикальные струи, образующие аллею фонтанов, резко выделяющуюся на фоне темной зелени (рис. 50). В конце этих водяных пропилеев находится центральная фигура всего ансамбля — Иван-царевич с Жар-птицей. Из перьев Жар-птицы сплошной пеленой бьют струи воды, образующие водяной свод над фигурой царевича. Две мощные наклонные вертикальные



48. Архитектурное оформление подпорной стенки в курдонере университета им. М. В. Ломоносова. Арх. К. К. Орлов



49. Фонтан в Сокольническом парке культуры и отдыха

струи рельефно выделяются на общем фоне. Вокруг царевича запроектирована водяная корзина из множества переплетающихся струй, выбрасываемых рыбами. По берегам пруда проектировались небольшие каменные террасы со сходами и водометами.

Водоснабжение фонтанов намечалось из разветвленной сети трубопроводов большой протяженности. Насосную, расположенную под одной из террас, предполагалось оборудовать тремя агрегатами, забирающими воду непосредственно из пруда и нагнетающими ее к фонтанам.

Схема насосной (рис. 51) предусматривала регулировку струй при помощи распределительных гребенок.

Водоснабжение разбивалось на три системы (рис. 52): первая должна была подавать воду к центральной фигуре, вторая — по кольцевому трубопроводу — к вертикальным струям, бьющим с поверхности пруда, и третья — к маскам на береговых террасах.

Значительный интерес представляет построенный скульптором И. С. Ефимовым оригинальный фонтан, на котором изображены играющие дельфины (Химкинский речной вокзал) (рис. 53). Вся фонтанная композиция, выполненная из гранита, кованой меди и стекла, чрезвычайно выразительна, и эти произведения малых архитектурных форм по праву могут быть отнесены к числу лучших московских фонтанов.

Много фонтанов выстроено на заводских территориях и в жилых кварталах. Одно из таких сооружений, выполненное по проекту архитектора Г. Крюкова на заводе Нефтегаз, представлено на рис. 54. Сдержанная архитектура фонтана увязывается с окружающим индустриальным пейзажем.

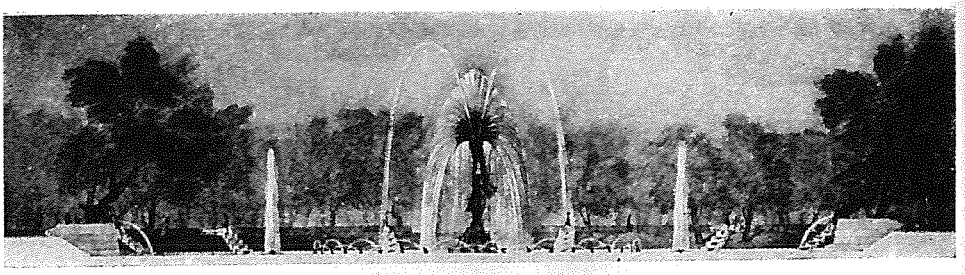
Интересны фонтаны перед зданием Военной Академии имени М. В. Фрунзе, у Крестовского путепровода, водометы у береговых устоев Каменного моста (рис. 55).

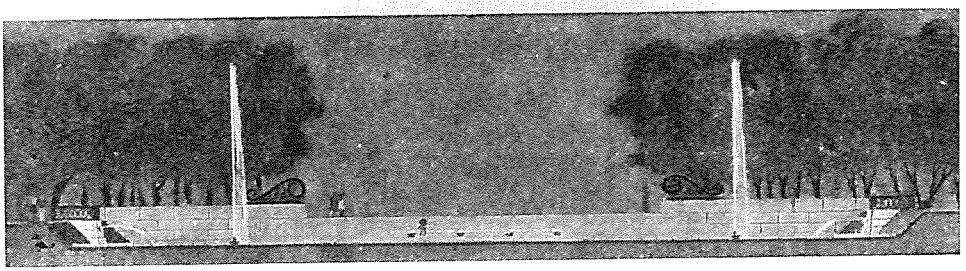
Вода, которая может явиться прекрасным элементом украшения города, все же используется недостаточно.

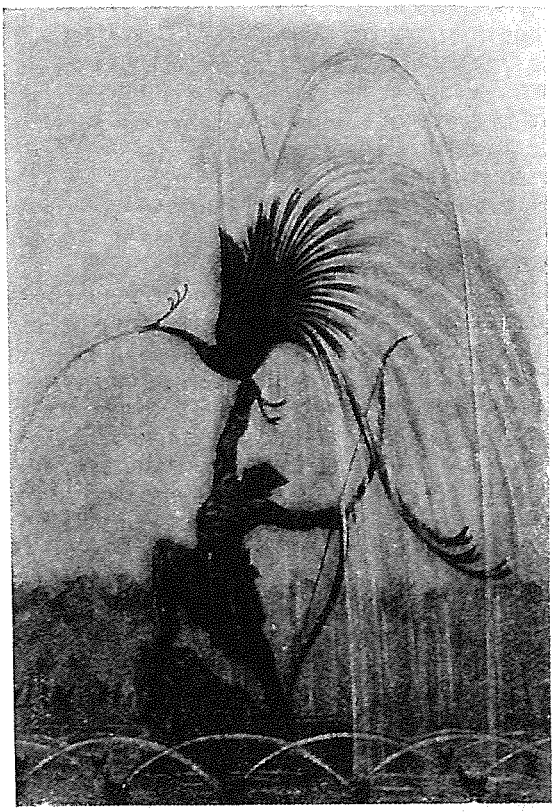
Пруды Краснопресненского парка, Серебряный пруд на территории стадиона им. Сталина в Измайлове, Ленинские горы при правильном использовании рельефа могут служить основой для разработки больших фонтанных композиций.

Большой декоративный фонтан построен на площади Колхозов (Всесоюзная сельскохозяйственная выставка в Москве). По сторонам

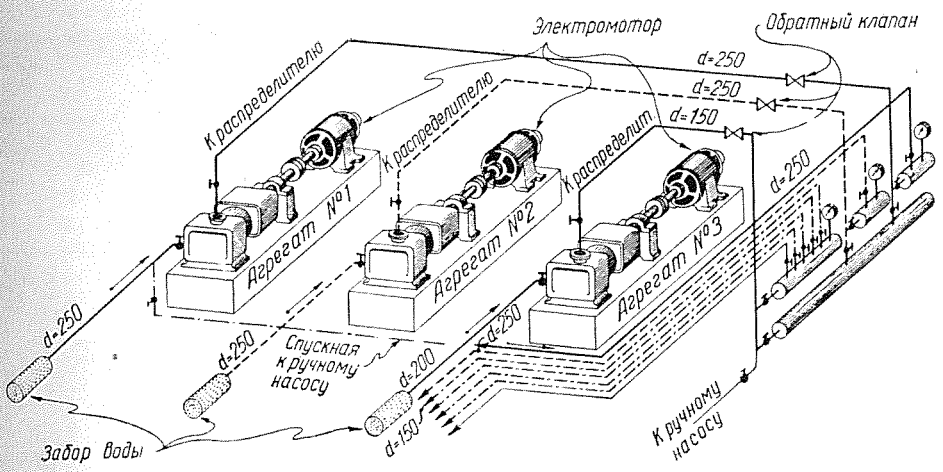
48. Архитектурное оформление подпорной стенки в курдонере университета им. М. В. Ломоносова. Арх. К. К. Орлов







50. Проект фонтанов на Чистых прудах.
Арх. В. В. Лебедев и П. П. Штеллер



51. Схема насосной

прямоугольного водоема бьет множество наклонных струй, образующих непрерывный водяной свод, особенно красиво выделяющийся в темноте (рис. 56). В центре водоема из нескольких насадок бьют вертикальные струи. Водоем украшен богатыми декоративными вазами, установленными на постаментах около борта водоема.

Значительный интерес представляет мощный фонтан, стоящий посредине пруда на Всесоюзной сельскохозяйственной выставке в Москве. Он оформлен в виде колоса пшеницы (рис. 57).

Скульптурная форма основного стержня фонтана несколько условна, но при работе фонтана отдельные его детали не видны зрителю, а тонкие струи воды, бьющие из множества насадок, образуют усы колоса; в ночное время они резко выделяются на фоне темного неба, что позволяет примириться с условной прорисовкой отдельных деталей фонтана.

Фонтан запроектирован с оборотом воды; насосы, установленные в особом помещении ниже плотины пруда, забирают из него воду и подают ее под напором к фонтанным насадкам.

Начиная с 1939 года, традиционным стал временный фонтан на Красной площади в Москве, воздвигаемый в дни народных празднеств.

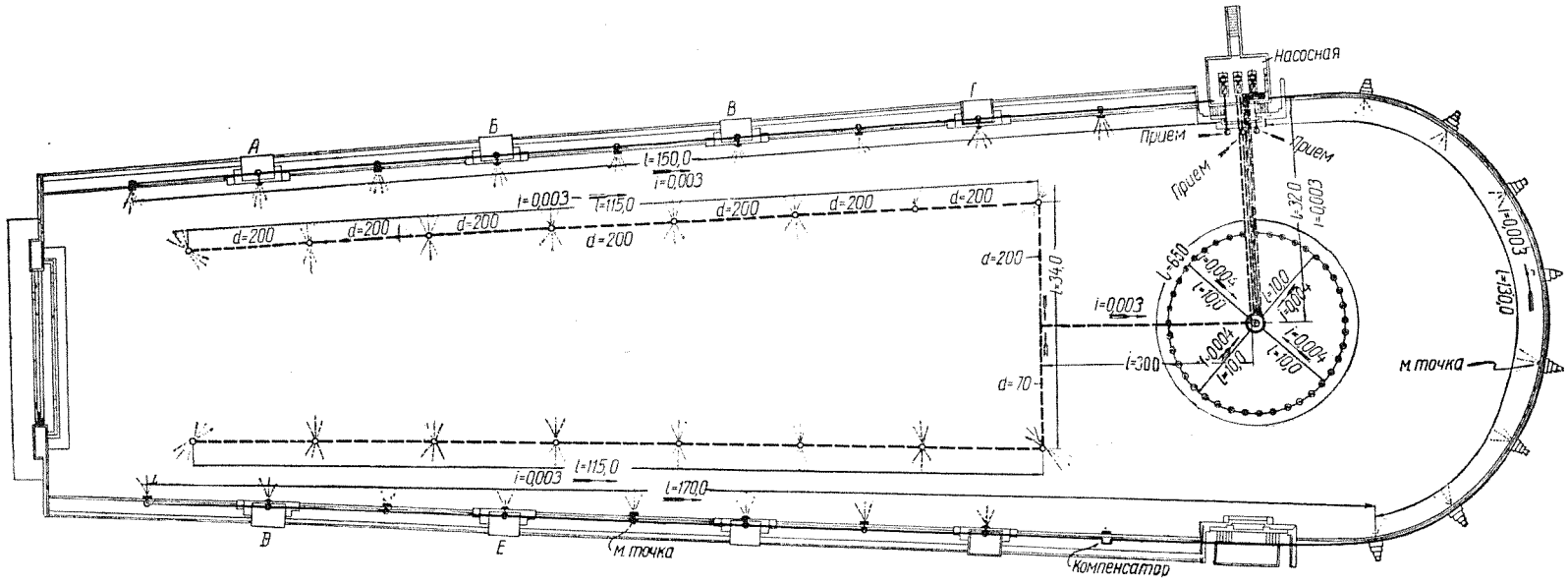
Фонтан представляет увенчанную скульптурой серебряную пирамиду, состоящую из нескольких постепенно уменьшающихся в диаметре цилиндров (рис. 58).

Множество водяных струй, бьющих на разную высоту, образуют несколько водяных уступов; за водяной пеленой почти скрываются серебристые цилиндры.

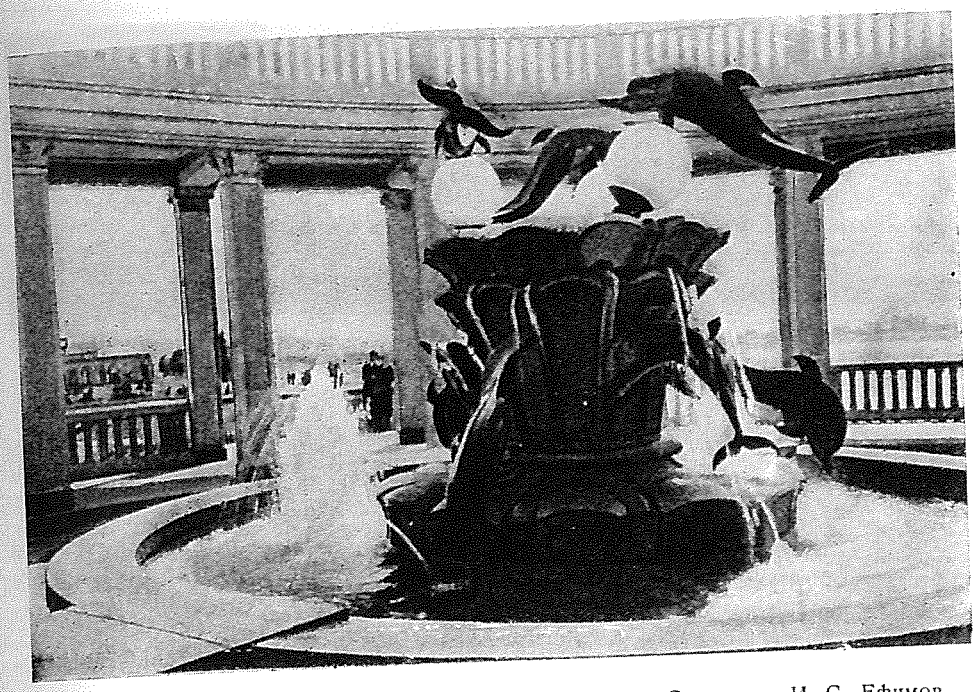
Вода падает в нижнюю большую богато декорированную деревянную чашу с гидроизоляционным ковром и из нее выпускается в городской водосток.

Вода подается к насадкам от городского водопровода по трубе диаметром 350 *мм*. Расход воды превышает 250 *л/сек*. Отсутствие устройства оборотного водоснабжения объясняется тем, что этот фонтан обычно действует очень короткий срок.

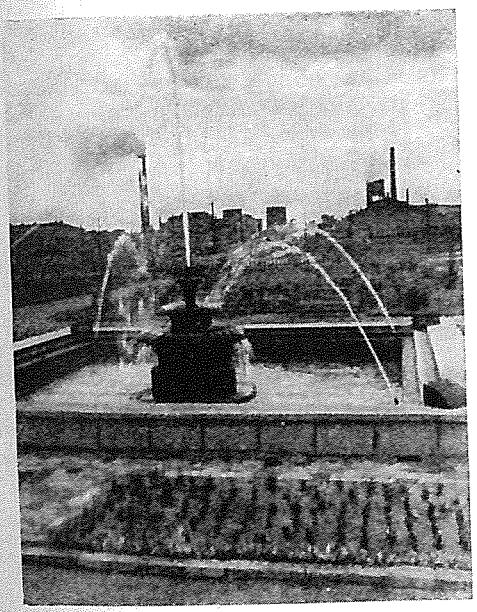
В 1946 году на стадионе „Динамо“ в Москве во время парада физкультурников действовал временный мощный фонтан в виде водяного



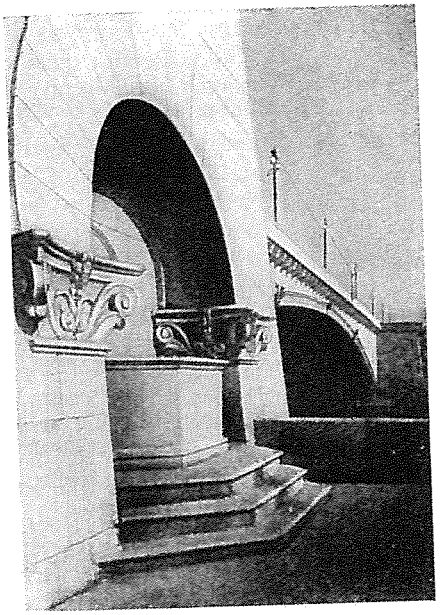
52. Схема водоснабжения фонтанов



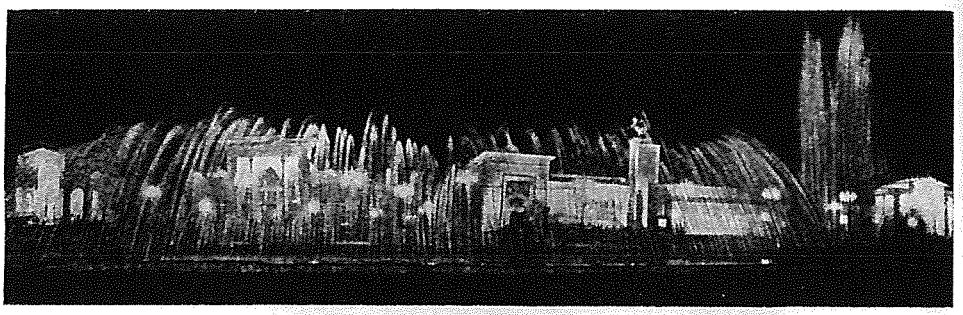
53. Фонтан дельфинов на Химкинском речном вокзале. Скульптор И. С. Ефимов



54. Фонтан на заводской площадке (Москва)



55. Оформление берегового устоя Каменного моста водометом с чашей. Акад. А. В. Щусев



56. Фонтан на площади Колхозов (ВСХВ) при ночном освещении

экрана, на фоне которого торжественно развертывалось шествие (рис. 59) Вода удалялась в подземные водостоки стадиона.

Громадная работа по реконструкции Москвы-реки неузнаваемо изменила лицо города. Прекрасные набережные, сходы, мосты являются заслуженной гордостью москвичей. При архитектурной разработке этих сооружений были достаточно широко использованы декоративные динамические особенности таких архитектурных форм, как фонтаны.

По проекту архитектора А. В. Власова выполнено несколько проектов сходов с фонтанами.

На рис. 60 показан сход в Центральный парк культуры и отдыха. Полуцилиндр, вырезанный в толще набережной, состоит из двух лестниц, имеющих в плане вид полукольца и заканчивающихся внизу большой площадкой с многоугольным в плане бассейном фонтана.

По проекту того же архитектора выполнен один из наиболее красивых сходов на Пушкинской набережной (рис. 61). В верхней части схода находится скульптура девушки-пловца, готовящейся к прыжку в водяной каскад, пенящийся у ее ног.

Вода каскада через грот, устроенный в подпорной стенке схода, низвергается в бассейн, расположенный на нижней площадке. Бассейн с дугами охватывающих его лестниц является завершением схода.

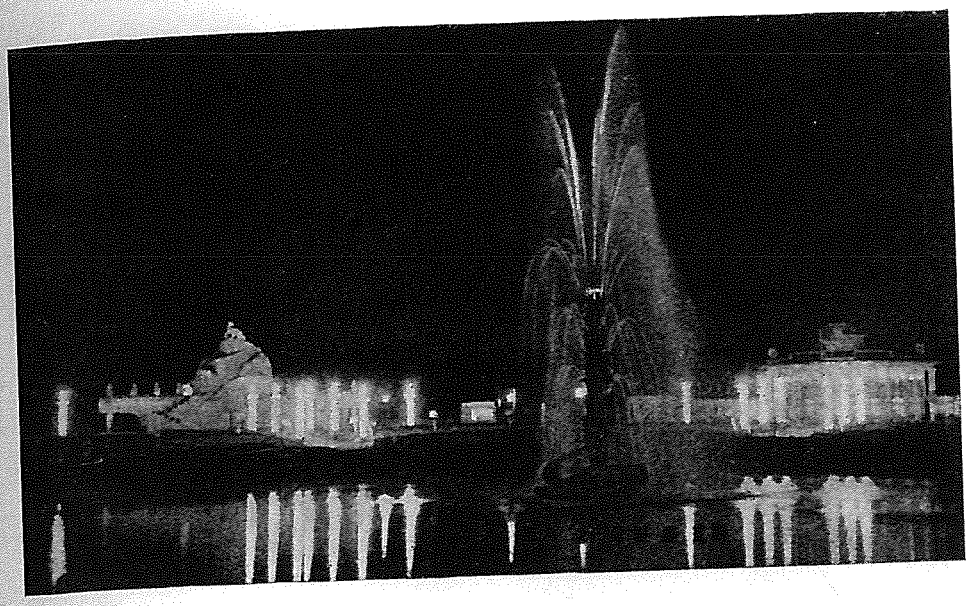
Весь сход-каскад представляет собой интересное, со вкусом выполненное архитектурное сооружение, усиленное правильной расстановкой скульптуры и оживляемое движением воды каскада и водяных струй.

Хрустальными фонтанами с подсвеченными струями воды (рис. 62) украшен зимний сад во Дворце культуры Пролетарского района в Москве (архитекторы Л. А. Веснин, А. А. Веснин и В. А. Веснин).

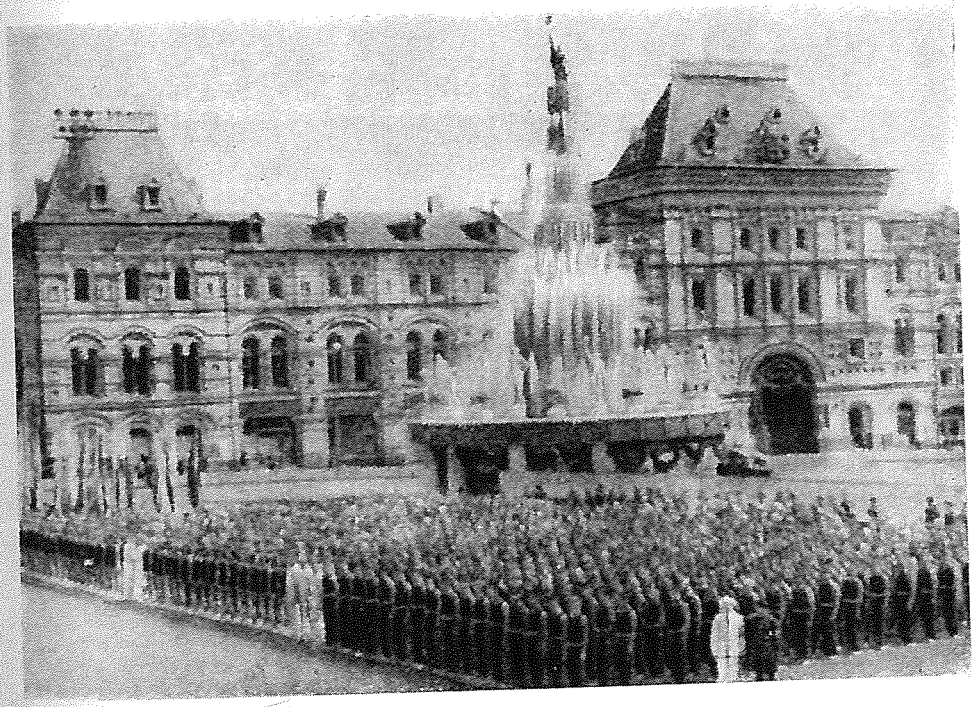
Наряду с московскими фонтанами, многообразие форм которых далеко не исчерпывается приведенным описанием, отметим несколько фонтанов Армении, где строительство этих сооружений приняло особенно широкий размах.

В Армянской ССР в годы Великой Отечественной войны особенно проявилась замечательная национальная традиция посвящать родники народным героям.

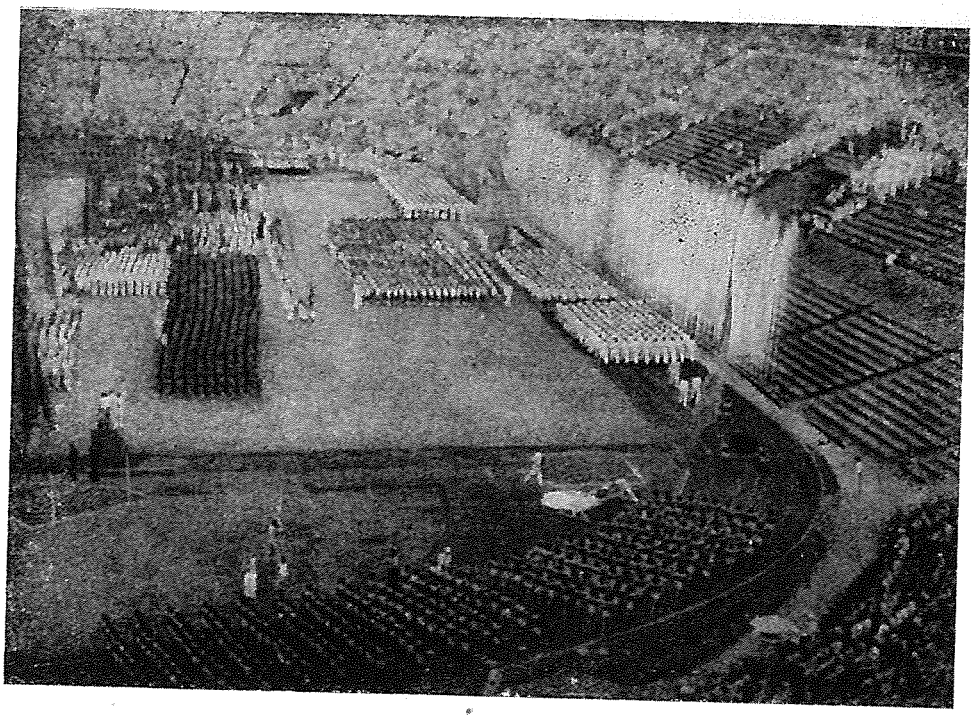
Наличие хороших строительных материалов в этой „стране камня“ помогает созданию прекрасных сооружений архитектуры малых форм, символически связывающих родник с образом бессмертия героя. За последние годы построено более двухсот пятидесяти таких памятников по проектам архитекторов Г. Таманяна, Р. Исраэляна, А. Асатряна и других.



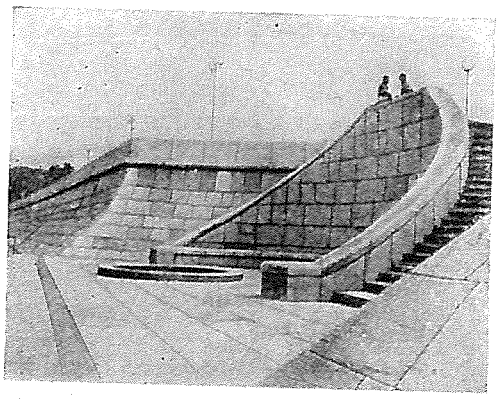
57. Фонтан „Колос“ на ВСХВ при ночном освещении



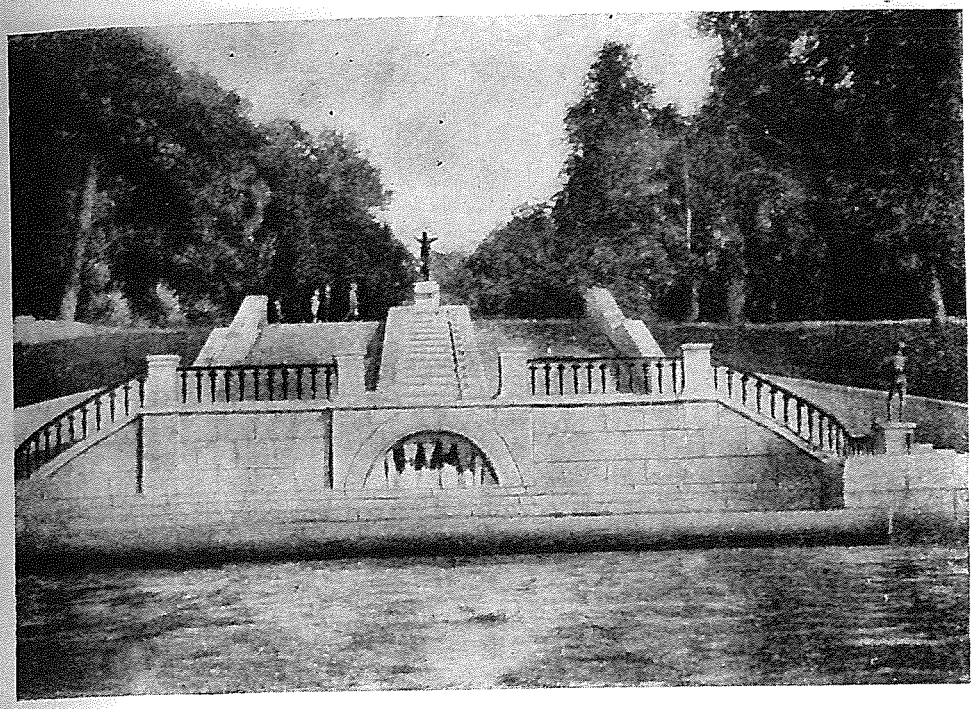
58. Фонтан на Красной площади в Москве в дни празднеств



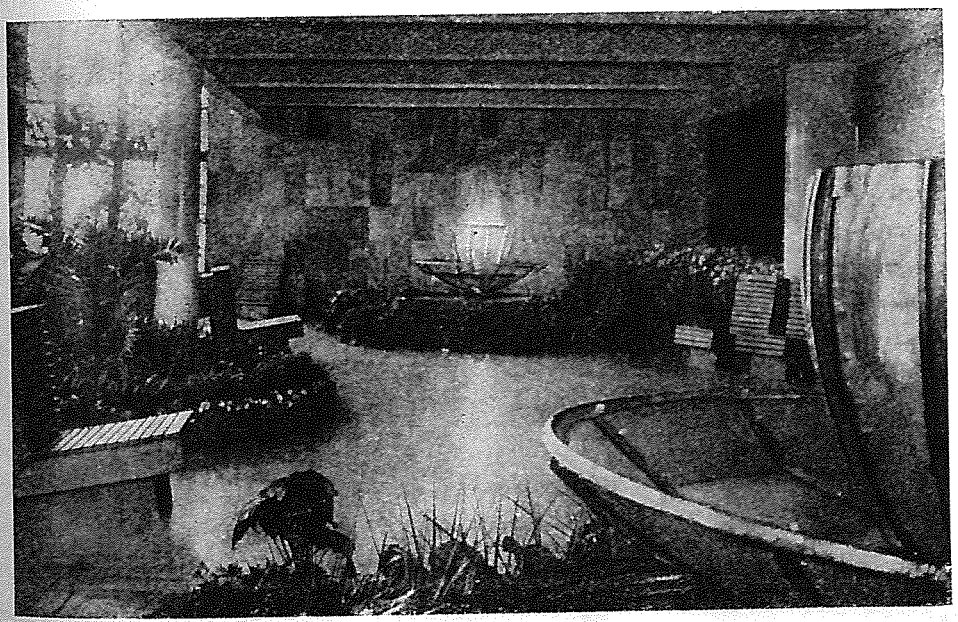
59. Фонтан на стадионе „Динамо“ в Москве. 1946 год



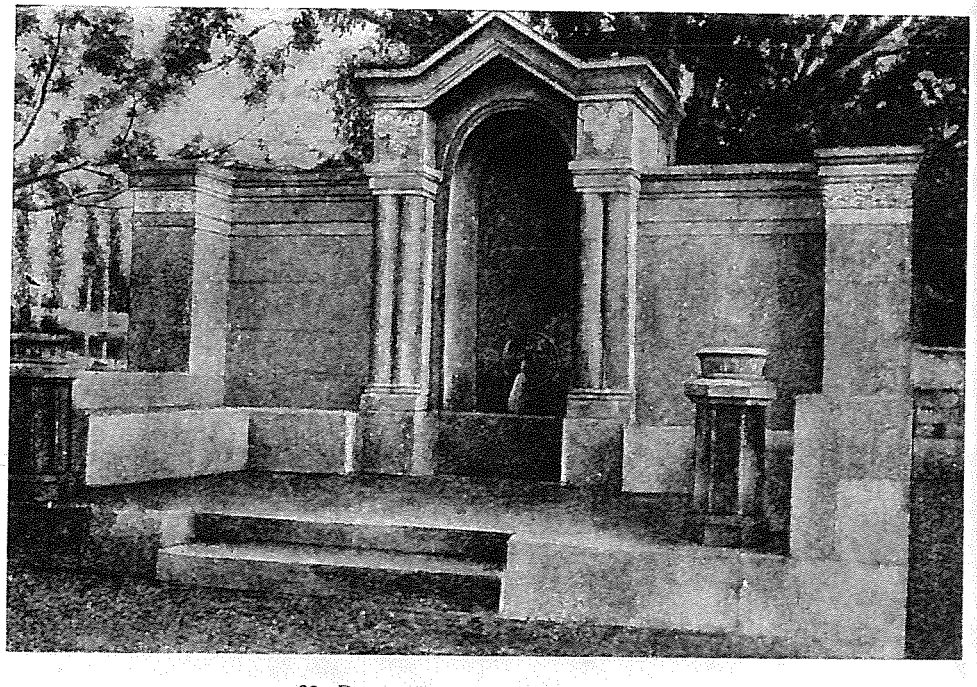
60. Сход набережной с бассейном фонтана.
Арх. А. В. Власов



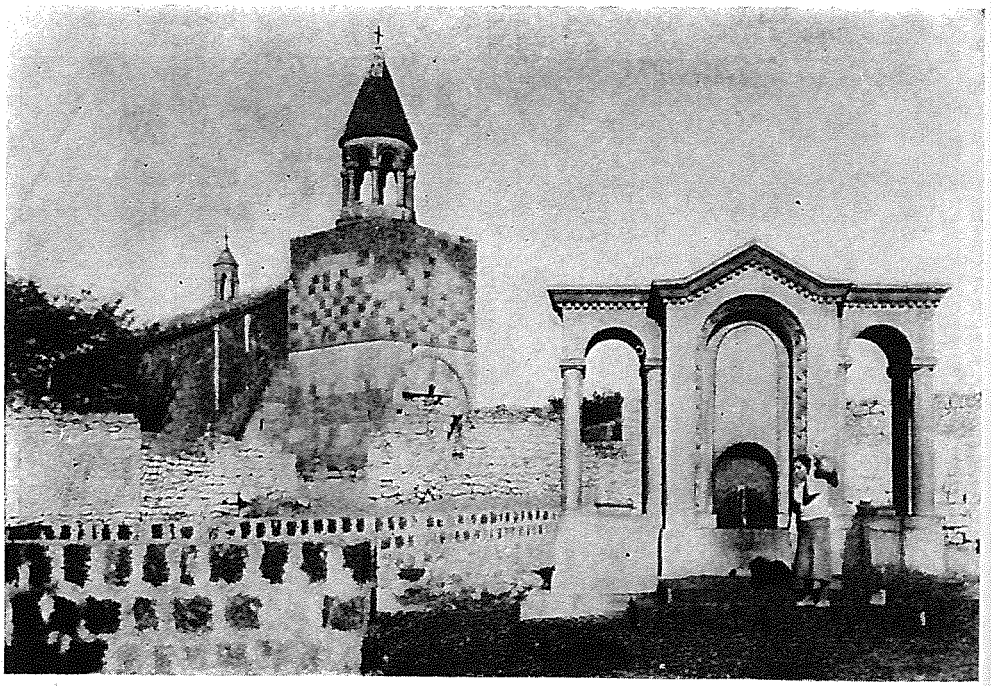
61. Сход-каскад на Пушкинской набережной в Москве. Арх. А. В. Власов



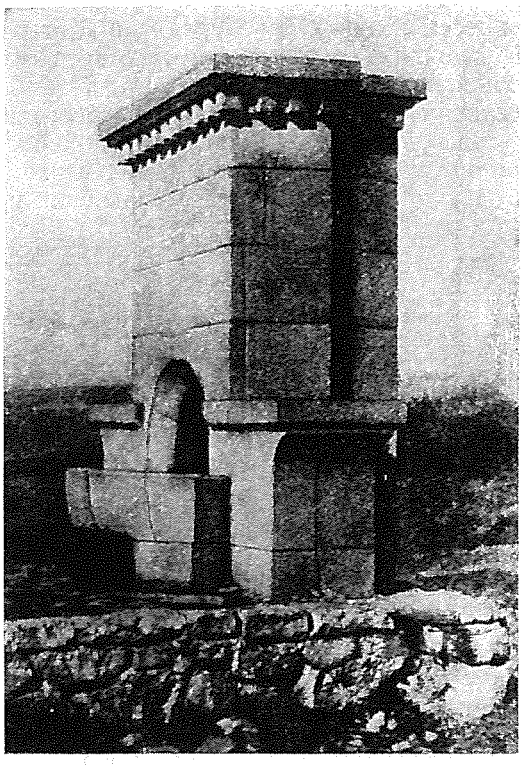
62. Фонтаны в Зимнем саду Дворца культуры Пролетарского района (Москва)



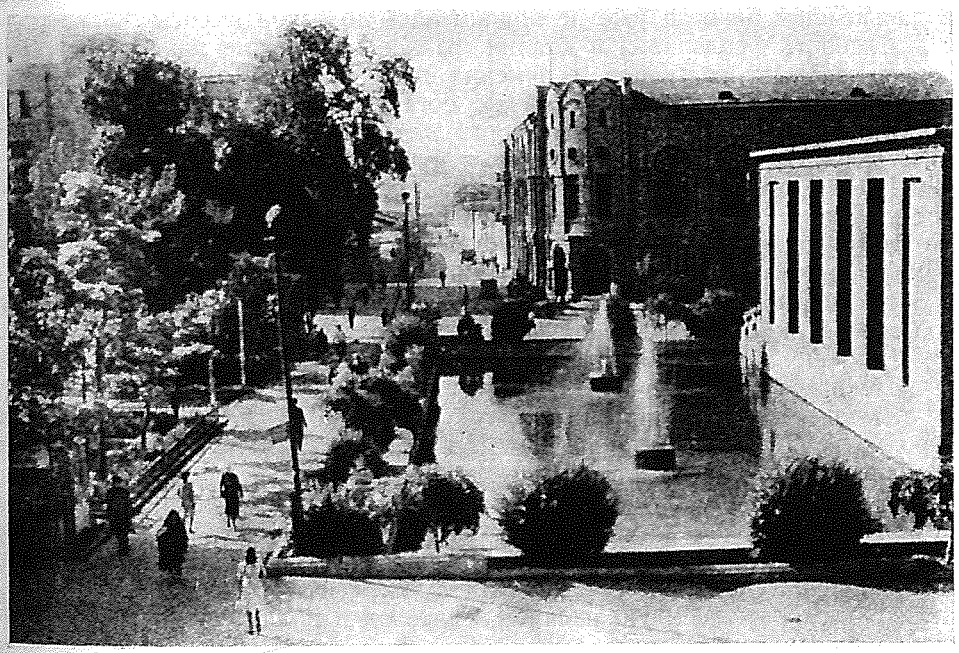
63. Родник в Аштараке (Армения)



64. Родник в Карпи (Армения)



65. Родник (Армения)



66. Фонтан у памятника Шаумяну в Ереване

Особенно интересен „Родник бессмертия“ в Аштараке, представляющий собой портик с нишей, в которой установлен водомет с мощной струей воды, бьющей в водоем (рис. 63).

Памятник в селении Карпи построен из розового камня и выполнен в форме четырехугольной стеллы с нишами и стройными колоннами по бокам (рис. 64). Фонтан украшен резным орнаментом из переплетающихся листьев и плодов граната в стиле национального армянского зодчества.

Памятник, представленный на рис. 65, имеет более простые и строгие формы.

Из монументальных сооружений такого рода представляет значительный интерес мемориальный фонтан с большим бассейном прямоугольной формы, находящийся за памятником Шаумяну в Ереване. В водную гладь бассейна падают струи воды небольшой высоты. В бассейне отражаются пилоны памятника Шаумяну, объединенные антаблементом (рис. 66).

ФОНТАНЫ РЕНЕССАНСА И БАРОККО

Значительный интерес для советского архитектора представляют сооружения малых форм эпохи Ренессанса и барокко.

Это было время, когда „...в вырытых из развалин Рима античных статуях перед изумленным Западом предстал новый мир — греческая древность; перед (классическими) светлыми образами ее исчезли призраки средневековья; в Италии достигло неслыханного расцвета искусство, которое явилось точно отблеск классической древности и которое в дальнейшем никогда уже не поднималось до такой высоты“ [1].

Слабость феодализма в Италии, раннее накопление капиталов, роль северо-итальянских купцов и римских пап как банкиров Европы — все это содействовало быстрому росту богатств в руках буржуазии. Разбогатевшие купцы, папы и князья не жалели денег на роскошные здания, великолепные праздники, статуи и фонтаны.

Грабя „христианский мир“, папство собирало большую часть ценностей, притекавших из Западной Европы. Эти средства в значительной степени шли на украшение столицы, преимущественно ее центра, с тем чтобы поразить множество паломников внешним видом „святого города“. В борьбе с феодализмом буржуазия использовала широкие народные массы, создавая с их помощью высокую для того времени городскую культуру.

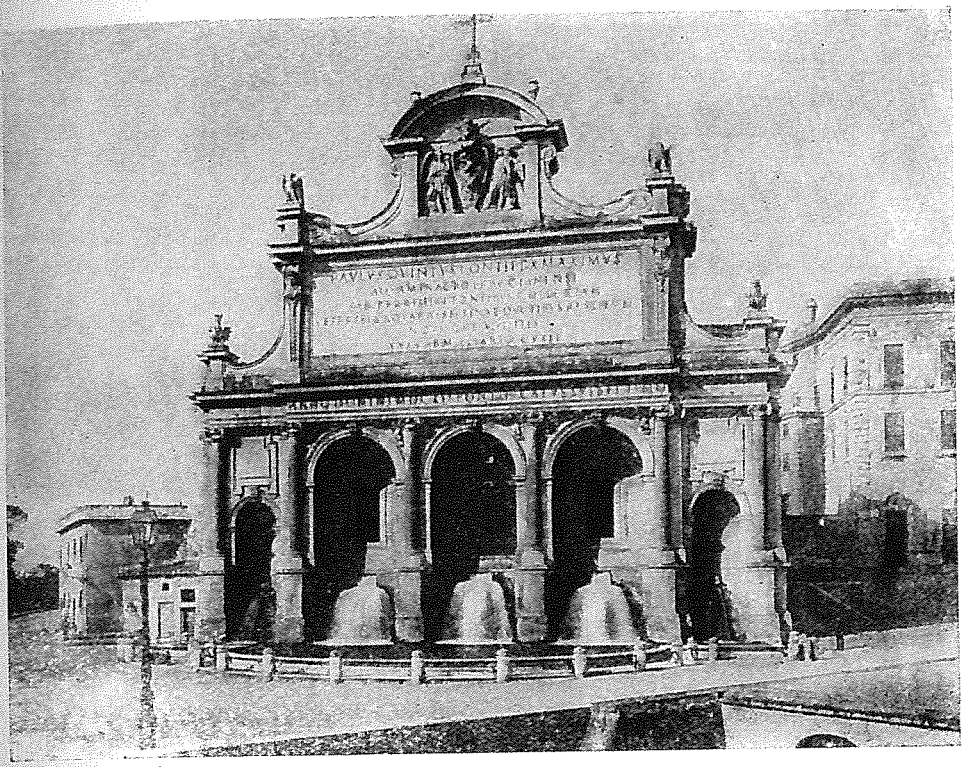
Немалое место в архитектурном оформлении города занимали многочисленные фонтаны.

Знакомство с лучшими из этих сооружений эпохи Ренессанса и барокко необходимо советским архитекторам для критического изучения и анализа мирового культурного наследия.

Следует, однако, учитывать не только специфические условия, при которых они возникли, но и то обстоятельство, что все эти выдающиеся произведения искусства были сконцентрированы на сравнительно небольшой площади и главным образом в центрах крупнейших городов, являясь декоративным украшением кварталов и вилл знати и разбогатевшей буржуазии.

---

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы. Соч., т. XIV, стр. 475.



67. Аква Паоло

Рассмотрим некоторые из наиболее интересных фонтанов, ограничившись кратким описанием их.

Древние фонтаны, которыми заканчивалось большинство акведуков, подводивших воду в Рим, к первой половине XV века не работали. Единственным действовавшим в это время древним акведуком был Аква Вирго.

Фонтаны умолкли, в городе стало нехватать воды.

С начала XVI века, почти в течение столетия, в запущенном Риме проводится большая работа по восстановлению старых и строительству новых акведуков. В это же время ряд крупнейших зодчих и ваятелей работает над сооружением фонтанов Рима.

Монументальным завершением Аква Паола является фонтан на вершине Яникульского холма, представляющий собой триумфальную арку с барочным фронтоном, тремя большими нишами, из которых мощные струи воды ниспадают в бассейн, и двумя малыми нишами по краям стены с маскаронами в виде львиной головы (рис. 67).

„Фонтан четырех рек" на площади Навона, работы Бернини, сооруженный в 1645—1650 годах, представляет собой живописное нагромождение скал, служащих основанием для большого обелиска. На скалах расположены аллегорические фигуры четырех рек. Из расщелин скал бьют широкие прозрачные струи воды. Фрагмент фонтана с аллегорическим изображением рек приведен на рис. 68.

Фонтан Моисея на Квиринале, к которому подведена вода из Аква Фиуме с Албанских гор, водяные струи двух фонтанов работы



68. „Фонтан четырех рек"

Мадерны, поставленные Бернини, образующие широкие декоративные пятна на площади перед собором св. Петра (рис. 69), оригинальный фонтан в виде затонувшей лодки у подножия Испанской лестницы (рис. 70), фонтан на площади Аракоели, состоящий из двух круглых чаш с четырьмя „путти" на верхней чаше (рис. 71), фонтан Моро на площади Навона с богатым использованием скульптуры (рис. 72) — все это далеко не полное перечисление фонтанов, создающих ансамбли центральных городских площадей и улиц Рима. Для полноты представления об архитектуре римских фонтанов приведем фрагменты центрального фонтана на пьяцца дель Пополо (рис. 73), фонтана Амфор на площади Эмпорио (рис. 74) и, наконец, фонтана на Квиринале с фигурой одного из Диоскуров (рис. 75).

Последней вспышкой итальянского искусства эпохи барокко является фонтан де Треви работы Николо Сальви, построенный в 1735—1762 годах, являющийся оформлением одного из фасадов палаццо Поло (рис. 76). В этот фонтан изливаются воды древнего акведука Вирго. Фонтан насыщен сложной декоративной композицией, центром которой является статуя Нептуна, стоящего на огромной раковине и правящего восьмеркой вздыбленных коней. Широкие струи воды с полукруглых террас с шумом спадают в водоем.

Крупнейшие зодчие и ваятели сооружали фонтаны и в других городах Италии. Джан Болонья выполнил скульптуру для фонтана Нептуна в Болонье, сооруженного Лауретти (рис. 77). Четыре бронзовые наяды, поддерживающие чашу фонтана, сдавливая упругие груди, брыз-

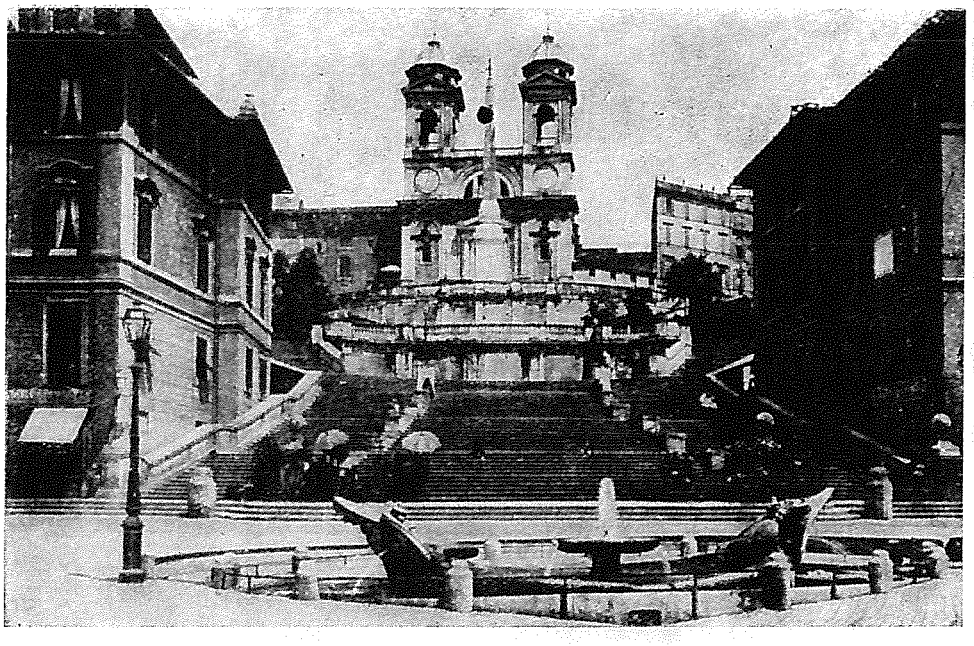


69. Фонтан на площади перед собором св. Петра

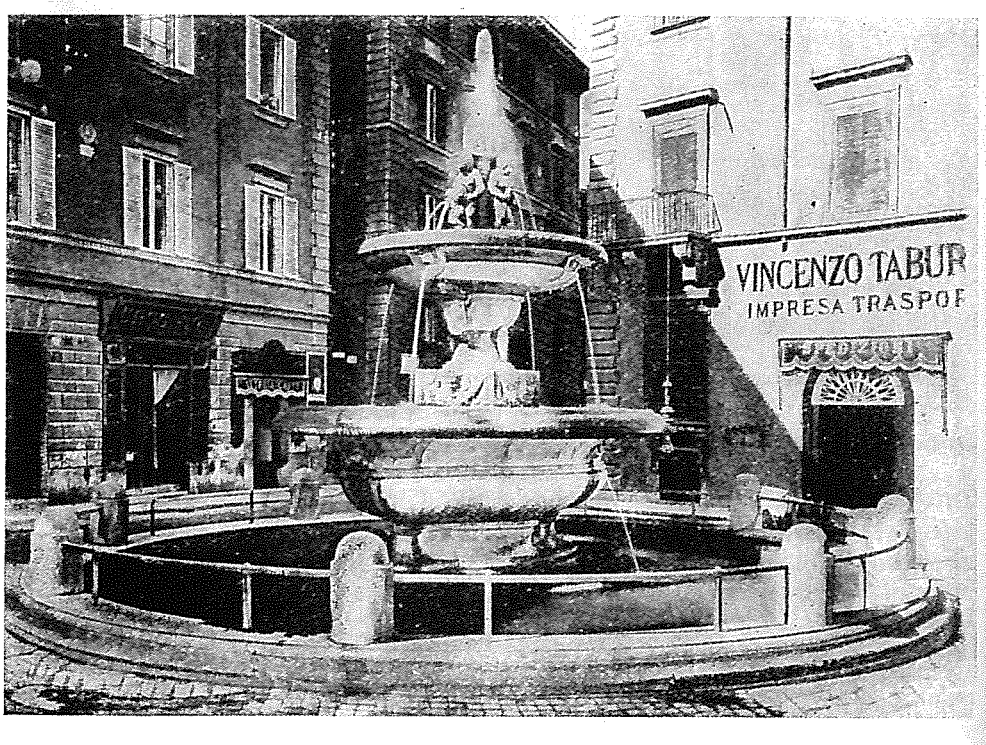
жут тонкими струями воды, путти с дельфинами из верхнего яруса направляют струйки в раковины; маскароны из судорожно сжатого рта выбрасывают вверх небольшие кристальные струи. Венчает всю композицию свободно стоящая фигура Нептуна.

На рис. 78 приведена фонтанная скульптура работы того же ваятеля — фигура стоящего путти с маской в руках.

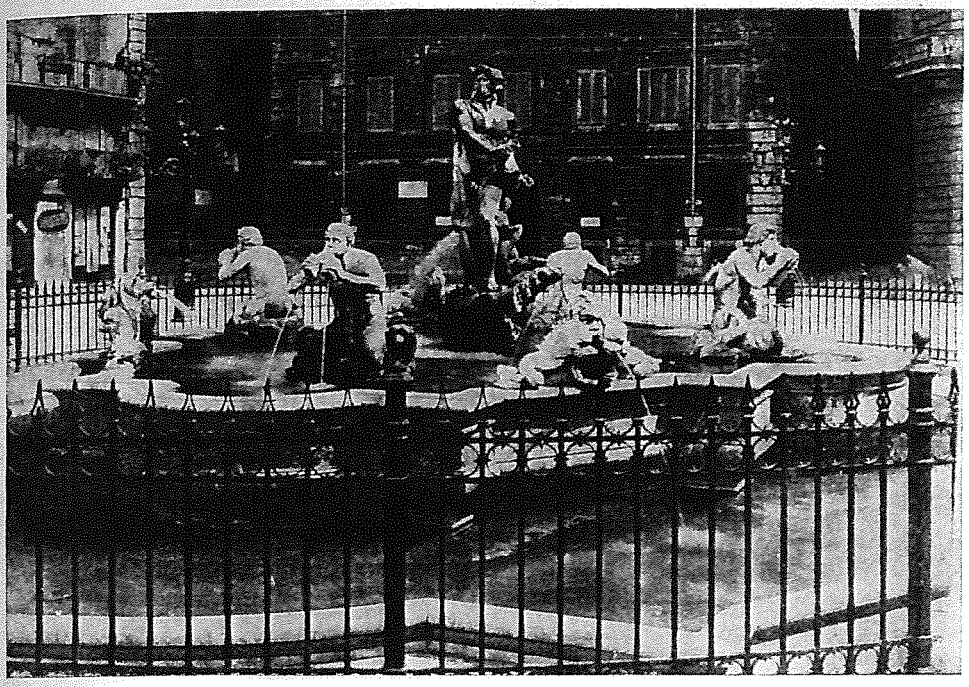
В садах итальянских вилл той эпохи фонтаны являлись неотъемлемым декоративным элементом архитектурного пейзажа.



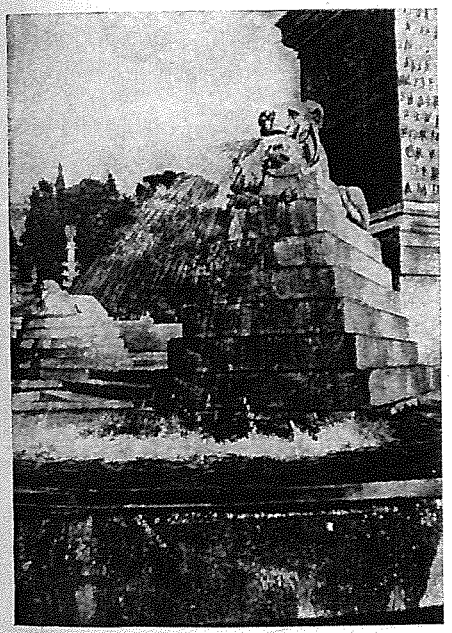
70. Фонтан у Испанской лестницы



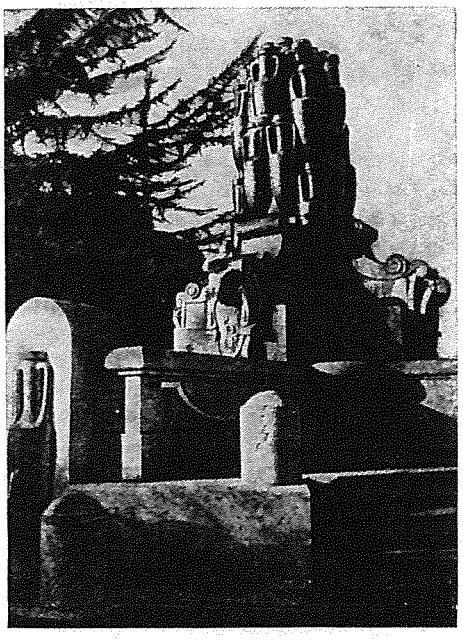
71. Фонтан на площади Аракоели



72. Фонтан на площади Навона



73. Центральный фонтан на пьяцца дель Попото



74. Фонтан Амфор



75. Фонтан на Квиринале со статуей Диоскура

Благоприятные топографические условия местности позволяли использовать падение рельефа для многократной работы воды в фонтанах, размещенных на разных уровнях. Рельеф местности определил до некоторой степени общие характерные приемы композиции фонтанов во многих виллах Италии.

Как правило, в верхнем партере находится богато оформленный фонтан с вертикально бьющими струями, от него вниз по каскаду вода устремляется к нижнему партеру, а из него изливается в находящийся там бассейн.

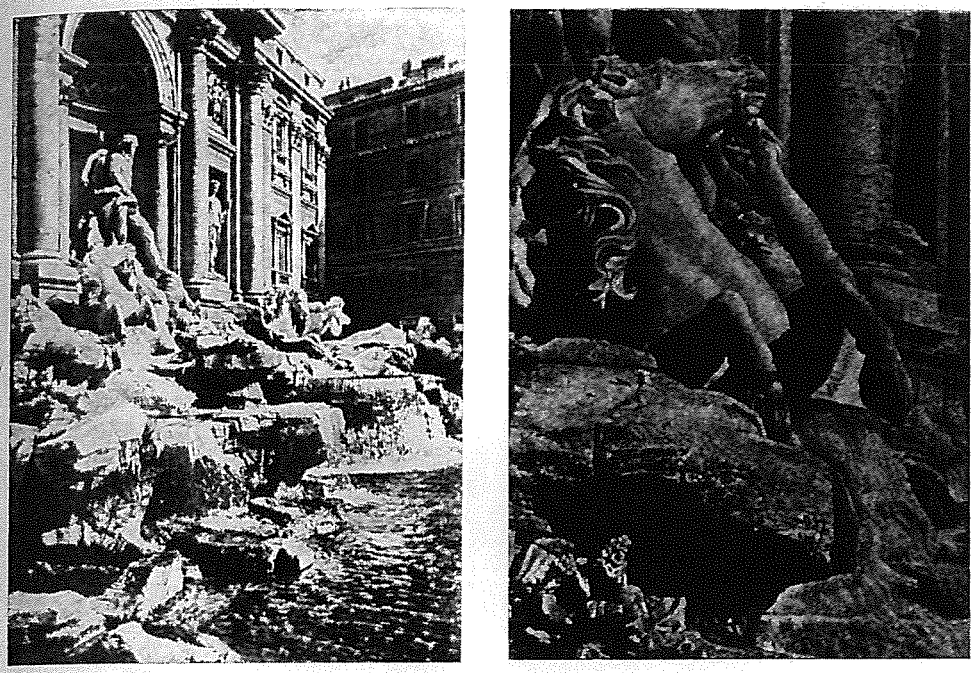
Образцом такой композиции являются фонтаны работы Виньолы около виллы Капрарола.

Перед центром дворца находится фонтан в виде кубка со статуями двух гигантов (рис. 79).

Из водоема этого фонтана по каскаду сложной конфигурации вода бежит через пасть маскарона в круглый водоем нижнего партера с центральной высоко бьющей вертикальной струей. Из водоема вода через глаза, уши, нос маскарона изливается ручейками на лужайку. По краям в подпорной стене устроены два грота (рис. 80). План виллы Капрарола приведен на рис. 81.

В вилле д'Эсте в Тиволи, начатой строительством в 1549 году, архитектор Пирро Лигорио и инженер Оливиери, используя рельеф местности, создали своеобразное произведение архитектуры, в котором вода играет весьма существенную роль.

Шум вечно журчащей воды наполняет аллеи парка; мощный каскад Сибиллы полукруглым водяным сводом падает в бассейн. За каскадом



76. Фонтан де Тревн и фрагмент его

тянется аллея ста фонтанов, на которой из множества скульптур струи воды брызжут в длинный узкий водоем (рис. 82). С высоты холма из под площадки вырывается мощный пенящийся поток воды, который почти отвесно падает в зелень цветника и, скрываясь под землей, незаметно для глаз вливается в спокойный с зеркальной поверхностью водоем.

На дорожках и аллеях парка бьет бесчисленное количество малых фонтанов с тонкими струйками, рельефно выделяющимися на фоне темной зелени кипарисов.

В партере виллы Ланте Виньолой сооружен фонтан в виде прямоугольного бассейна с островком, окруженным балюстрадой, к которому ведут четыре мостика.

В центре на пьедестале — фигуры четырех стройных юношей; они поддерживают четыре горы с золотой звездой над ними, из которой веерообразно бьют наклонные струи воды. Два льва, сидящих между фигурами юношей, выбрасывают из пастей струи воды в верхнюю чашу, из которой вода через маскароны сливается в другую чашу. Из маскаронов на стойках балюстрады и мостиков вода падает в прудики прямоугольного бассейна (рис. 83).

Архитектоника фонтана, строгие и четкие линии отдельных его деталей придают ему своеобразную красоту.

На рис. 84 показан план виллы с расположением всех ее каскадов и фонтанов.

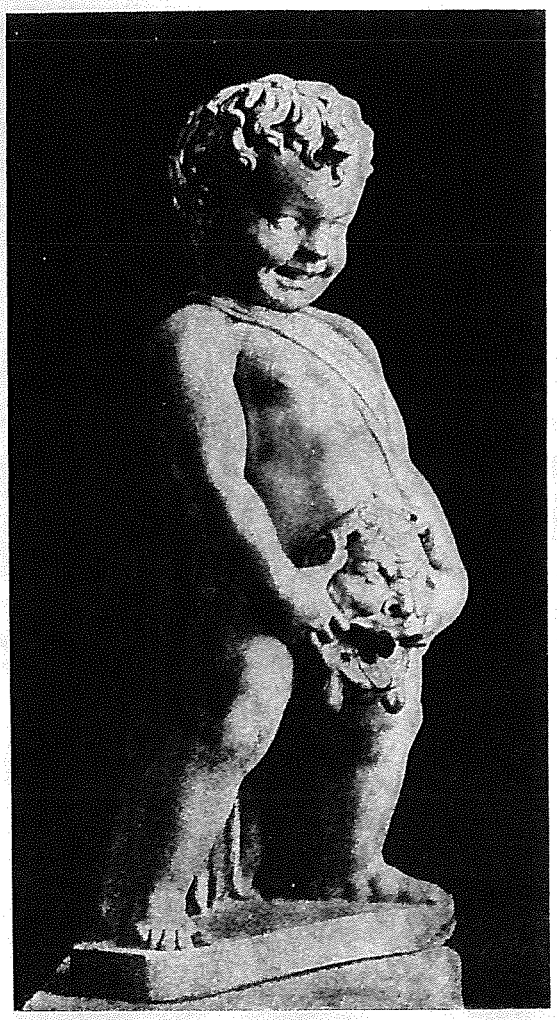
Водоснабжение фонтанов производилось от источников, расположенных в горах, на некоторой высоте над парками; эта разность уровней обеспечивала необходимый напор для работы фонтанов.



77. Фонтан Нептуна в Болонье

Во второй половине XVII века итальянское барокко, имевшее во Франции второстепенное значение, окончательно вытесняется классицизмом, под которым архитекторы и художники того времени наряду с античными образцами подразумевали и архитектуру Ренессанса.

Королевский абсолютизм во Франции и централизация государственной власти в это время достигают своего расцвета; вокруг королевского



78. Фигура „путти" работы Джан Болонья

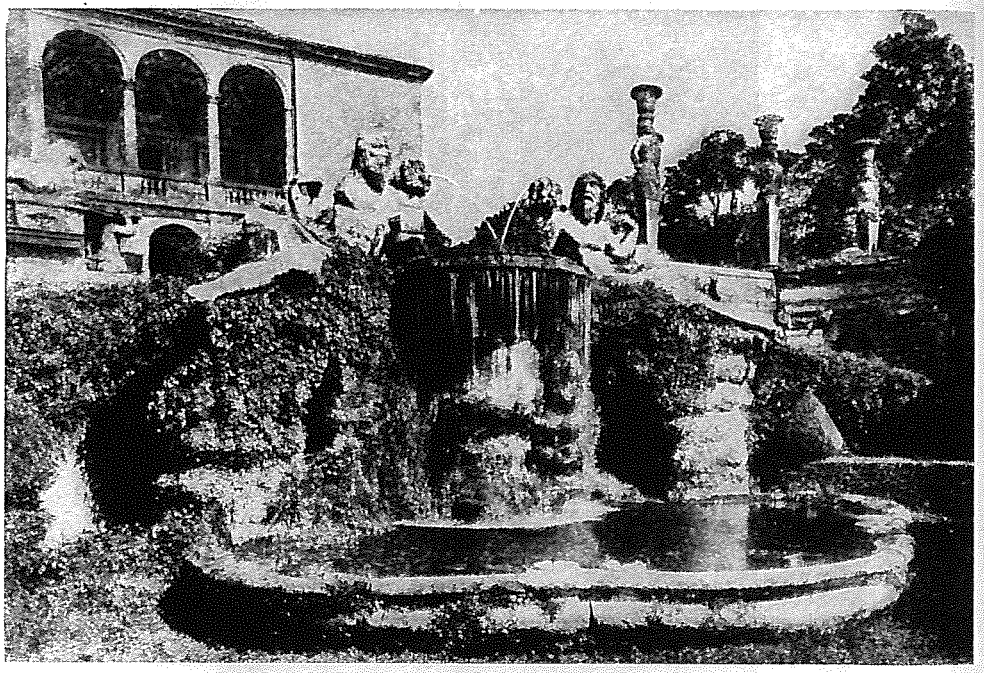
двора группируются архитекторы, художники, писатели, которые, выполняя социальный заказ монарха, стремятся создать „высокий стиль" в искусстве, достойный „короля-солнца".

Приток денежных средств в королевскую казну за счет обнищания народных масс, возрастающего налогового бремени и почти полного разорения государства дает возможность двору осуществить такое сооружение, как Версаль с его садами и фонтанами, созданными Андрэ Ленотром (1613—1700).

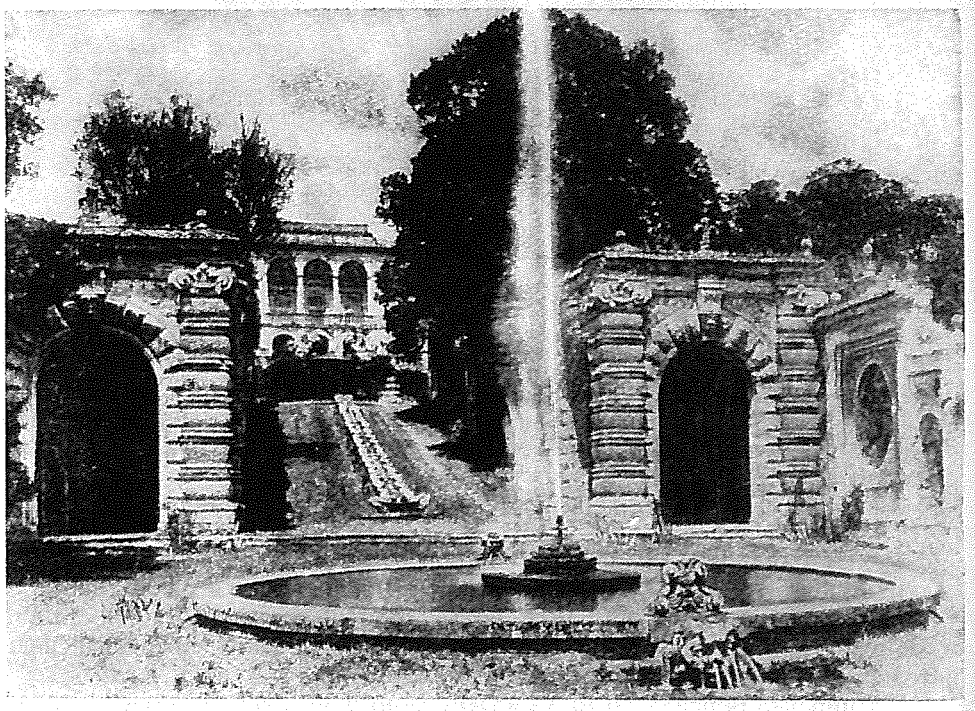
Новые принципы планировки садов и парков, использование пластических средств в их оформлении находят воплощение в садах Версаля.

Ленотр, создавая ансамбль Версаля, широко использовал блестящие возможности, которые дает вода. Каскады, фонтаны, каналы внесли исключительное разнообразие в композицию садов.

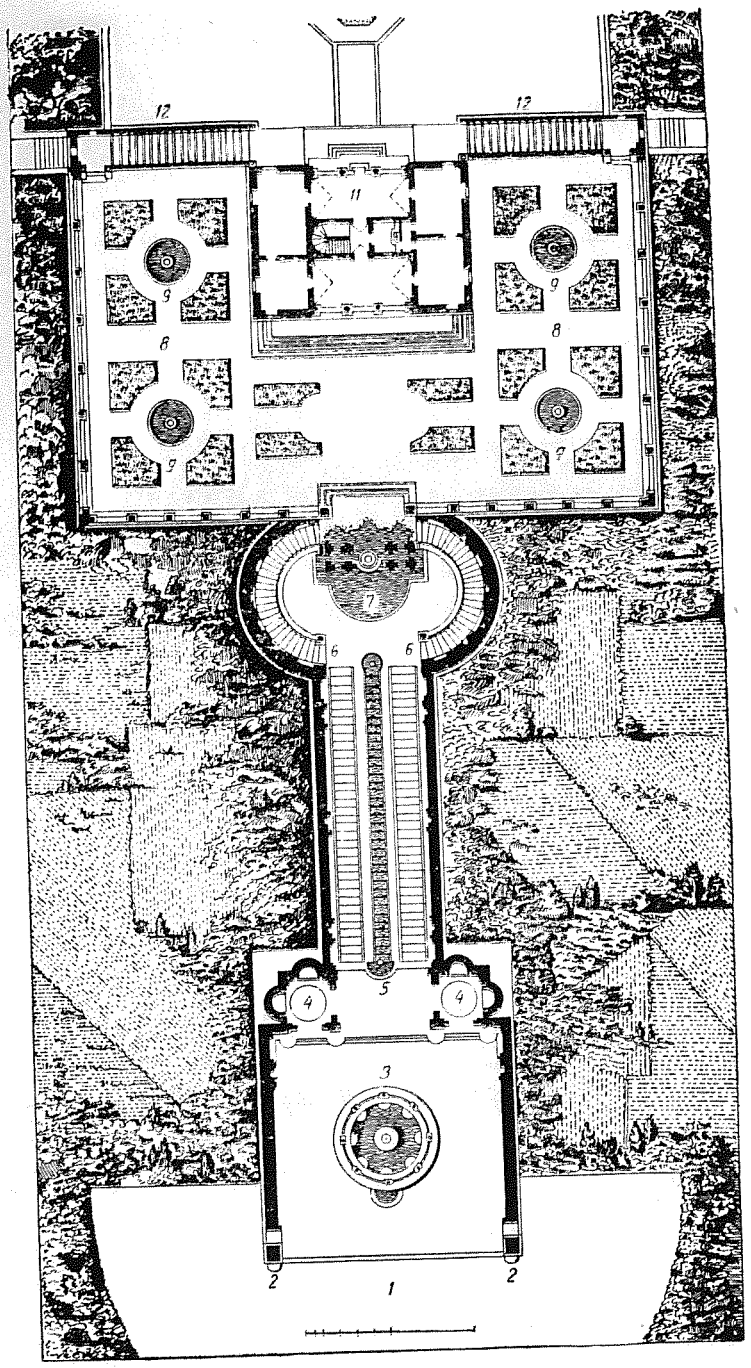
Планировка Версаля со множеством фонтанов, расположенных среди зеленых партеров и дорожек сада, является одной из лучших работ Ленотра.



79. Фонтан Кубка в вилле Капрарола

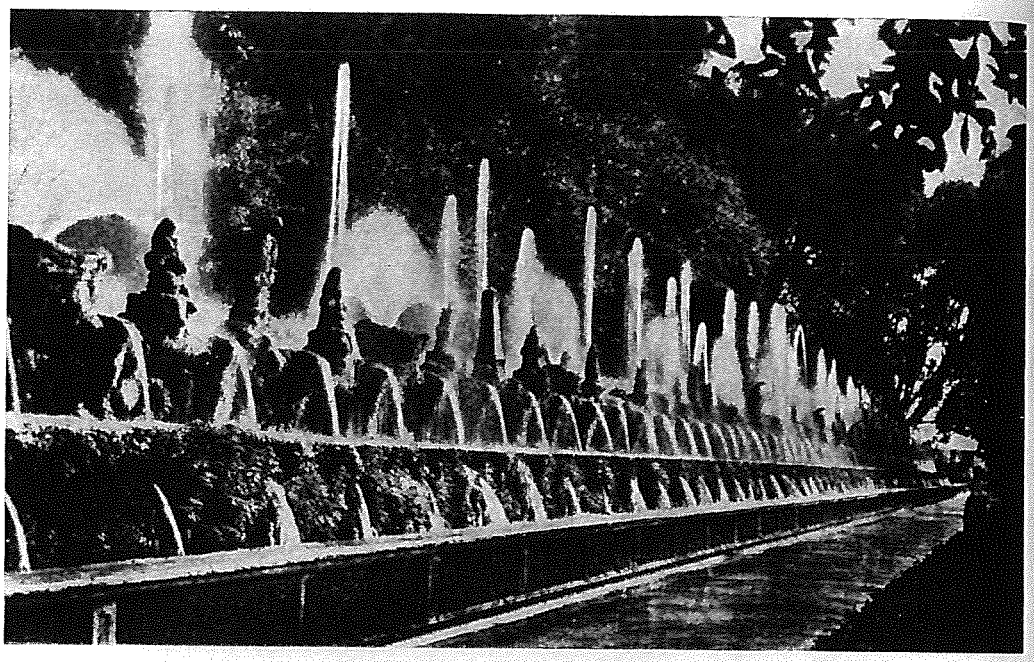


80. Вид на каскад и фонтан

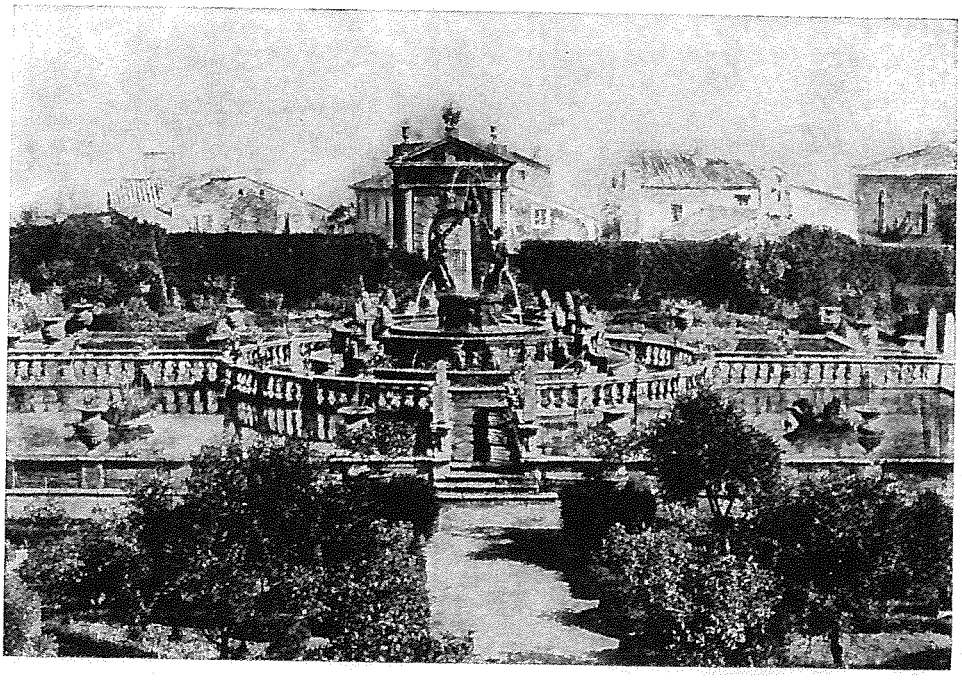


81. План виллы Капрарола:

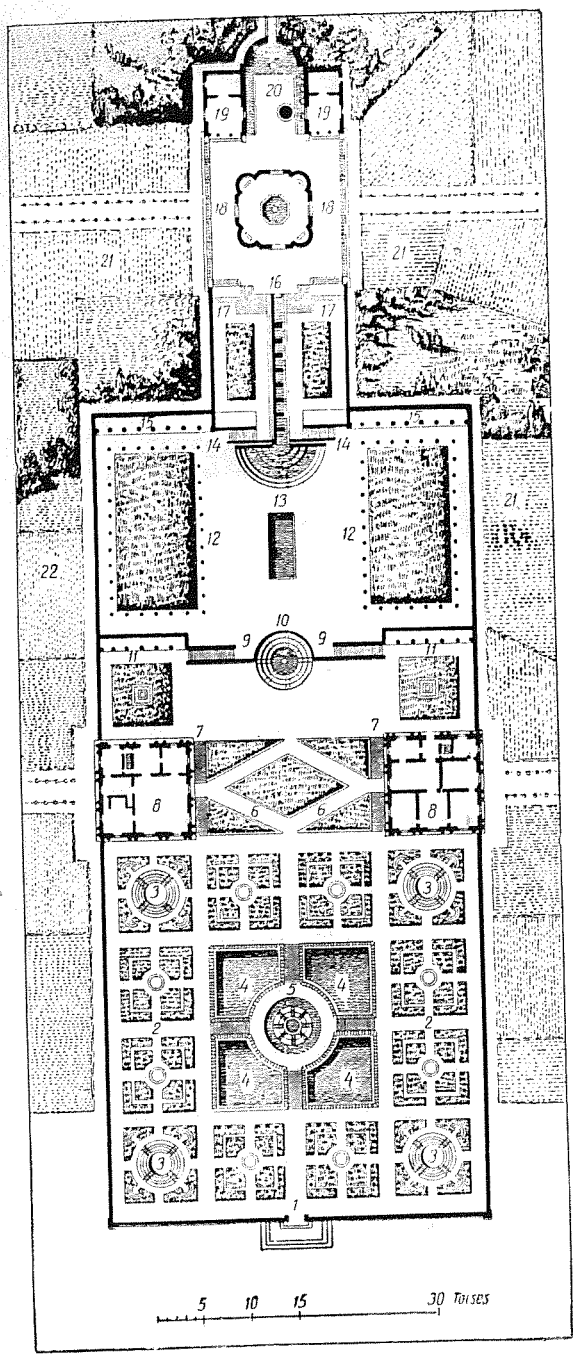
1 — площадка, 2 — пилоны с бюстами, 3 — фонтан, 4 — гроты, 5 — каскады, 6 — спуски, 7 — фонтан Кубка, 8 — сад, 9 — фонтан, 10 — лестница, 11 — казино, 12 — терраса



82. Аллея ста фонтанов в Тиволи

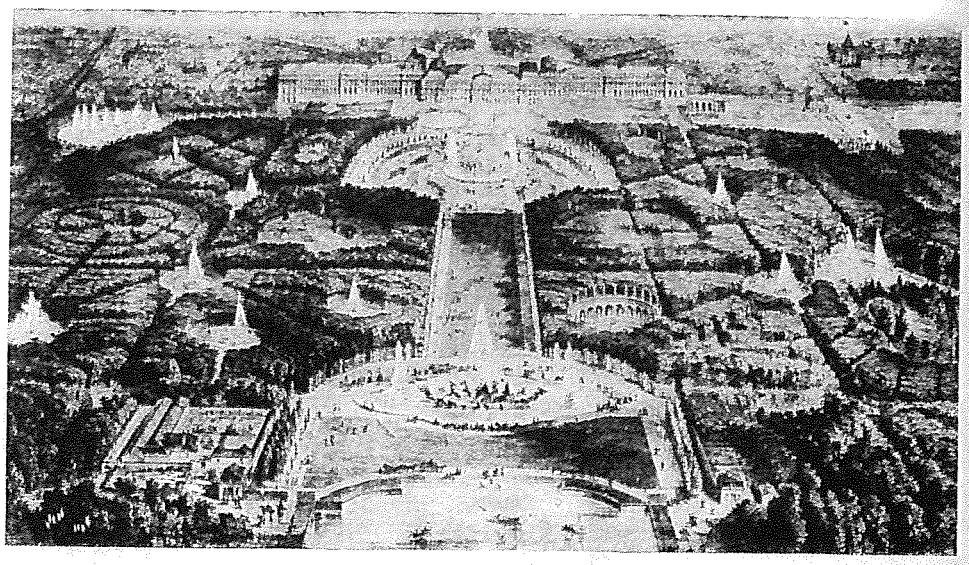


83. Фонтан в Ланте



84. План виллы Ланте:

1 — ворота, *2—3* — цветники, *4* — пруды, *5* — центральный фонтан, *6*—цветник, *7*—лестницы, *8*—казино, *9—10*—фонтаны, *11* — балюстрады, *12* — цветники, *13* — водоем, *14* — фонтан, *15*— балюстрада, *16*— каскад, *17* — стенка террасы, *18*— фонтан, *19* — павильон, *20* — источники



85. Общий вид садов и фонтанов Версаля

Представление о размещении фонтанов и бассейнов дает перспектива версальских садов, приведенная на рис. 85.

Сад Версаля делится на три части: верхнюю дворцовую террасу с водными партерами, регулярные сады с фонтанами Латоны и Аполлона и парк с большим каналом, показанным на переднем плане перспективы.

Вверху перед дворцом находятся большие водные партеры спокойных очертаний (рис. 86). На их слегка возвышающихся над песчаными дорожками бортах установлены на низких пьедесталах скульптурные группы.

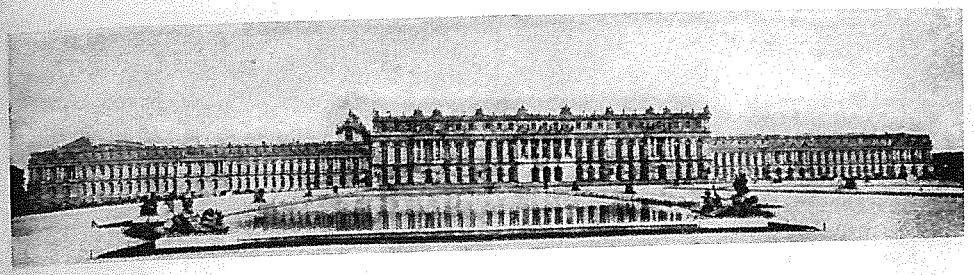
Широкая мраморная лестница верхнего партера, с которой раскрывается далекая перспектива версальских садов, спускается на полукруглую террасу, в центре которой вырастает фонтан Латоны (рис. 87), сооруженный под руководством Лебрэна целой группой скульпторов — Жирардоном, Куазвоксом, Марси, Тюби и другими.

Фонтан Латоны состоит из четырех круглых бассейнов, поднимающихся один над другим, в центре которых на круглом пьедестале стоит фигура богини. Лягушки и ящерицы на трех верхних бассейнах выбрасывают из 74 насадок струи воды, почти закрывающие фигуру Латоны. Струящимися каскадами вода из верхних бассейнов переливается в нижний.

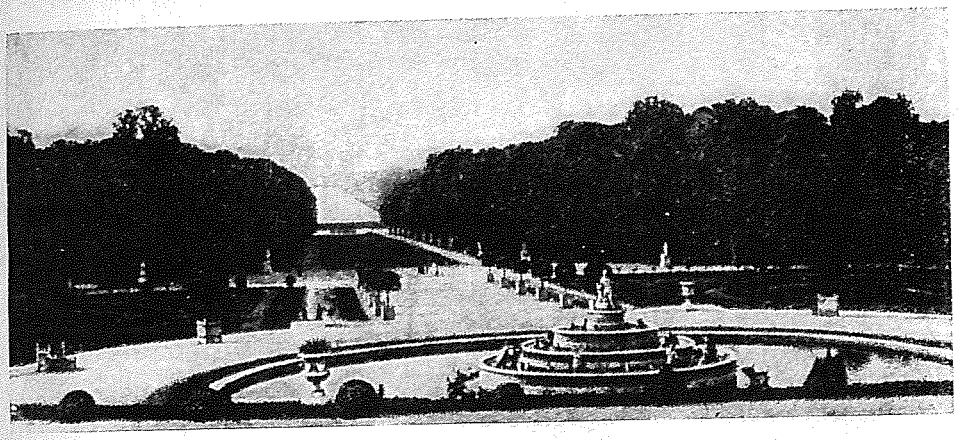
Вдали аллеи, вид на которую открывается с этой террасы, находится овальный бассейн с фонтаном бога солнца Аполлона (рис. 88), выезжающего навстречу своей матери Латоне на квадриге, окруженной тритонами, трубящими в раковины. Фонтан построен Лебрэном и Тюби в 1670 году.

На рис. 89 изображен фонтан „Триумфальная арка", устроенный в одном из боскетов сада. Арка в дорическом стиле с ажурными водяными пилястрами была выполнена из позолоченного железа. На фронтоне из семи подсвечников били струи воды, каскадами стекающие по боковым уступам арки. В трех нишах из фонтанных чаш также били струи и по многоступенчатым каскадам сливались вниз.

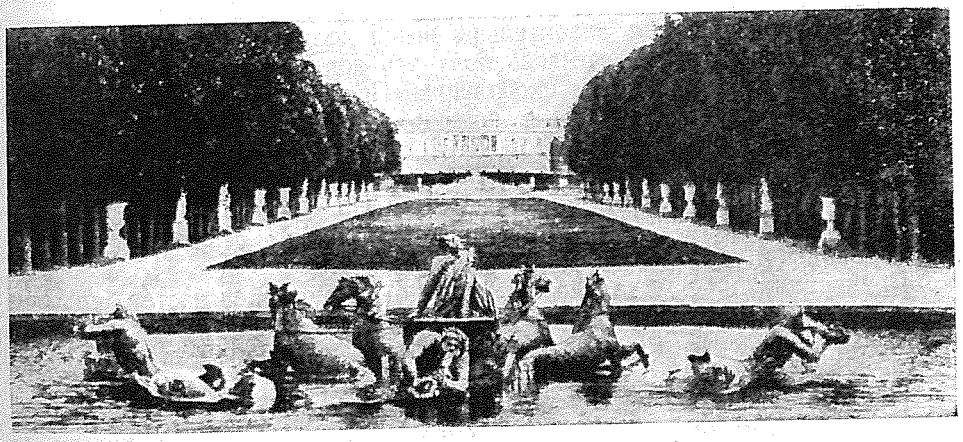
Такие же каскады были устроены с правой и левой сторон боскета.



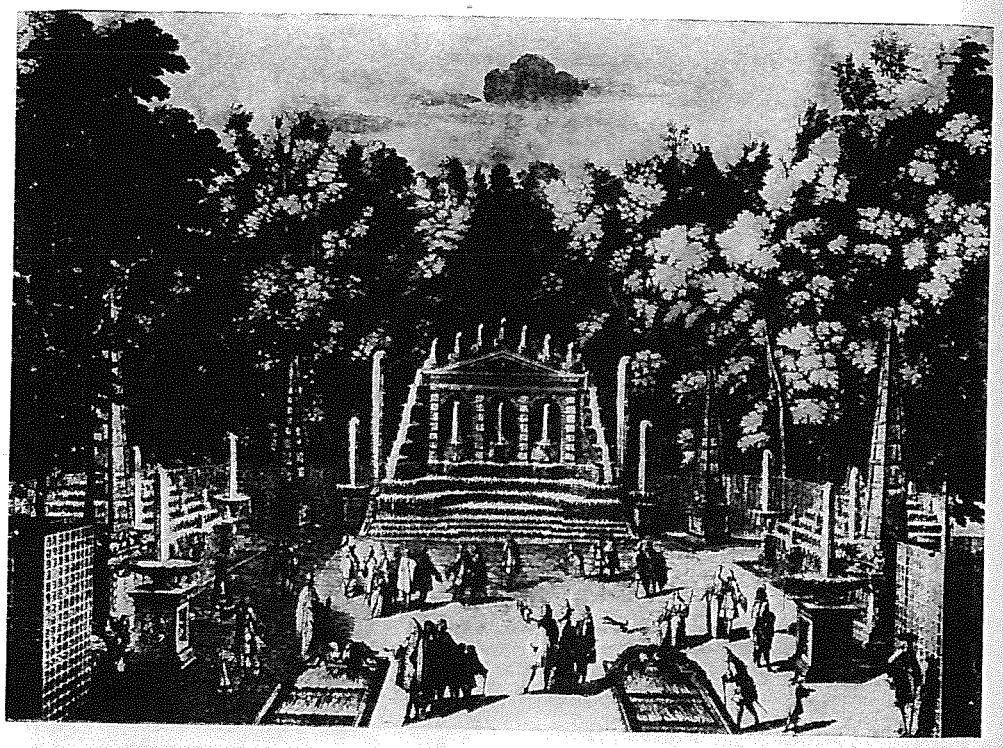
86. Водяный партер перед дворцом



87. Фонтан Латоны



88. Фонтан Аполлона



89. Баскет с фонтаном „Триумфальная арка". Гравюра XVIII века

По сторонам каждого каскада стояли четыре стеклянных обелиска с золочеными каркасами; внутри обелисков били струи воды.

Вся вода от этой группы фонтанов попадала в два длинных бассейна с каскадами и далее выбрасывалась в канал.

Фонтан Жирондолы, представляющий собой круглый бассейн с мощной центральной струей, окруженной множеством наклонных струй, изображен на рис. 90. В настоящее время от этой композиции остался только бассейн с центральной струей.

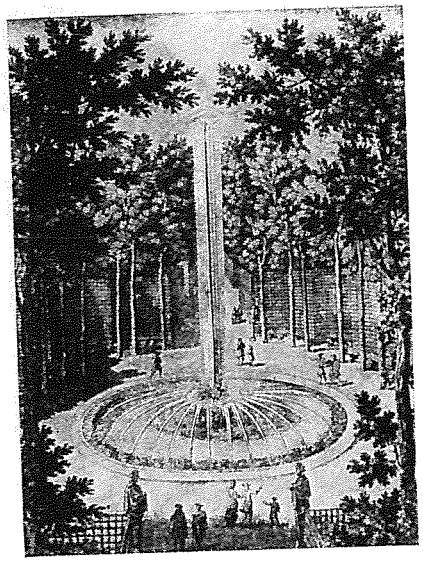
Рассмотрим систему водоснабжения версальских фонтанов.

Версаль расположен значительно выше долины Сены. По первоначальному варианту предполагалось получать воду из ряда речек, протекающих неподалеку от Версальского парка. Первые водоподъемные сооружения приводились в движение лошадьми и ветряными мельницами и давали весьма малое количество воды, недостаточное для длительной работы фонтанов. Деревянные трубы быстро выходили из строя.

В 1672 году чугунолитейные заводы в Нормандии стали изготавливать чугунные трубы, которыми и были заменены старые фонтанные трубопроводы. Но воды попрежнему нехватало.

По предложению Арнольда де Вилль был приглашен мастер-бельгиец Реннекен Сюалем, работавший плотником в его имении в Модез. Для водоснабжения версальских фонтанов Сюалем построил сложную водоподъемную машину.

Работы по постройке насосной начались в 1681 году и продолжались три года. Местом было выбрано Марли на Сене, у подножья холма, на котором расположен Версаль (примерно в 1,4 *км* от него). В строитель-



90. Фонтан Жиронделы. Гравюра XVIII века

стве водоподъемного сооружения принимало участие свыше 1800 рабочих, а эксплоатировало его после постройки 60 человек. Профиль этого сооружения и конструкция водоподъемных устройств приведены на рис. 91.

Схема водоснабжения представляется в следующем виде.

На реке построено 14 водяных колес диаметром по 12 *м*, приводящих в движение 221 насос и нагнетающих воду со ступени на ступень на общую высоту в 161,5 *м*. Колеса при вращении системой коленчатых рычагов с возвратно-поступательным движением приводили в действие насосы. Насосы первого подъема подавали воду в резервуар *1*, находящийся в 200 *м* от реки на высоте 45 *м*.

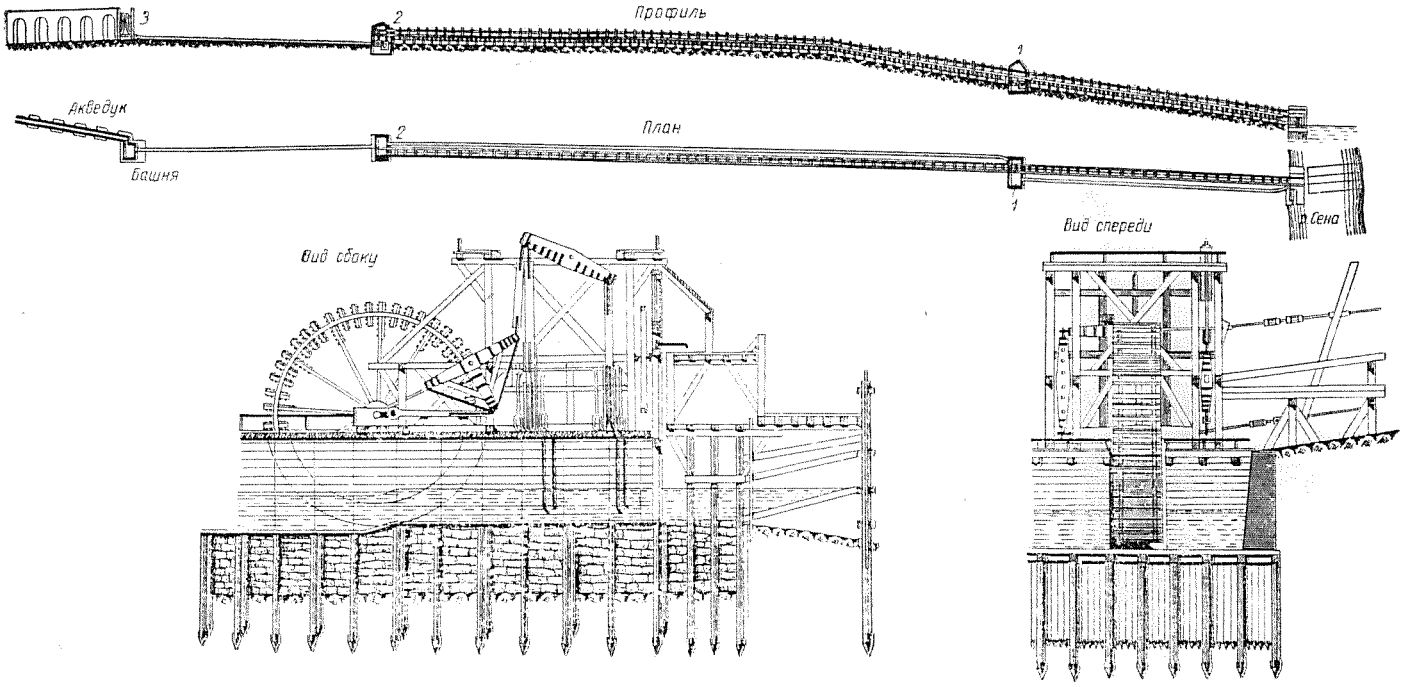
Кроме того, системой железных штанг приводились в движение насосы верхних подъемов; насосы второго подъема забирали воду из резервуара и поднимали ее на высоту 22,5 *м* во второй резервуар, из которого вода вновь забиралась насосами третьего подъема и подавалась в третий бассейн, откуда самотеком поступала к водоемам и разветвленной фонтанной системе.

Для приема воды в Версале был устроен большой свинцовый резервуар, установленный на каменных столбах. Инженер Белидор в своей работе „Архитектурная гидравлика", написанной в XVIII веке, пишет, что машина подавала сначала, когда уровень в Сене был более высок, 6232 $м^3$ в сутки, а к 1739 году ее производительность снизилась вдвое.

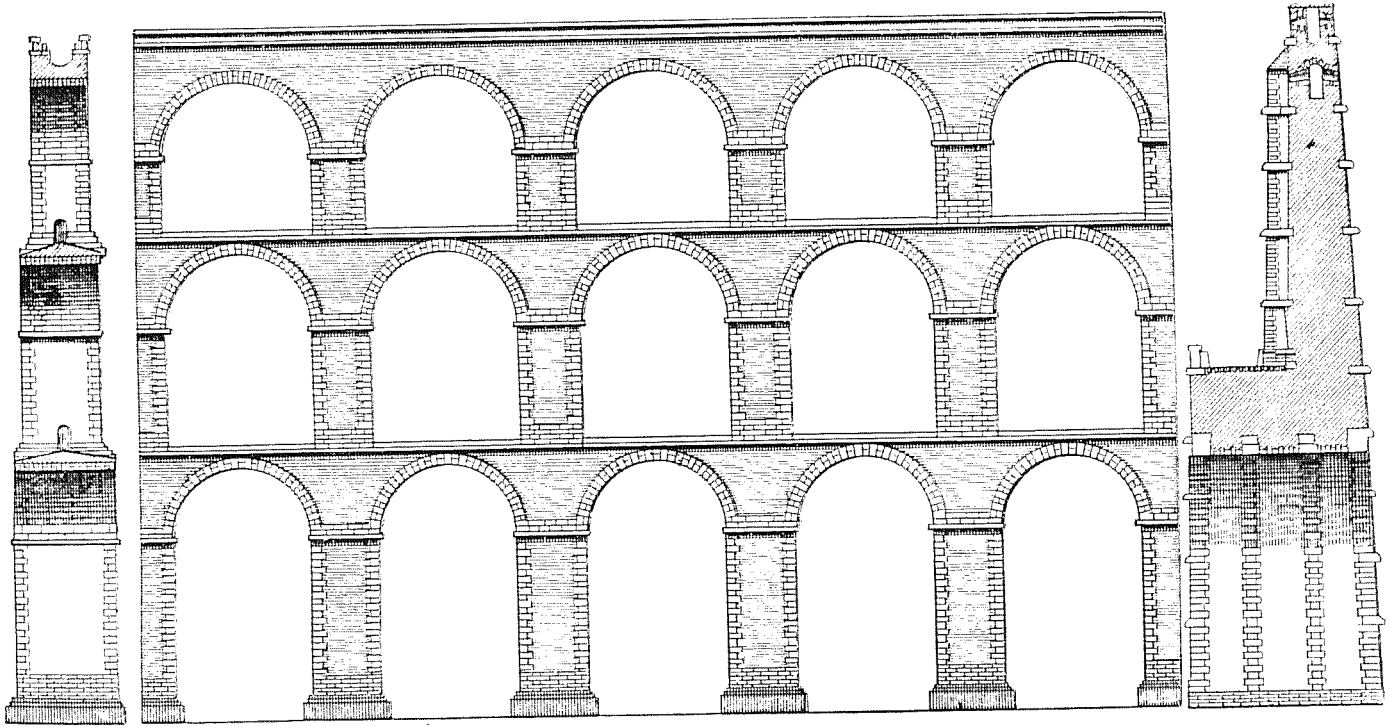
Водоподъемная машина была очень громоздкой, о чем можно судить хотя бы по размеру железных штанг, приводящих в движение насосы и достигавших 20 *км* длины.

Машина начала работать в 1684 году. Водоснабжение фонтанов улучшилось, но необходимого количества воды для их дальнейшего действия все же нехватало.

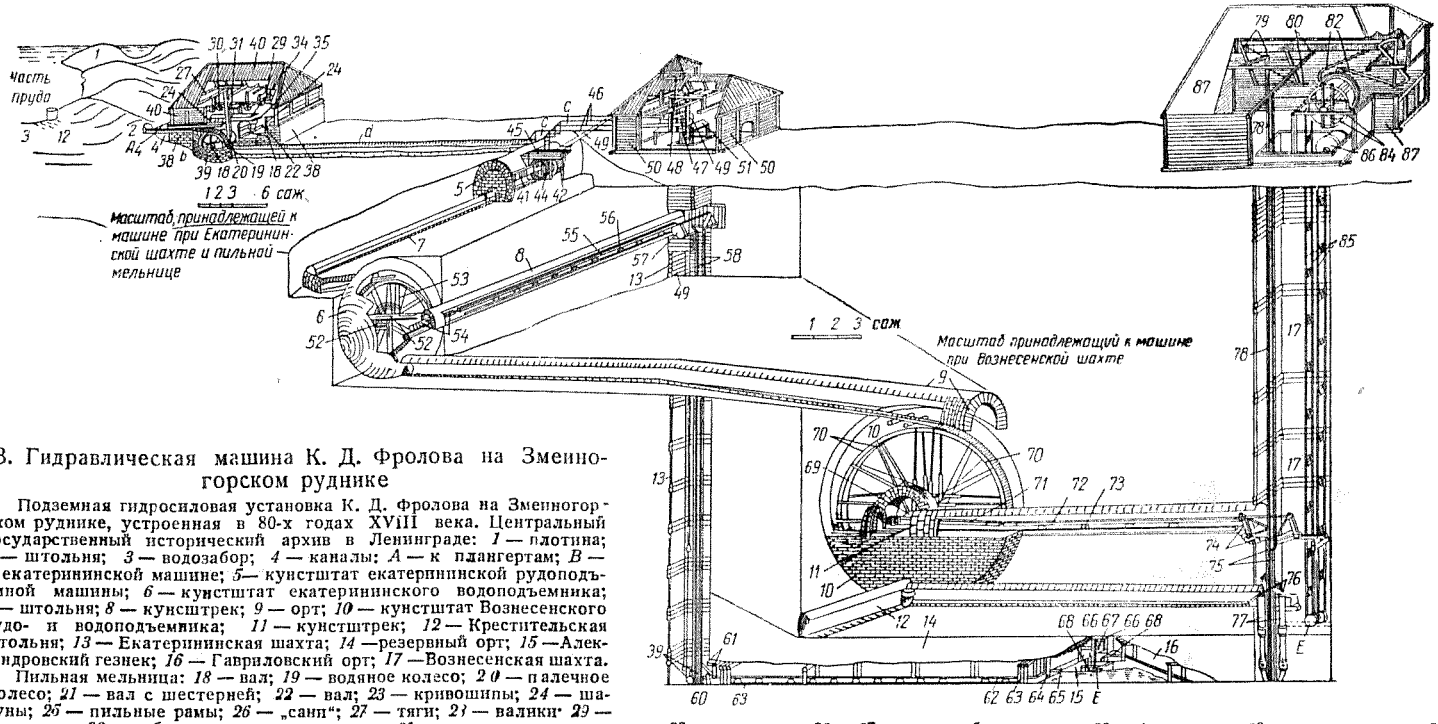
Производительность насосов редко превышала 2500 $м^3$ в сутки, часто уменьшаясь до 800 $м^3$. Из-за значительного колебания уровня воды в Сене иногда подача воды и совсем прекращалась. Для обеспечения постоян-



91. Схема водонасосной установки в Марли на р. Сене



92. Акведук Ментенон



93. Гидравлическая машина К. Д. Фролова на Змеиногорском руднике

Подземная гидросиловая установка К. Д. Фролова на Змеиногорском руднике, устроенная в 80-х годах XVIII века. Центральный государственный исторический архив в Ленинграде: *1* — плотина; *2* — штольня; *3* — водозабор; *4* — каналы: *A* — к плангертам; *B* — к екатерининской машине; *5* — кунстштат екатерининской рудоподъемной машины; *6* — кунстштат екатерининского водоподъемника; *7* — штольня; *8* — кунсштрек; *9* — орт; *10* — кунстштат Вознесенского рудо- и водоподъемника; *11* — кунстштрек; *12* — Крестительская штольня; *13* — Екатерининская шахта; *14* — резервный орт; *15* — Александровский гезенк; *16* — Гавриловский орт; *17* — Вознесенская шахта.

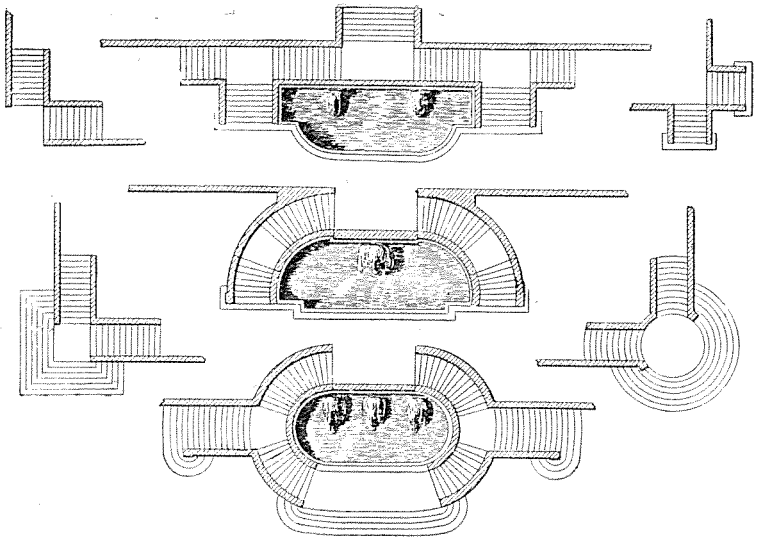
Пильная мельница: *18* — вал; *19* — водяное колесо; *20* — палечное колесо; *21* — вал с шестерней; *22* — вал; *23* — кривошипы; *24* — шатуны; *25* — пильные рамы; *26* — „сани"; *27* — тяги; *28* — валики *29* — храповики; *30* — зубчатые железные колеса; *31* — валы упомянутых колес; *32* — шестерни; *33* — *37* — детали бревнотаски; *38* — фундамент; *39* — кожух каменный; *40* — здание деревянное.

Рудоподъемник Екатерининской шахты; *41* — вал; *42* — водяное сдвоенное колесо; *43* — тормозное колесо; *44* — тормозные колодки; *45* — жолоб; *46* — штанги; *47* — горизонтальные валки; *48* — шкивы; *49* — канат рудоподъемника; *50* — здание; *51* — рундук.

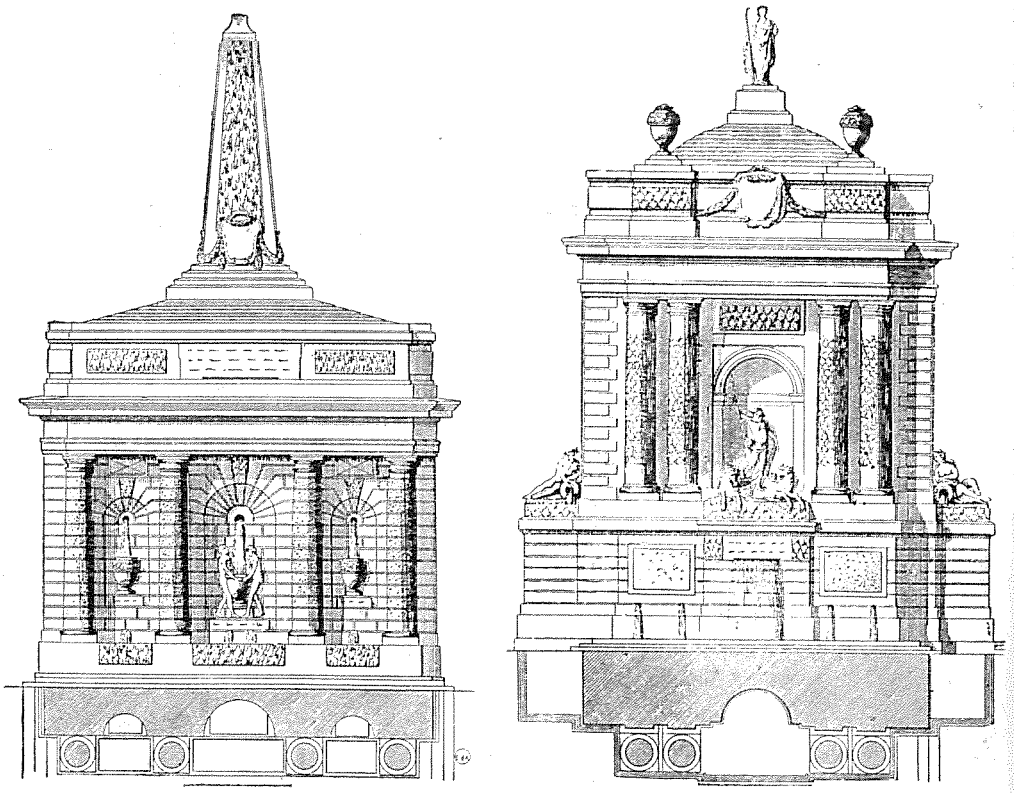
Водоподъемник Екатерининской шахты: *52* — вал с кривошипом; *53* — водяное колесо; *54* — шатун; *55* — тяга; *56* — ролики; *57* — полубалансиры; *58* — висячие штанги; *59* — тяги; *60* — насосы; *61* — полубалансир; *62* — тяга; *63* — ролики; *64* — ворот; *65* — тяги; *66* — два полубалансира; *67* — тяги; *68* — насосы.

Водоподъемник и рудоподъемник Вознесенской шахты: *69* — вал с кривошипом; *70* — водяное колесо; *71* — шатун; *72* — тяга; *73* — ролики; *74* — полубалансиры; *75* — висячие штанги; *76* — тяги; *77* — насосы; *78* — штанги; *79* — балансиры; *80* — тяги; *81* — балансир; *82* — храповики; *83*, *84* — вал и барабан с зубчатым колесом; *85* — железные цепи (бесконечные с барабана *84* на барабан *E*); *86* — направляющий барабан; *87* — сарай надшахтный, тесовый

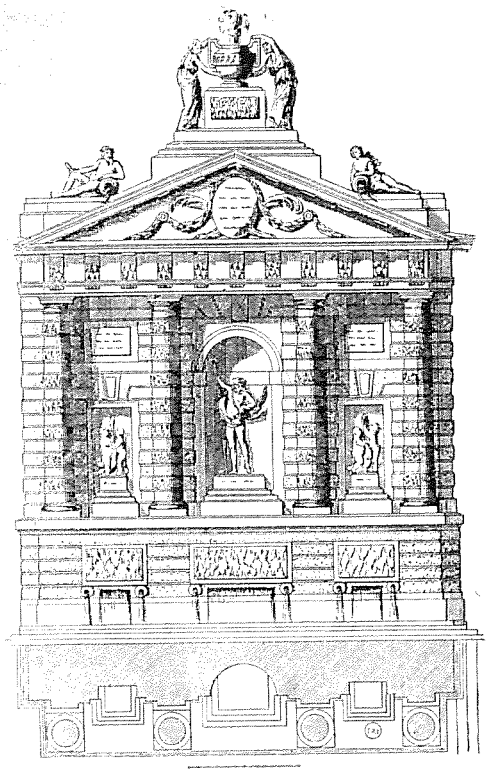
94. Примеры планировки садов с фонтанами и каскадами

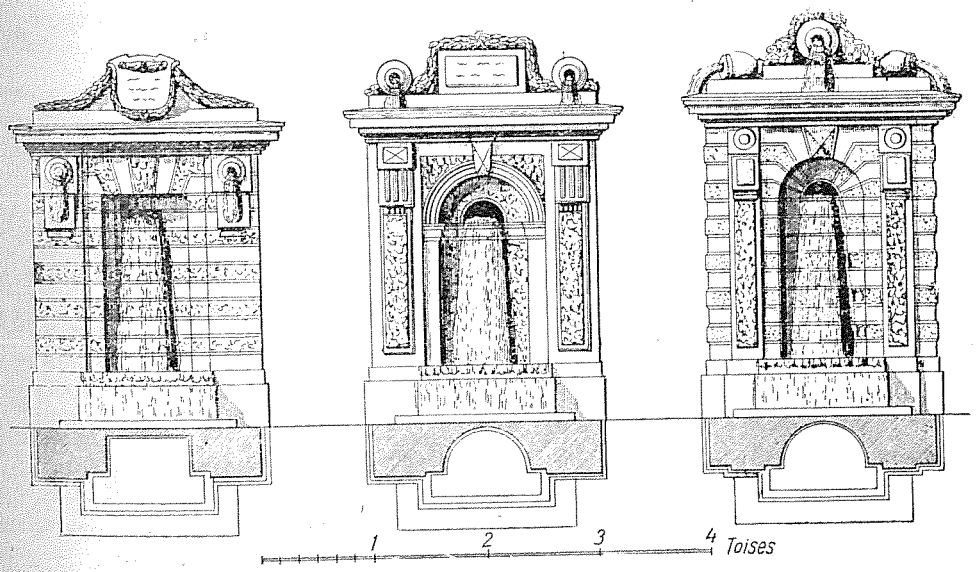


94а. Примеры планировки сходов с фонтанами

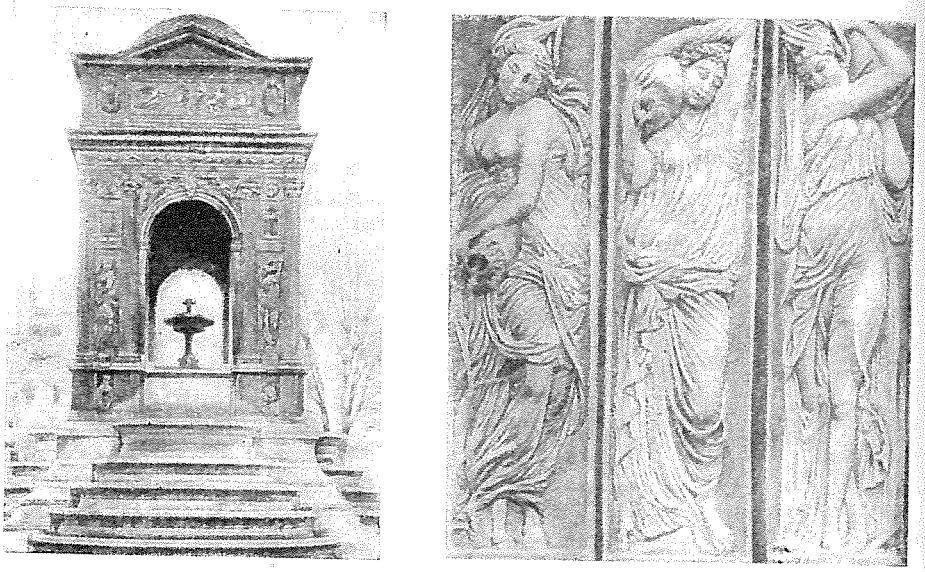


95. Монументальные фонтаны





95а. Монументальные фонтаны



96. „Фонтан Невинных" в Париже работы Жана Гужона с фрагментом барельефов

ного уровня воды в Сене у места установки водяных колес военным инженером Вобаном была построена плотина.

К концу XVIII века количество воды стало все уменьшаться, система водоподъемных колес пришла в ветхость, трубы подверглись значительным разрушениям от гидравлических ударов.

Вскоре после окончания постройки водоподъемной машины был разработан проект, выполнение которого в натуре позволило бы обеспечить постоянную работу фонтанов. Было решено приступить к строительству акведука Ментенон. Но государственная казна была истощена, и строительство осталось незавершенным. Фрагмент этого большого сооружения приведен на рис. 92.

В 1802 году выполнялись работы по ремонту и конструктивному улучшению трубопроводов; в 1817 году гидравлическая машина Сюалема была разобрана, а в 1821 году построена паровая машина, просуществовавшая до 1837 года.

В 1854 году было решено вернуться к использованию энергии воды, и вследствие этого приступили к постройке новой водоподъемной машины, состоящей из 6 колес по 12 *м* в диаметре и приводившей в действие три насоса.

Перед началом строительства фонтанов в Версале теория гидравлики находилась в младенческом состоянии. Гидросиловая установка Сюалема считалась авторами работ по истории техники изумительным для своего времени сооружением. Советские ученые, изучая историю отечественной науки и техники, установили еще более интересное сооружение, существовавшее на заре развития теории гидравлики. Выдающийся русский изобретатель XVIII века К. Д. Фролов построил в далеких сибирских рудниках, в недрах Змеиной горы на Алтае, циклопические водяные колеса, которые были самым большим гидравлическим двигателем в мире. Это грандиозное инженерное сооружение, предназначенное для откачки воды и подъема руды, было более совершенным по конструкции и более мощ-

ным, чем рассмотренная нами гидросиловая установка в Марли для водоснабжения фонтанов Версальского парка.

Гидросиловая установка К. Д. Фролова, устроенная под землей, имела водяные колеса верхнего боя диаметром до 17 *м*, установленные в громадных подземных камерах высотой до 21 *м*. Гидравлическая система Фролова передавала энергию на значительные по тому времени расстояния.

Представление об этом интереснейшем сооружении, в котором каждый кубический метр воды действовал последовательно на целую систему механизмов, дает рис. 93.

Фонтаны во Франции являлись неотъемлемой принадлежностью замков, дворцов и парков при них.

Многие французские архитекторы того времени, работая над планировкой садов и дворцовых парков, основной композиционной осью считали фонтан (рис. 94).

В проектах конца XVII и начала XVIII века фонтан превращается в монументальное сооружение, в котором вода играет лишь подчиненную роль. Примеры таких фонтанов показаны на рис. 95 и 95а.

До начала XIX века городские фонтаны Франции наряду с их декоративным значением выполняли также утилитарные функции — служили водоемами, из которых население брало воду.

На рис. 96 показан «фонтан Невинных» в Париже, выполненный в конце XVI века Жаном Гужоном в классическом стиле, с барельефами хорошей прорисовки. Сооружение представляет собой ротонду с фонтанной чашей в центре и четырьмя каскадами в виде пяти полукруглых ниш, устроенных по сторонам фонтана.

КОНСТРУКЦИЯ И РАСЧЕТ ФОНТАНОВ

СХЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Вода, подаваемая к фонтанам, должна быть чистой, без вредных химических примесей и заметной для глаза окраски.

Снабжение фонтанов водой может осуществляться по одной из основных схем, приведенных на рис. 97.

Для небольших фонтанов с одиночными струями и расходом воды в 2—5 *л/сек* вода может подаваться непосредственно от городского водопровода со спуском использованной воды в водосточную сеть (схема 1). В тех районах, где стоимость воды невелика, а стоимость электроэнергии значительна, применение схемы 1 возможно и для фонтанов с большим расходом воды.

К фонтанам можно подавать и воду от охлаждающих установок, если она хорошего качества, или артезианскую воду после использования ее в системах кондиционирования воздуха. Для увеличения высоты струй может применяться насосная подкачка (схема 2). Использованная вода сбрасывается в водосток. В больших фонтанах применяется рециркуляция воды при постоянном пополнении бассейна от городского водопровода (схема 3). Бассейн фонтана можно использовать как резервуар, из которого вода забирается насосами. Насосная устраивается под фонтаном или лучше в одном из ближайших зданий.

Если фонтаны расположены на террасах в разных горизонтах, вода забирается циркуляционным насосом из нижнего бассейна.

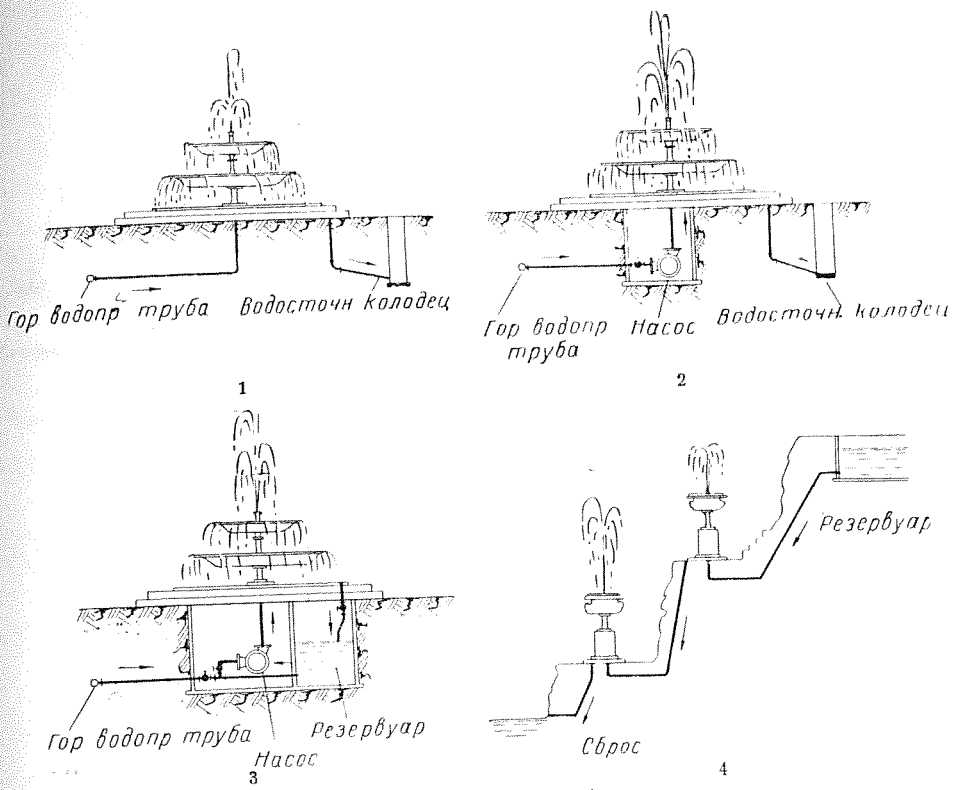
Схема с рециркуляцией воды применима при дешевой электроэнергии и большой производительности фонтана.

Такая схема экономична, если соблюдается следующее неравенство:

$$N_{ф} P_{эл} < Q_{ф} P_{в},$$

где: $N_{ф}$ — мощность, потребляемая фонтаном в *квт/часах*;
$P_{эл}$ — стоимость 1 *квт часа* электроэнергии;
$Q_{ф}$ — расход воды фонтаном в $м^3$/*час*;
$P_{в}$ — стоимость 1 $м^3$ воды.

Применение рециркуляционного устройства значительно сокращает расход воды за счет ее многократного повторного использования.



97. Схема водоснабжения фонтанов

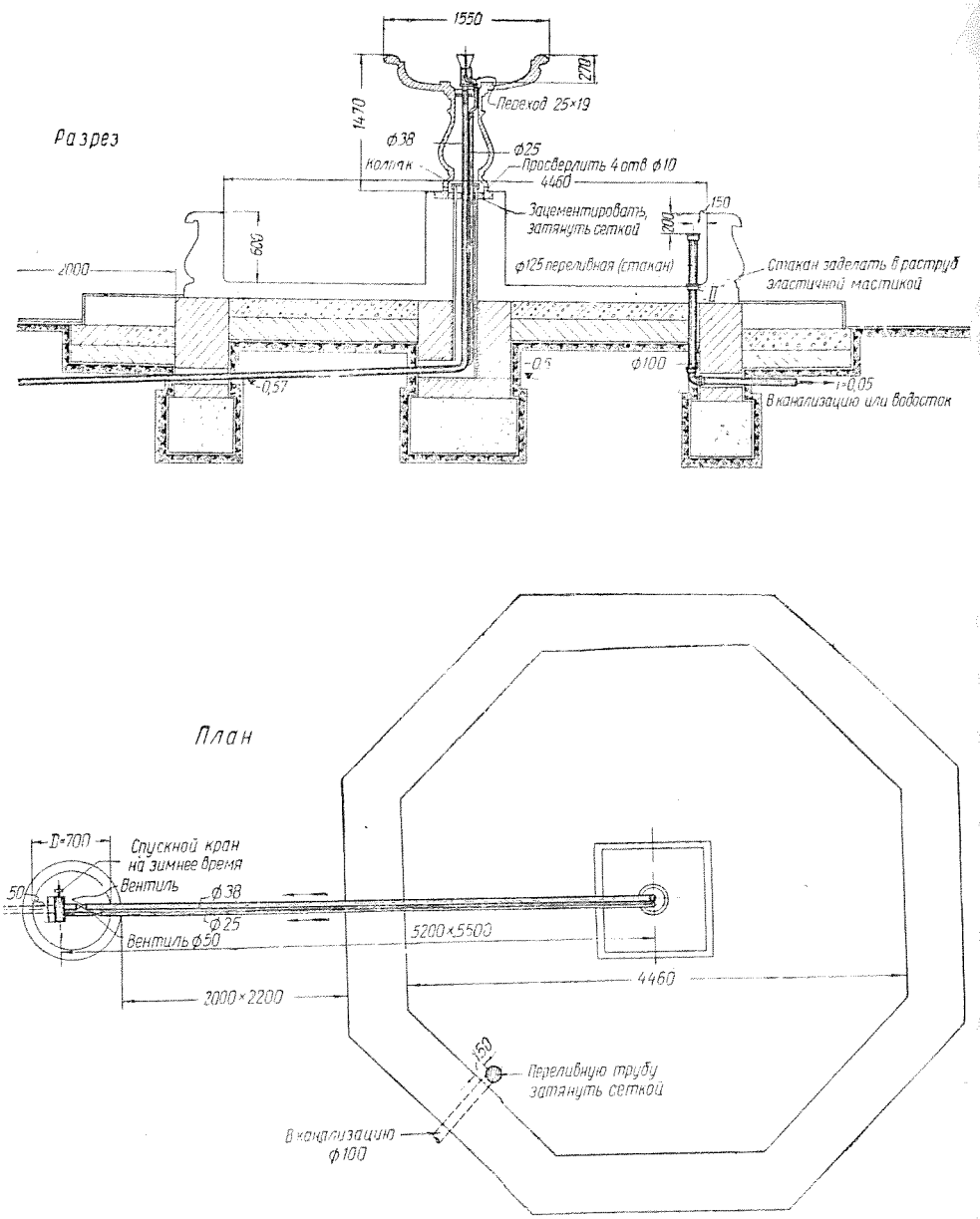
Экономическая пригодность того или иного варианта должна быть уточнена путем сравнения их стоимости.

Для фонтанов, расположенных значительно выше горизонта воды, может применяться двухступенчатая подача: сначала от места забора в регулирующий резервуар, расположенный на одной из верхних террас, а затем из него насосом второго подъема — к фонтанам.

Ввиду небольшой производительности насоса первого подъема, работающего на первоначальное наполнение и периодическое пополнение бассейна фонтана в течение суток, эта схема в большинстве случаев будет наиболее экономичной. При проектировании применение ее должно быть оправдано технико-экономическим расчетом.

В парках со значительным падением горизонталей следует использовать родники и речки, расположенные выше парка, для накапливания воды в водохранилищах или в резервуарах, устраиваемых на высоте, обеспечивающей нормальное питание водой фонтанной системы (рис. 97, схема 4).

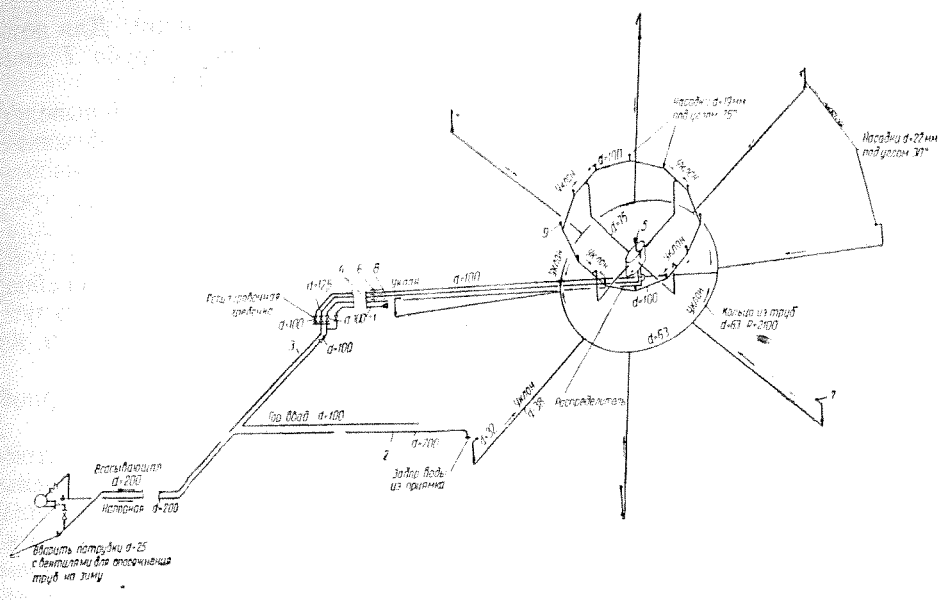
Пример питания фонтана от городского водопровода без повторного использования воды представлен на рис. 98, где дан проект небольшого фонтана для сквера. Вода от поливочного водопровода подается по трубе к насадке фонтана; перед фонтаном в небольшом колодце установлена задвижка для выключения фонтана и регулирования высоты струи. Использованная вода сбрасывается в проложенный поблизости городской водосток.

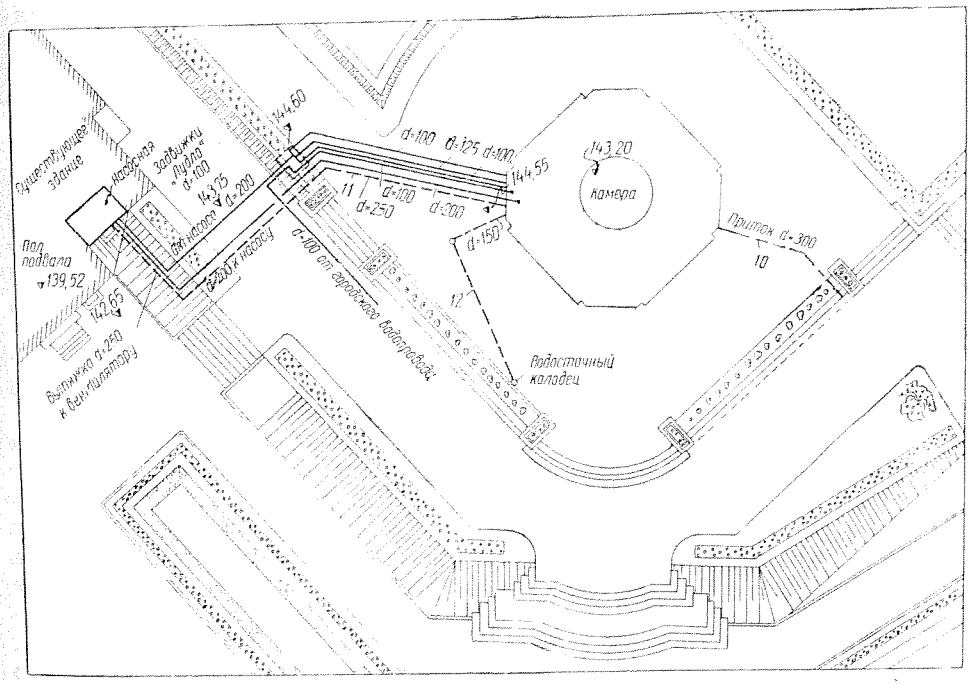


98. Водоснабжение небольшого фонтана

На рис. 99 представлена схема водоснабжения с рециркуляцией, примененная в фонтане на Арбатской площади в Москве.

Фонтан имеет три группы насадок, к которым вода подается насосом, установленным в подвале рядом расположенного здания. Из помещения насосной фонтана не видно; поэтому для регулировки высоты струи в сквере вблизи фонтана устроена специальная кирпичная камера, в которой находятся распределительная гребенка с регулирующими вентилями и ввод воды от городского водопровода. Конструкция ввода обеспечивает





99. Водоснабжение фонтана на Арбатской площади в Москве

подачу воды к насадкам и помимо насоса (в случае его порчи). Для поддержания постоянного уровня воды к бассейну подведена труба *1* диаметром 25 *мм*, приток воды по которой регулируется вентилем.

По всасывающей трубе *2* диаметром 200 *мм*, конец которой выведен в углубленную камеру бассейна и закрыт медной сеткой во избежание засорения трубопровода, вода самотеком поступает к работающему насосу и нагнетается к распределительной гребенке *3*. От гребенки по трем трубопроводам вода подается к трем группам насадок: трубой *4* диаметром 100 *мм* — к центральной насадке *5* с вертикально бьющей струей, по трубе *6* такого же диаметра — к кольцу, проложенному по дну бассейна, с ответвлениями к восьми насадкам *7*, выбрасывающим наклонные струи, и по трубе *8* диаметром 125 *мм* — к верхнему кольцу с 12 насадками, из которых бьют струи под углом 75° к горизонтали.

Для равномерной подачи воды к верхнему кольцу устроен сварной распределитель с четырьмя отростками диаметром 75 *мм*.

В центральной камере под этим фонтаном, перекрытой сверху стеклянным колпаком, для освещения водяных струй ночью установлены мощные рефлекторы, выделяющие при работе большое количество тепла Для удаления тепловых избытков устроена вентиляция камеры. Приток воздуха в камеру производится трубой *10* диаметром 300 *мм* с забором воздуха в подпорной стенке. Вытяжка осуществляется вентилятором, установленным в подвале здания, вблизи от насоса, по трубе *11* диаметром 250 *мм*.

Перелив воды и опорожнение бассейна производятся в водосток *12*. Для удаления конденсирующейся влаги в камере установлен трап, присоединенный также к водостоку.

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

На рис. 100 показано устройство фонтана с более простой композицией водяных струй.

В этой схеме более рационально выполнено устройство для поддержания постоянного уровня воды в бассейне. В каменном борту фонтана устроена небольшая камера, к которой подведена вода от городского водопровода. Здесь же расположен шаровой кран, подающий воды ровно столько, сколько необходимо для поддержания постоянного уровня в бассейне. При установке шарового крана не требуется регулировки, и это устройство работает автоматически.

В оборотных системах для фонтанов с простой композицией водяных струй и примерно одинаковой высотой следует устанавливать один насос, а регулировку отдельных струй производить вентилями.

В фонтанах со сложной композицией, с большим расходом воды и с разной высотой струй желательно для каждой группы насадок устанавливать свой насос. Это несколько удорожает стоимость сооружения, но значительно удешевляет его эксплоатацию. Для каждой группы насадок, как правило, устанавливается один рабочий агрегат. Лишь в особых случаях, когда нежелательны длительные перерывы в работе фонтана или когда прекращение работы одного фонтана создает асимметричность силуэта, следует устанавливать второй, запасный агрегат.

Насос должен быть всегда под заливом, поэтому располагать его следует ниже уровня воды в бассейне, из которого он забирает воду.

лучае его порчи). Для под-
у подведена труба *1* диа-
ируется вентилем.
им, конец которой выведен
дной сеткой во избежание
лает к работающему насосу
3. От гребенки по трем
насадок: трубой *4* диа-
отикально бьющей струей,
женному по дну бассейна,
зающим наклонные струи,
кольцу с 12 насадками, из
али.

кольцу устроен сварной
ом 75 *мм*.

перекрытой сверху стек-
струй ночью установлены
большое количество тепла
тиляция камеры. Приток
етром 300 *мм* с забором
ествляется вентилятором,
оса, по трубе *11* диамет-

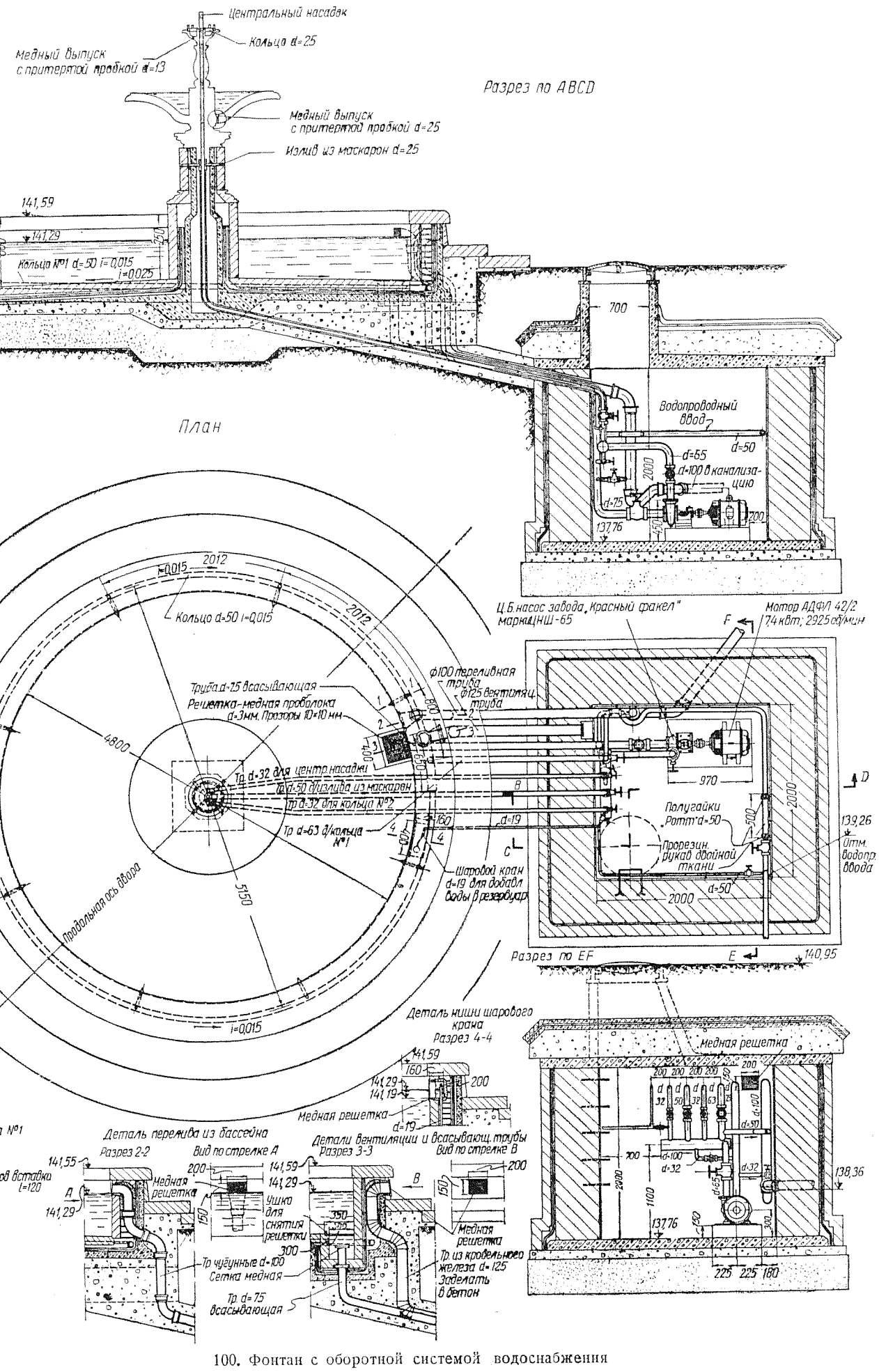
изводятся в водосток *12*.
установлен трап, присое-

льшим количеством тру-
оды рекомендуется про-
, в постаменте фонтана,
шь второстепенные, под-
муровывать в конструк-

более простой компози-

устройство для поддер-
аменном борту фонтана
ена вода от городского
, подающий воды ровно
я постоянного уровня
требуется регулировки,

стой композицией водя-
ует устанавливать один
ь вентилями.
ольшим расходом воды
ждой группы насадок
ет стоимость сооруже-
ю. Для каждой группы
абочий агрегат. Лишь
ые перерывы в работе
фонтана создает асим-
ой, запасный агрегат.
этому располагать его
ого он забирает воду.



100. Фонтан с оборотной системой водоснабжения

П. А. Спыщнов

Мощность мотора к насосу в *квт* определяется по формуле:

$$N = \frac{q \times H \times \eta}{102 \times \eta_1},$$

где: q — производительность насоса в *л/сек;*
H — высота подъема воды насосом в *м;*
η — коэфициент против перегрузки насоса; в фонтанных системах с равномерной нагрузкой его можно принимать равным 1,10;
η_1 — коэфициент полезного действия насоса, определяемый по каталогам завода-изготовителя; ориентировочно можно принимать

$$\eta_1 = 0{,}6 : 0{,}8.$$

НЕКОТОРЫЕ ПРИМЕРЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ФОНТАННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

За последние десятилетия буржуазные архитекторы не смогли создать сколько-нибудь ценных по своему идейно-художественному содержанию сооружений в области малых архитектурных форм.

Фонтаны, построенные за последние годы, представляют собой либо безвкусные громоздкие мемориальные сооружения (особенно в США), в которых советского зрителя может поразить только громадное количество напрасно затраченного труда, либо каскады международных выставок, имеющие ярко выраженный рекламный характер.

Голый техницизм и эклектизм, характерные для творчества буржуазных архитекторов, нашли свое выражение и в области малых архитектурных форм.

Фонтаны за рубежом стали не произведением искусства архитектуры, а сложными инженерными сооружениями, имеющими целью поразить зрителя массой устремляющихся вверх воды и света. Архитектурная выразительность заменяется эффектом масс выбрасываемой воды, динамичностью контуров и ярким свечением силуэтов ночью. Днем, как правило, эти сооружения исключительно невыразительны.

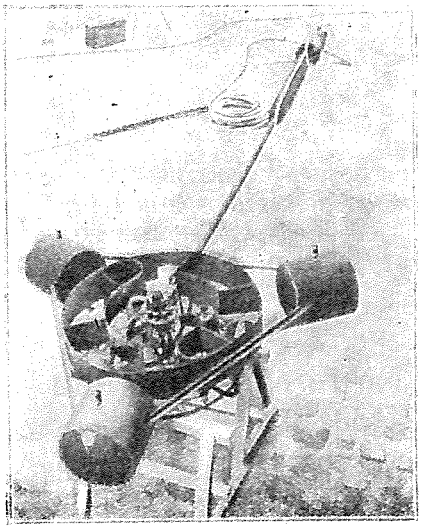
Поэтому для советских архитекторов некоторый интерес могут представлять лишь отдельные элементы инженерного оборудования и конструктивные детали подобных фонтанов.

В ночное время значительный зрительный эффект достигается фонтанами, плавающими на водной поверхности реки или озера. При этом можно удачно использовать контрасты света и тени, ярко освещенных струй и почти черной поверхности воды в реке или озере. Стоимость эксплоатации таких фонтанов в основном складывается из затрат на электроэнергию, так как река или озеро являются резервуарами для забора воды в любом практически неограниченном количестве.

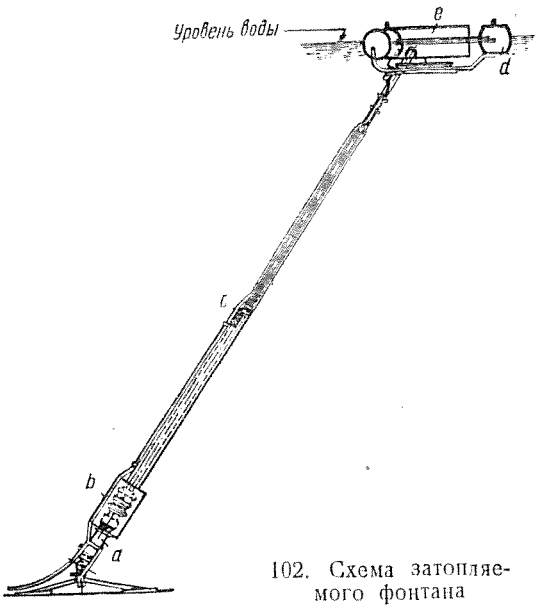
Такие фонтаны в дневное время можно опускать на дно реки или же устраивать их на специальных понтонах.

Внешний вид светящегося затопленного фонтана приведен на рис. 101.

Фонтан состоит из треугольной рамы с вписанным в нее круглым каркасом *е*, на котором смонтированы насадки, трубопроводы и прожекторы. К концам треугольной рамы приварены три поплавка *d*. Вся эта конструкция со стволом длиною 8 *м* прикреплена к штативу, установленному на дне реки; шарнирные соединения в верхней и нижней части ствола позволяют фонтану всплывать или погружаться в воду (рис. 102).



101. Внешний вид затопляемого фонтана



102. Схема затопляемого фонтана

В нижней части ствола находится электронасосный агрегат *a* и *b*, который всасывает воду клапаном *c*, расположенным на таком расстоянии от дна реки, при котором устраняется возможность засасывания насосами грязной воды.

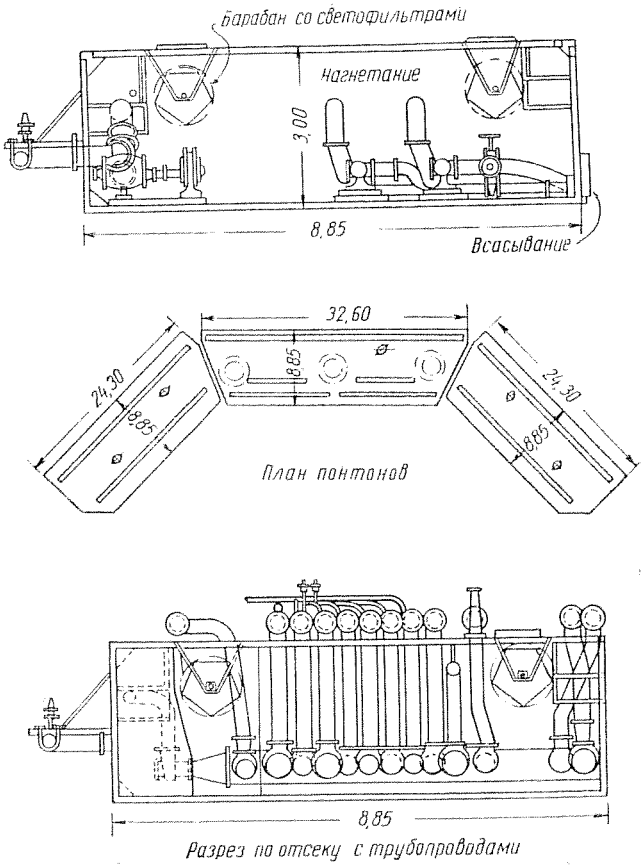
При включении электронасосов вода по нагнетательной трубе поступает к гидроэжекторам, помещенным в верхней части поплавков; струя эжектирует и захватывает с собой воду, находящуюся в поплавках; последние опорожняются, вследствие чего вес установки уменьшается, и она вся всплывает на поверхность. При прекращении работы насосов поплавки постепенно заполняются водой из реки, и фонтан опускается на дно.

Управление фонтаном производится с берега; оно допускает регулировку высоты струй и комбинацию различных цветов для освещения, что позволяет получать широкую цветовую гамму.

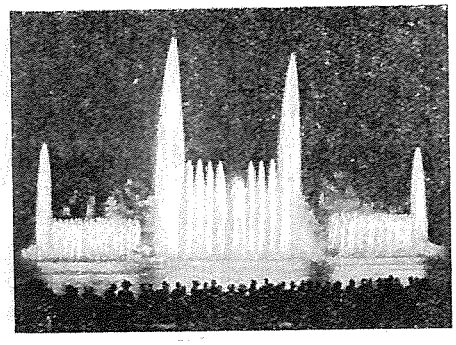
Плавающий фонтан с более сложным инженерным оборудованием состоит из трех стальных понтонов; на среднем понтоне находится сцена водяного театра. Боковые понтоны могут располагаться под углом к среднему или устанавливаются в одну линию, — тогда их общая длина составляет 81,2 *м*. Ширина понтонов 8,85 *м*, глубина 3 *м*. Изменение положения боковых понтонов достигается электрическими лебедками. Внутри понтонов расположены электромоторы с насосами, прожекторами и сложными коммуникациями труб и электрических кабелей.

Общая мощность всей установки составляет 4800 *квт*. Насосы забирают воду из реки и подают ее к 2200 фонтанным насадкам различной формы и размера. Всего установлено 10 насосов различной производительности и высоты подачи, общей мощностью около 1200 *квт*.

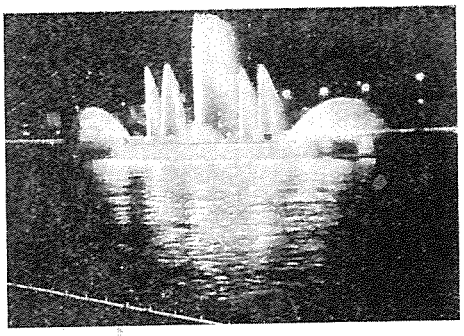
Высота центральных водяных струй достигает 60 *м*. Игра водяных струй и получение различных водных эффектов достигаются посредством 82 электрических задвижек, которые позволяют варьировать композицию струй и создавать постоянно меняющиеся контуры, окрашиваемые в различные цвета.



103. Расположение механического и осветительного оборудования внутри понтонов



103а. Фонтан при ночном освещении



104. Композиция струй на плавающем понтоне при ночном освещении

Прожекторы имеют 10 различных светофильтров; динамическое освещение театра осуществляется автоматически. Всего установлено три группы прожекторов. Первая группа в 310 прожекторов, мощностью 2000—3000 *ватт* каждый, помещена в понтоне и служит для освещения водяных струй снизу. Вторая группа, состоящая из 80 прожекторов по 1500 и 3000 *ватт*, расположена снаружи по всей длине выступающего мостика понтона; она подсвечивает верхнюю часть водяных струй. Третья группа в количестве 400 погруженных прожекторов по 500 *ватт* служит для иллюминации рампы и для маскировки выступающей части понтона.

При работе этих мощных осветительных устройств выделяется большое количество тепла. Тепловыделение прожекторами боковых понтонов составляет 245000 и центральным 445000 *ккал/час*. Для удаления этой излишней теплоты запроектирована вентиляционная система, обеспечивающая подачу 2400 $м^3$ воздуха в минуту по четырем трубопроводам диаметром 800 *мм*.

На рис. 103 и 103а представлен общий вид этого сооружения ночью и схема его устройства.

Такого же типа сооружение было осуществлено на одной из международных выставок в 1939 году.

Перед главным входом на выставку на реке, на стальном понтоне, был установлен фонтан, центральная струя которого достигала высоты 110 *м*; четыре боковые струи имели высоту до 40 *м*. По концам понтона били наклонные струи. Для маскировки надводной части понтона по всему периметру были расположены насадки, распыляющие воду и скрывающие корпус понтона от глаз зрителя (рис. 104). При сильном ветре высоту центральной струи уменьшали, оставляя в действии только один насос.

Для уменьшения количества подаваемой воды и увеличения зрительного эффекта центральная струя была внутри полой; вода выбрасывалась через цилиндрическую кольцевую насадку с наружным диаметром кольца в 90 и внутренним 68 *мм*. Конструкция насадки обеспечивала подсос воздуха и получение белой распыленной струи, бьющей на большую высоту.

Представление об электрическом и механическом оборудовании понтона дает рис. 105.

Для центральной струи был установлен насос производительностью 800 $м^3/час$, с давлением 220 *м*, мощностью 800 *квт*, всасывающий воду непосредственно из реки. Для получения струи в 110 *м* включался второй насос, с высотой подъема воды 50 *м*; оба насоса тогда работали последовательно.

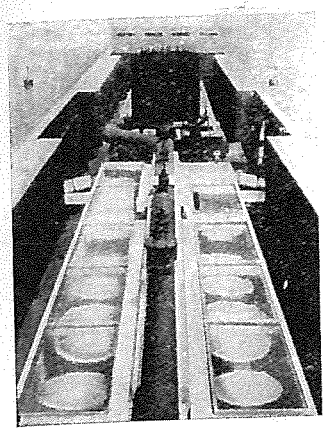
Для вертикальных и наклонных струй вода подавалась насосом производительностью до 1750 $м^3/час$, с высотой подъема воды до 50 *м*, при мощности мотора в 242 *квт*.

Вода наконечниками, расположенными по периметру, подавалась насосом с производительностью 1000 $м^3/час$, мощностью 650 *квт*, под напором 12 *м*.

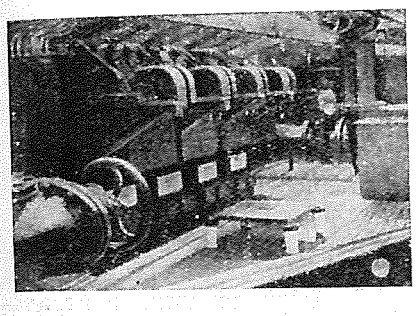
Моторы к насосам устанавливались трехфазные, переменного тока, напряжением в 6000 *вольт*.

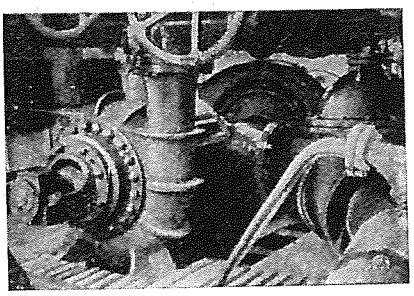
Освещение главных струй фонтана производилось 64 параболическими прожекторами по 3000 *ватт*, с рефлекторами диаметром 800 *мм* через прямоугольные отверстия в палубе понтона, застекленные специальными панелями.

Для окрашивания струй и предохранения ламп от конденсирующейся на поверхности панели влаги, между панелями и прожектором был установлен цветной экран.

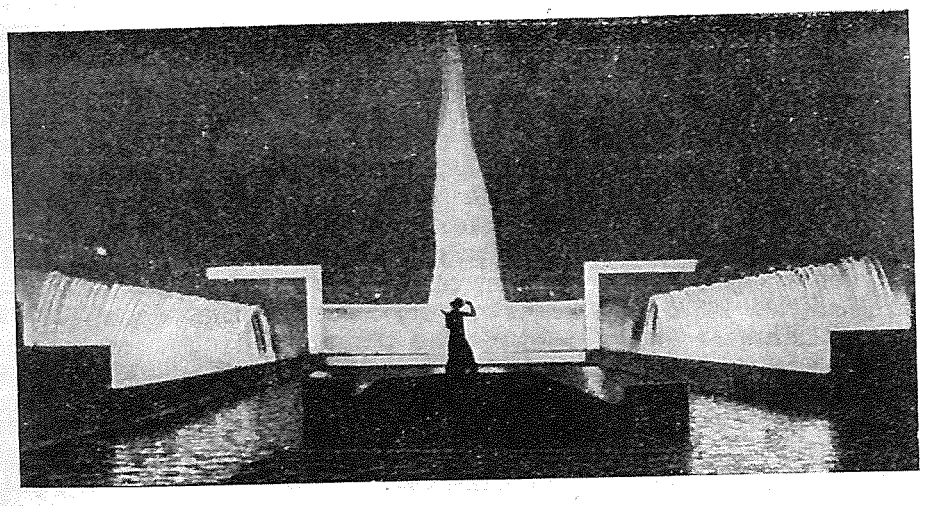




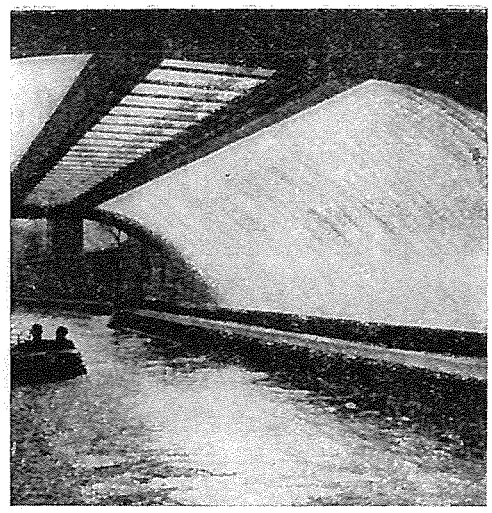




105. Механическое и электрическое оборудование понтона



106. Центральная композиция фонтанов на выставке



107. Водяной свод над каналом

Освещение периметральных струй производилось 200-ваттными лампами с рефлекторами, расположенными под корпусом понтона.

Центральная группа фонтанов на этой же выставке представлена на рис. 106. Канал выставки заканчивался амфитеатром, по сторонам которого били два ряда серебристых струй, обрамляющих центральную группу из одной вертикальной струи и 16 наклонных веерообразных струй. На фоне светящихся струй издалека резко выделялась скульптура, завершающая ансамбль центрального фонтана.

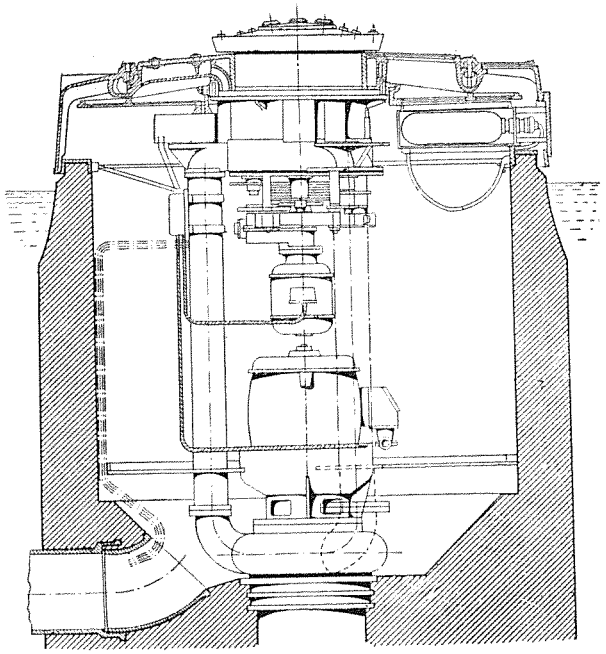
Освещение центральной группы производилось 10 погруженными в воду прожекторами по 1500 *ватт* с параболическими рефлекторами из посеребренного стекла. Боковые струи освещались 510 погруженными в воду лампочками по 500 *ватт*, установленными в специальных каучуковых патронах. Лампы прикреплялись группами к стержням, вертикальное положение которых можно было регулировать. Эти лампы при помощи специального зажима поворачивались во всех направлениях.

Установленные прожекторы сообщались с резервуаром, соединенным трубкой небольшого диаметра с атмосферой и предназначенным для собирания конденсирующейся воды и для отвода воды, проникнувшей в рефлектор через неплотности.

Подача воды в фонтан была основана на принципе ее циркуляции,то-есть повторного использования, для чего в подземной камере рядом с фонтаном имелась насосная установка, состоявшая из трех насосов производительностью 1880, 1340, 360 $м^3/час$ и обеспечивавших высоту струй в 11, 7 и 22 *м*.

Над каналом, подводящим к центральному фонтану, был устроен водяной свод (рис. 107).

В ключе свода располагалось 380 наконечников, смонтированных на раме, маскируемой в ночное время светом синих неоновых трубок. Из наконечников в боковые бассейны били винтообразные струи воды, создававшие при освещении иллюзию сверкающего сплошного водяного свода. Наконечники имели внутри специальный винт с большим шагом,



108. Комбинированная установка для водоснабжения фонтанов

чем достигалось получение винтообразно вращающейся струи, многократно отражающей электрический свет.

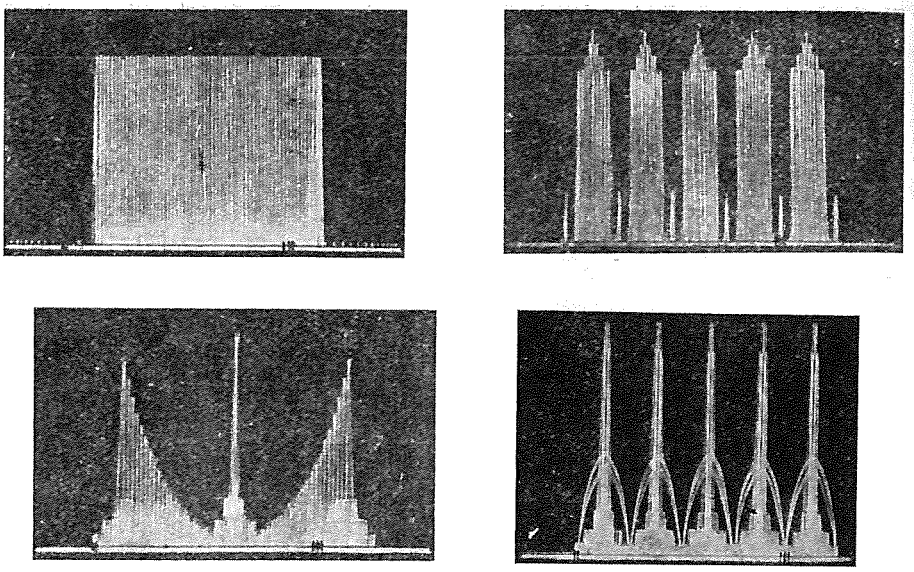
Для регулировки направления струи все наконечники снабжались шарнирными соединениями. В боковых бассейнах были установлены наконечники, распыляющие воду и направляющие поток навстречу струям, бьющим из свода.

На той же выставке были устроены три группы фонтанов с динамическими контурами водяных струй, меняющимися по 12 различным схемам через каждые 30 сек., и динамическим освещением с большой цветовой гаммой. Фонтаны были установлены в бассейне размером 45×16 *м*.

Каждая группа была оборудована насосом мощностью в 7,5 *квт*, установленным в специальной камере, осветительной аппаратурой и автоматическими устройствами для полной синхронизации световых и водяных эффектов фонтана. Эта весьма компактная установка (рис. 108) находилась в камере, имевшей надежную гидроизоляцию и помещенной ниже уровня воды в бассейне.

Фонтаны в ночное время освещались четырьмя различными цветами, чередование которых производилось благодаря вращению цветного экрана, разделенного на секторы различной расцветки и расположенного над параболическими 1000-ваттными прожекторами, защищенными от воды иллюминаторами. Механизм освещения был синхронизирован с гидротехнической частью.

Разница в освещении, вызванная прохождением света через окрашенные и неокрашенные экраны, создавала впечатление внезапного увели-



109. Варианты композиций водяных струй

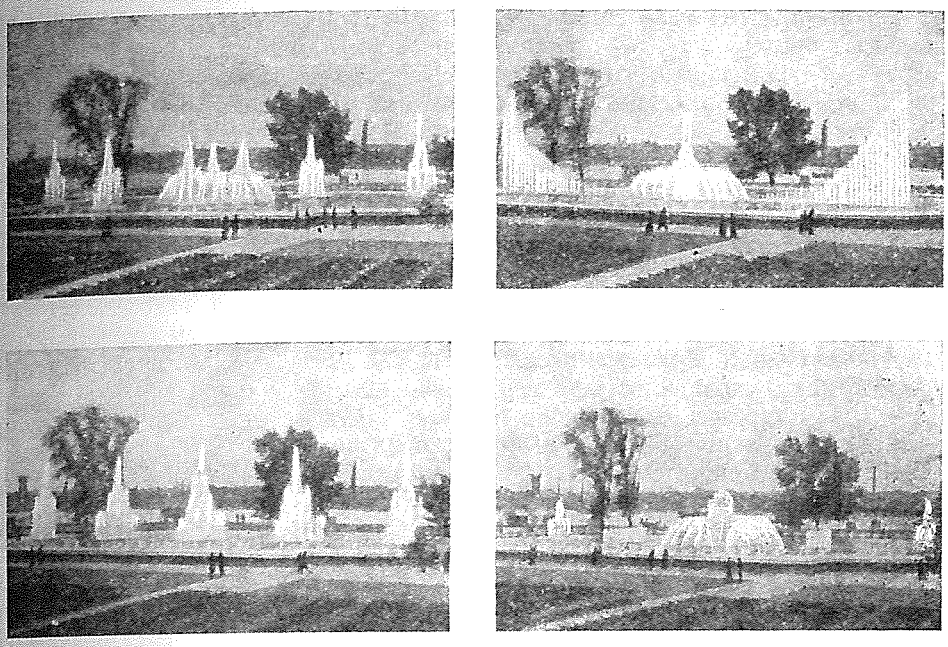
чения высоты и формы фонтанных струй, что объяснялось явлением оптического обмана, вызываемого быстрым изменением окраски струй.

Сад фонтанов, устроенный на выставке, состоял из фонтанов различных композиций с 300 фонтанными насадками, из которых одни давали простые вертикальные струи, другие распыляли воду в виде тумана, третьи образовывали водяные тюльпаны, пальмы, пульсирующие корзины из водяных струй. Все это в ночное время было окрашено золотистым, синим, оранжевым и зеленым цветами. Подсвечивание фонтанов производилось 300 лампами по 500 *ватт*. Значительная часть фонтанов могла перемещаться по территории сада. Фонтаны присоединялись к магистральным трубопроводам при помощи гибких труб с быстроразъемными соединениями.

Все механическое оборудование располагалось в подземной камере и состояло из трех насосов производительностью 82, 775 и 415 $м^3/час$, давлением в 80, 19 и 8 *м*. Каждый насос снабжал водой свою группу фонтанов. Эффектное зрелище при действии сада фонтанов получалось только в ночное время при искусственном освещении. Лишенные самого минимального декоративного оформления, днем эти фонтаны только портили внешний вид занимаемого ими участка выставки.

В 1937 году на одной из выставок был построен фонтан с автоматическим управлением струй, постоянно меняющихся и принимающих определенные проектом геометрические формы. Этот фонтан имел вид большого бассейна размерами 62×35 *м*, с бортами, возвышающимися на 0,9 *м* над поверхностью земли. Под уступом борта фонтана по всему периметру были проложены светящиеся трубки. Ярко освещенный борт фонтана и темная линия уступа в ночное время создавали впечатление, что струи воды бьют непосредственно из этого непрерывного светящегося пояса.

Вся площадь бассейна фонтана была разбита на десять отдельных групп фонтанных насадок, состоявших из нескольких кольцевых трубо-



110. Вид действующего фонтана

проводов, действовавших совместно или самостоятельно и обеспечивавших получение меняющихся пространственных изображений из струй, бивших или по всей длине бассейна, или по диагонали, или образовывавших водяные пирамиды и другие фигуры различных очертаний.

При работе фонтана возникали в разных комбинациях водяные силуэты, которые быстро поднимались вверх и, медленно затухая, спадали вниз, заменяясь другой композицией струй. Водяная стена, образуемая 88 насадками, на глазах зрителя превращалась в параболическую кривую с мощной центральной струей, потом вместо нее вырастало пять водяных столбов, постепенно менявшихся и образовывавших новый силуэт (рис. 109). Количество различных сочетаний струй достигало 30; некоторые из них приведены на рис. 110.

Фонтан имел 700 кольцевых насадок инжекторного типа с подсосом воздуха для получения белых и зрительно более мощных струй; диаметр насадок от 10 до 100 *мм*. Система водоснабжения фонтана оборотная; насосы забирали воду из отстойников бассейна и подавали ее к насадкам. Эти отстойники необходимы, так как в них задерживаются все случайные предметы, попавшие в бассейн фонтана; без таких отстойников инжекторные насадки быстро засорились бы и выбыли из строя. При общем объеме воды в бассейне в 1000 $м^3$ оборот ее происходил в течение 10 мин.

Всего было установлено четыре насоса. Три насоса по 300 *квт*, производительностью по 800 $м^3/час$, с высотой подачи воды в 100 *м*, подавали воду по 18 трубопроводам диаметром от 80 до 250 *мм* к 10 группам фонтанных насадок. Четвертый насос, мощностью в 41 *квт*, подавал воду к кольцевой трубе, проложенной по внутреннему периметру бортов фонтана, имевшей 220 насадок, из которых били струи небольшой высоты.

Фонтан имел мощное электроосветительное оборудование, потреблявшее около 250 *квт/час* электроэнергии. Управление фонтаном, игрой струй и светом осуществлялось от пульта управления на расстоянии, установленном в пределах видимости фонтана (рис. 111, слева).

Смена водяных силуэтов достигалась рукоятками, включающими или выключающими задвижки с электроприводами, обслуживающими отдельные группы фонтанных насадок (рис. 111, справа).

Основная фонтанная композиция освещалась двумя цветами — белым и красным; высокие центральные струи, кроме того, освещались желтым, зеленым и красным цветами.

Полная смена всего цветного цикла происходила автоматически в течение 45 мин.; свет постепенно слабел, медленно заменялся другим, достигал полной яркости и опять начинал затухать. Устройство предусматривало возможность моментальной перемены цвета.

Для освещения фонтана на глубине 50 *мм* от поверхности воды было установлено 496 затопленных светильников.

Примером мемориального фонтана может служить громоздкое сооружение, представленное на рис. 112. Фонтан оборудован насосами мощностью в 386 *квт*, общей производительностью в 1150 *л/сек*, 84 прожекторами и 580 лампами общей мощностью в 84 000 *ватт*.

Все машинное оборудование фонтана находится под землей и установлено в помещении размерами 10,7 × 7,6 *м*. Для наблюдения за фонтаном и для регулировки струй над насосной имеется выступающая над землей на 1,2 *м* будка с окном.

Фонтан выполнен из железобетона и облицован розовым мрамором; архитектурные детали отлиты из цемента. Нижний бассейн фонтана имеет диаметр в 91 *м*; в центре его возвышаются одна над другой три крупные чаши диаметром 31,3 *м*, 18,2 *м* и 7,8 *м*.

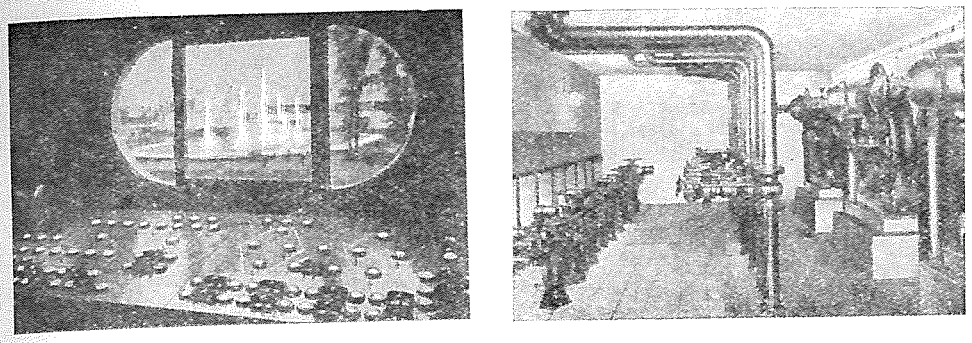
Верхняя чаша возвышается над зеркалом воды нижнего бассейна на 7,6 *м*; из нее бьет вертикальная струя высотой около 35 *м*, окруженная тремя кольцами с 8, 16 и 12 насадками, из которых бьют вертикальные струи меньшей высоты и мощности. Внутрь нижнего бассейна, а также вверх от него в первую чашу, из первой во вторую и из второй в третью из ряда насадок, установленных на кольцевых трубопроводах, выбрасывается множество струй, образующих несколько водяных куполов.

Вода из чаш каскадами сливается в нижний бассейн. Из маскаронов, установленных на верхних чашах, вода поступает также в нижний бассейн. Фонтан имеет 134 насадки разных диаметров, вода к которым поступает по пяти кольцевым трубопроводам диаметром от 100 до 200 *мм* и к центральной насадке по трубе диаметром 150 *мм*. Четыре бронзовых морских коня выбрасывают по траектории пенящиеся струи воды. Основные трубопроводы проложены в каналах под фонтаном и доступны для осмотра (рис. 113). Каждая струя регулируется задвижкой вручную; композиция водяных струй изменяется автоматически.

Система водоснабжения фонтана оборотная. Пополнение воды и первоначальное наполнение бассейна происходят из озера. Для освещения струй под водой установлены прожекторы с лампами по 500 *ватт*, а для подсвечивания каскадов применены лампы по 75 *ватт*.

Подводные прожекторы с алюминиевыми корпусами могут подниматься из воды для проверки их и замены лампочек. Лампы имеют пять светофильтров различной окраски — белой, янтарной, красной, зеленой и синей.

Фонтан в виде длинного бассейна размерами 220 × 21 *м*, имеющего три уровня воды, с прозрачными светящимися водосливами из стеклянных



111. Пульт управления струями и освещением; в окне виден бьющий фонтан (слева); задвижки с электроприводом (справа)

кирпичей, через которые вода сливается каскадами небольшой высоты, показан на рис. 114. В плане водосливы фонтана имеют форму треугольников.

Композиционным центром фонтана является пилон № 1 значительной высоты, украшенный орнаментом и имеющий треугольное сечение. У основания пилона две фонтанные чаши в форме раковин, из которых вода переливается в бассейн. Из верхней чаши через насадку диаметром 19 *мм* бьет наклонная струя воды на расстояние 23 *м* от пилона. Струя подсвечивается несколькими затопленными прожекторами по 1500 *ватт*, расположенными в верхней и нижней чашах. В бассейне, в том месте, где падает струя, установлено несколько прожекторов.

Угол наклона этих трех групп прожекторов выбран с таким расчетом, чтобы струя освещалась по всей длине ее траектории.

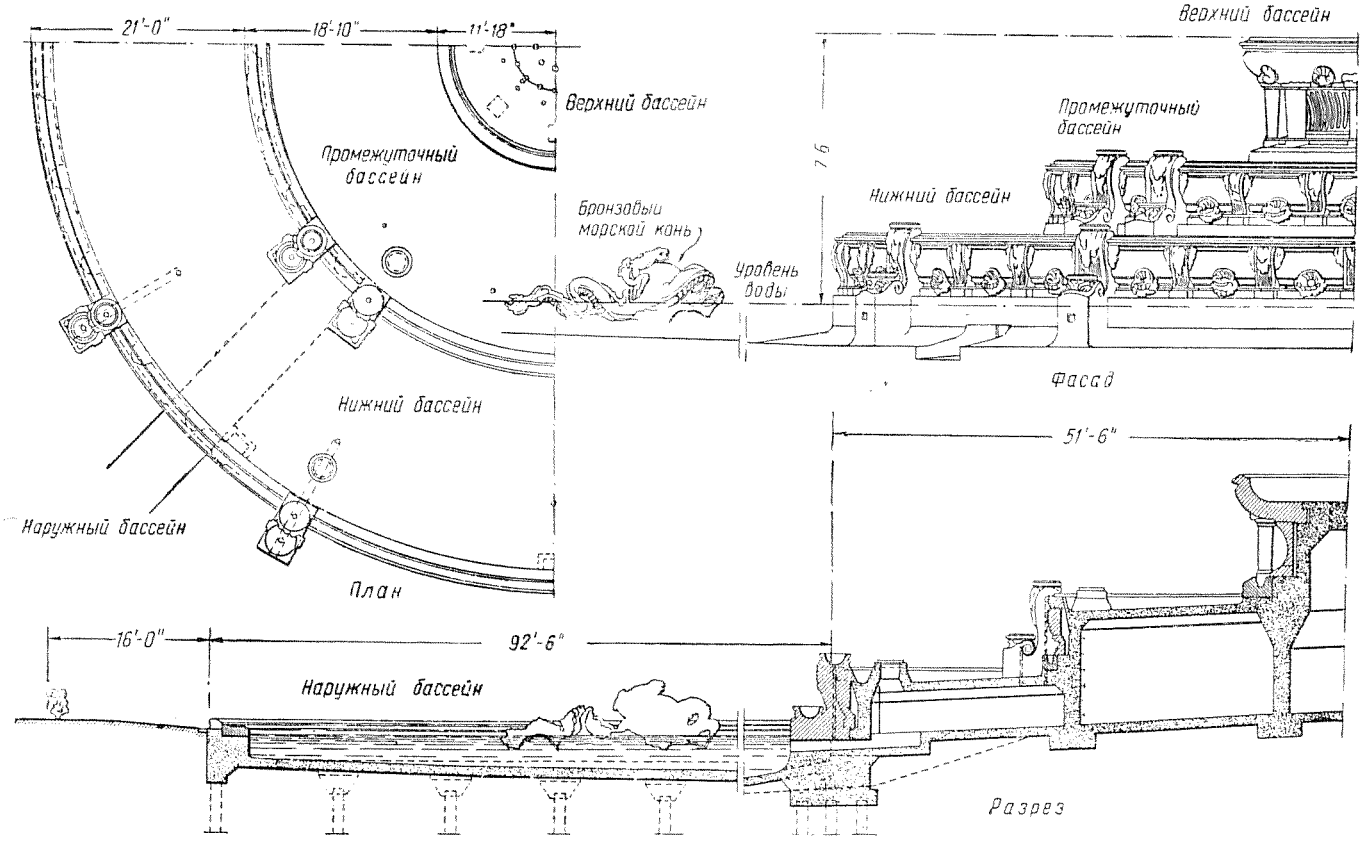
Два других орнаментальных пилона, высотой по 10,7 *м*, находятся по краям бассейна. Эти пилоны также имеют у основания две чаши, верхняя из которых находится на высоте 3,65 *м* от уровня воды в нижнем бьефе бассейна. Из чаш бьют по две наклонные струи из насадок диаметром 10 *мм*, достигающие середины бассейна. Подсвечивание струй достигается при помощи погруженных в воду ламп заливающего света, снабженных линзами янтарного цвета. Положение ламп в фонтанных чашах указано на рис. 115. Расход воды этим фонтаном невелик и составляет всего около 6 *л/сек*.

В заключение обзора следует отметить типовые конструкции фонтанов различной сложности и назначения; их доставляют на место установки со всем комплектом оборудования для сборки. Оборудование включает все трубопроводы, насадки, электронасосные агрегаты, прожекторы, клапаны и аппаратуру для автоматического управления насосами и освещением.

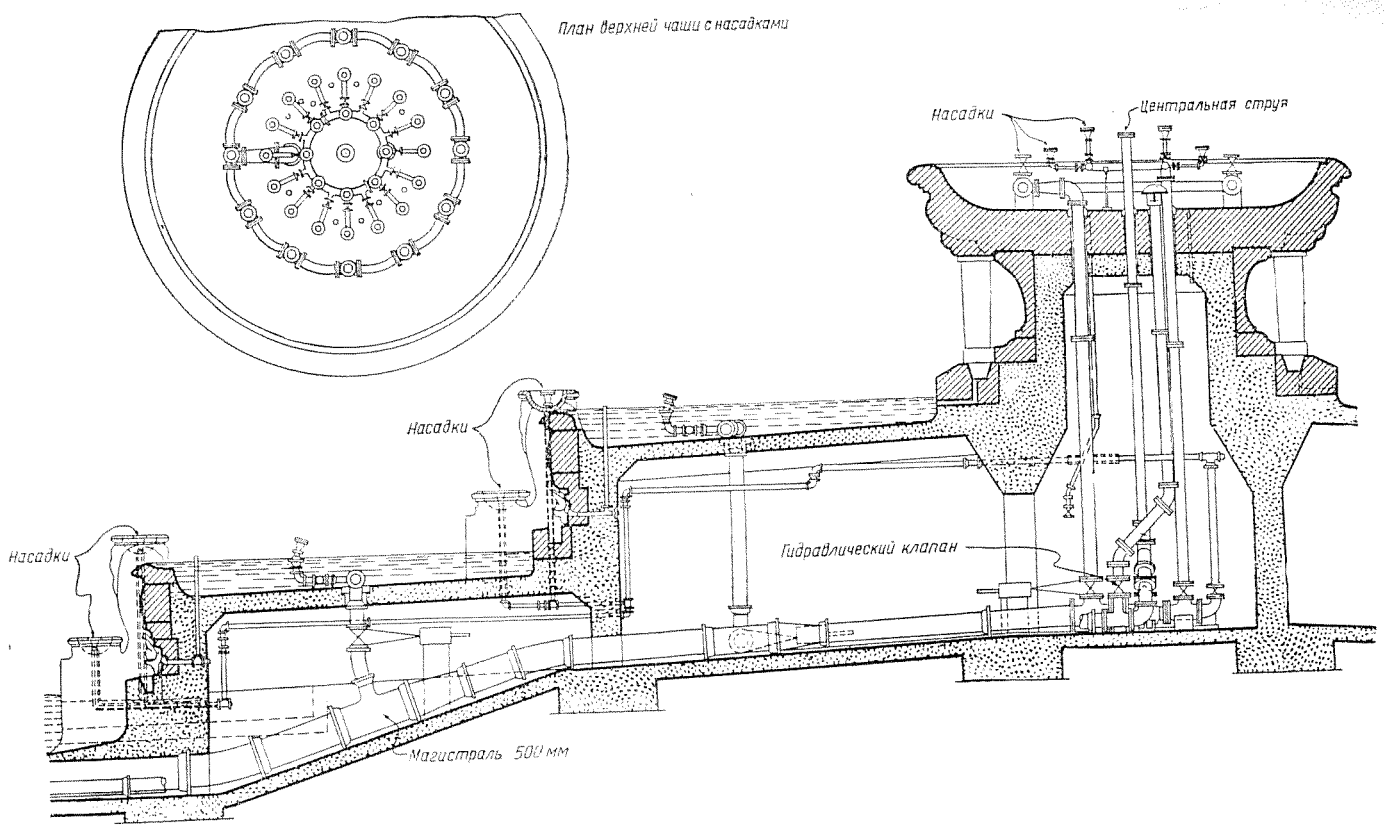
Эти типовые фонтаны — от наиболее простого с ограниченным числом струй до сложного с подсвечиванием и автоматическим управлением — изготавливаются для небольших садов и парков, а также центральных площадей городов.

Один из таких типовых фонтанов, представляющий чугунную круглую чашу, установленную на орнаментированном пьедестале в центре каменного или бетонного бассейна, представлен на рис. 116.

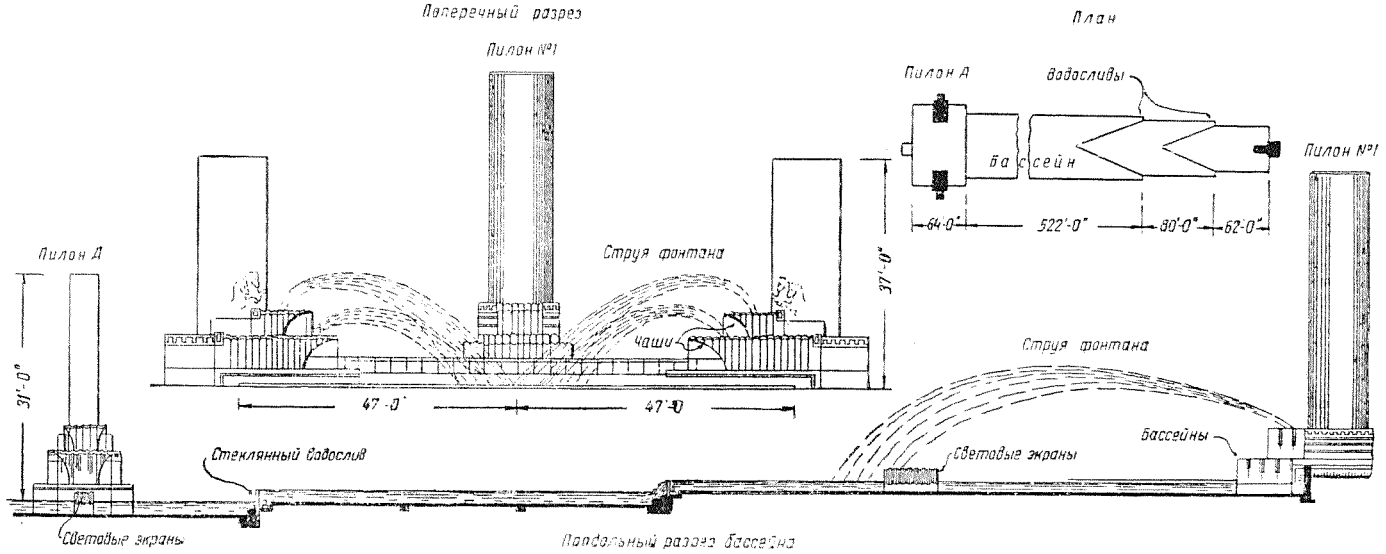
Диаметр чаши 1,52 *м*. Она возвышается над уровнем воды в бассейне на 1,2—1,5 *м*. Диаметр бассейна принимается, в зависимости от местных условий, от 6 до 9 *м*.

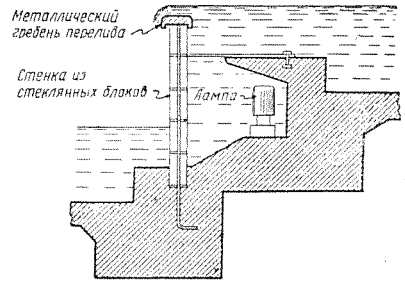


112. План и разрез мемориального фонтана

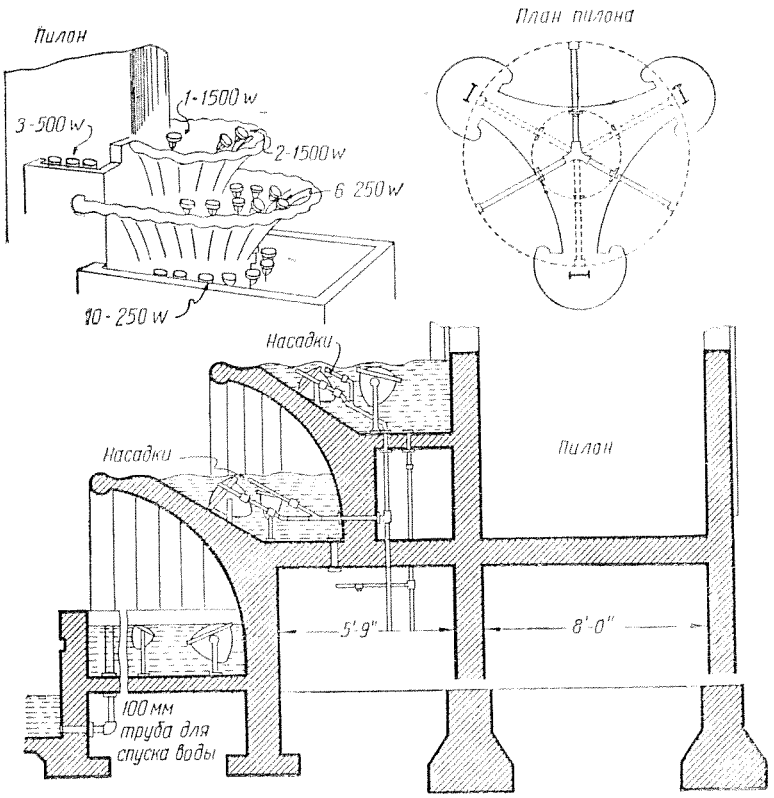


113. Коммуникация трубопроводов в камере и тоннеле фонтана





114. Светящийся водослив и схема фонтана (план и разрез)



115. Фонтанные чаши у пилона с размещением ламп

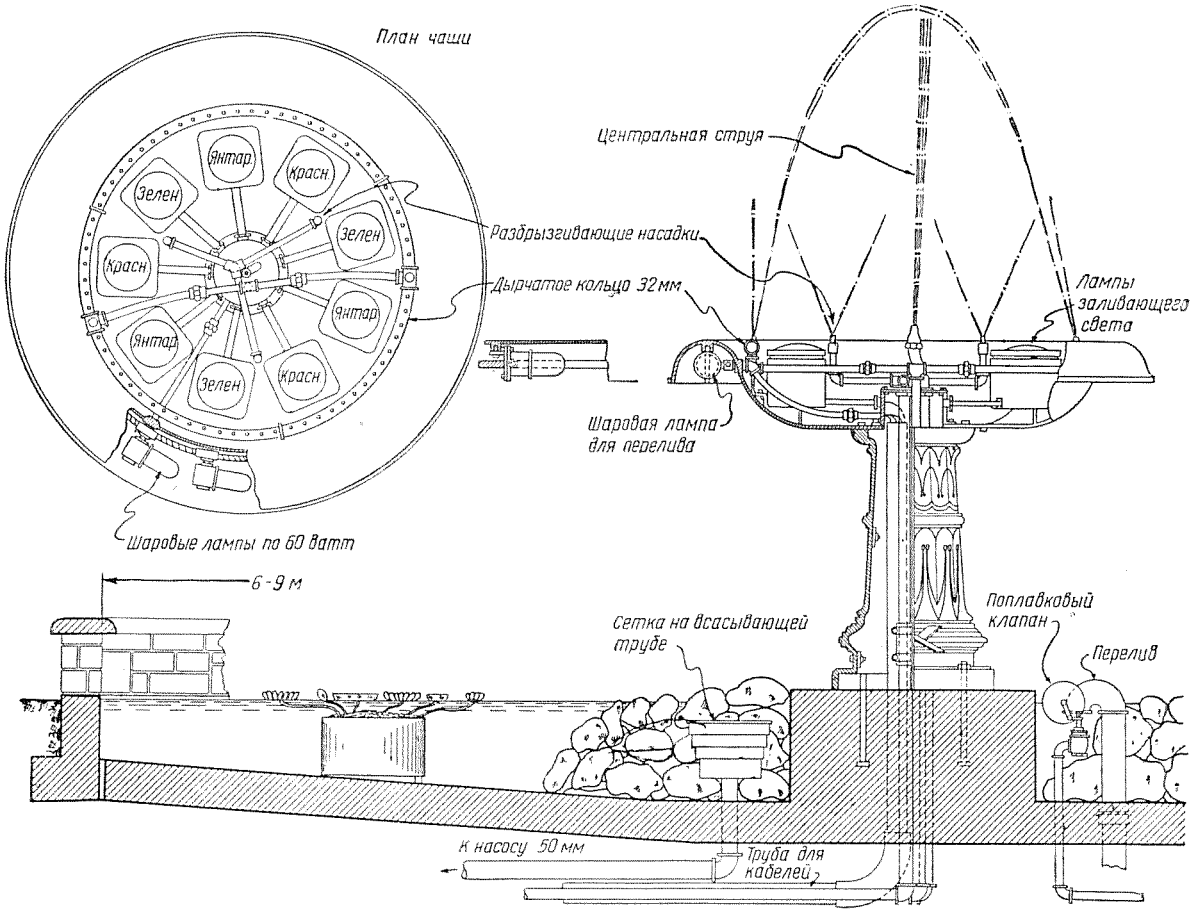
В фонтане принята следующая композиция водяных струй: в центре чаши из насадки диаметром 10 *мм* бьет вертикальная струя на высоту в 6—9 *м*; три насадки по 13 *мм* с отражательными конусами распыляют воду на высоту 1,2 — 2,4 *м*. Из 75 отверстий диаметром в 1,6 *мм*, просверленных в кольцевой трубе диаметром 32 *мм*, бьют внутрь и наружу струи, наклоненные под углом 5 — 10°. Высота струй 1,2—2,4 *м*.

Электронасосный агрегат, мощностью около 2,9 *квт*, по трем трубопроводам подает воду к трем группам фонтанных насадок. Для поддержания воды на постоянном уровне имеются переливная труба и автоматический поплавковый клапан на питающей трубе от водопровода.

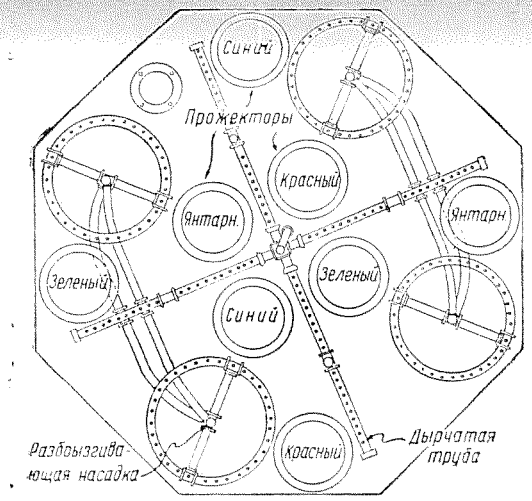
Для освещения струй в чаше расположены девять прожекторов заливающего света с лампами по 250 *ватт*. Водяная пелена, переливающаяся через водослив, подсвечивается шаровыми 60-ваттными лампами, смонтированными под бортом чаши.

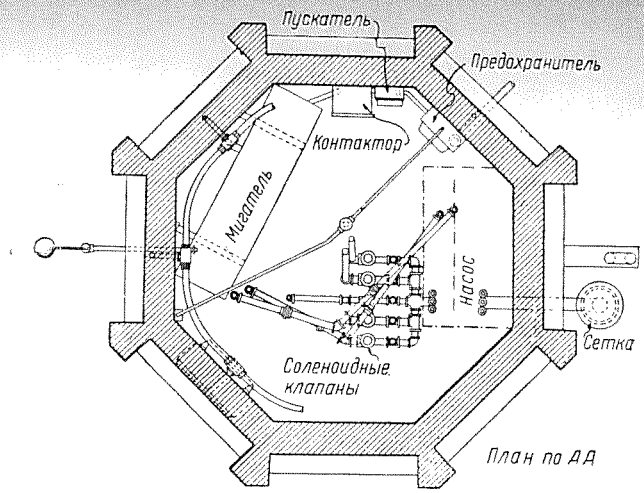
Вся машинная часть такого фонтана располагается в квадратной камере размером 1,40 × 1,40 *м* и высотой до 1,5 *м*. Общая потребляемая мощность в ночное время при работе ламп составляет 4,65 *квт*.

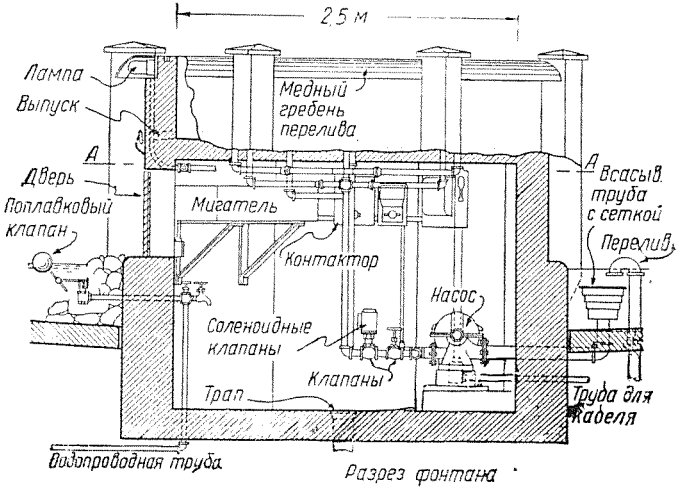
Инженерное оборудование другого фонтана приведено на рис. 117 Все механические устройства его помещены под фонтанной чашей. Фонтан представляет собою железобетонное сооружение с внутренней камерой. Принципиальная схема работы фонтана аналогична ранее рассмотренной. Композиция водяных струй в этом фонтане сложнее. Центральная



116. Типовой чугунный фонтан







117. Инженерное оборудование типового фонтана

струя диаметром 13 *м*, с высотой подъема 7,6—9 *м*, и четыре разбрызгивающие насадки с высотой конуса распыления 2,5—3 *м* окружены кольцом из 30 вертикальных струй, бьющих на высоту до 2,4 *м* из просверленной кольцевой трубы диаметром 32 *мм*; кроме того, крестообразная труба диаметром 38 *мм* с просверленными в ней отверстиями выбрасывает вверх множество тонких струек. Вся эта композиция освещается восемью затопленными прожекторами.

МОНТАЖ ТРУБОПРОВОДОВ

Для фонтанных трубопроводов применяются стальные и чугунные водопроводные трубы. При прокладке труб в конструкциях фонтана, недоступных для осмотра, раструбы чугунных труб необходимо заделывать свинцом, а стальные соединять на сварке, после чего покрывать антикоррозийными мастиками.

Монтаж фонтанных трубопроводов должен выполняться высококвалифицированными монтажниками. Особое внимание нужно обращать на тщательное и прочное устройство соединений. Все трубопроводы, прокладываемые в конструкции фонтана или под дном бассейна, до окончательной заделки необходимо проверять гидравлическим давлением. Начертание всех трубопроводов в плане должно быть простым, обеспечивающим легкую прочистку трубопроводов; это требование особенно важно для переливных и спускных труб. Вне зависимости от диаметра уклоны следует принимать не менее 0,02.

При монтаже трубопроводов необходимо устраивать плавные переходы при перемене диаметров и отлогие отводы, а также тщательно обрабатывать концы труб, чтобы на них не было заусениц и вмятин. Эти требования особенно существенны на концевых участках труб, перед насадками, так как крутые изгибы могут ухудшить работу струи.

Ни в коем случае нельзя допускать сварки отводов под острым углом. При подборе диаметров следует стремиться к тому, чтобы скорость в трубах была незначительной и не превышала 0,5 — 0,6 *м/сек*. Это условие должно выдерживаться для кольцевых или прямых участков с большим количеством насадок или отверстий в трубах, так как только при малых скоростях будет обеспечено получение струй одинаковой высоты.

Для достижения эффективной работы фонтана и хорошей его регулировки при проектировании и монтаже следует руководствоваться следующими основными правилами:

1. Отдельная струя должна иметь индивидуальное управление. Для этого на подводящих трубах ставятся вентили, при помощи которых регулируются расход воды и высота струи. В сложных композициях это требование практически трудно выполнить, ввиду чего для регулирования напора и расхода воды на отдельных участках труб и насадках приходится ставить диафрагмы. Однако и в этих случаях нужно стремиться к выделению максимального количества участков с отдельными регулирующими вентилями на группу насадок, близких по характеру работы.

Регулировочные вентили следует размещать в помещении насосной или в особой камере около фонтана. Камеры следует располагать так, чтобы фонтан был хорошо виден из них.

Крайне нежелательно регулировочные вентили устраивать под фонтаном, так как такое расположение затрудняет регулировку, усложняет

конструкцию дна бассейна и требует производства значительных гидроизоляционных работ.

2. Наклон струи должен легко изменяться при регулировке фонтана.

Для этого соединение между трубой и насадкой выполняется из свинцовой или медной вставки. Наличие вставки дает возможность не только менять наклон струи, но и, меняя сечения патрубка, создавать различные сопротивления для варьирования высоты или дальности горизонтального боя струи и изменения расхода воды насадкой.

3. Поддержание постоянного уровня воды в бассейне фонтана, имеющего оборотное водоснабжение.

Достигается это добавкой воды через специальный шаровой кран или подводкой воды по трубе малого диаметра с вентилем, отрегулированным на пропуск определенного количества воды. Отсутствие такого устройства приводит к иссяканию воды в бассейне вследствие уноса ее ветром и испарения и вызывает периодическую остановку фонтана в течение дня до наполнения бассейна вновь из городского водопровода.

4. Регулировка стока воды из фонтана, что достигается устройством специальных переливов. Регулировка не только обеспечивает правильную работу всех насадок, но и создает постоянный баланс воды, обеспечивающий нормальное действие насосной установки.

5. Конструкция бассейнов и фонтанных чаш должна обеспечивать полное удаление воды из них зимой.

Для этого дно бассейнов должно иметь уклон не менее 0,005 к выпускному отверстию, причем спускную трубу желательно помещать в приямке, перекрытом решеткой. Для спуска воды в чашах устраиваются отверстия или закладываются в массив стальные трубки, закрываемые во время работы фонтана пробкой.

Трубопроводы необходимо прокладывать с уклоном по направлению к насосной или бассейну с тем, чтобы на зиму было обеспечено полное опорожнение трубопроводов от воды. В этих трубопроводах ни в коем случае нельзя допускать устройства водяных мешков.

При отливке фонтанной скульптуры необходимо закладывать в ее массив стальные, а лучше медные трубы для присоединения насадок, так как после отливки смонтировать трубу будет невозможно. Диаметр труб определяется гидравлическим расчетом.

В фонтанах, устраиваемых на больших водных поверхностях, например в искусственных прудах, укладывать трубы следует на предварительно утрамбованное щебенкой дно или располагать их на специальных основаниях — стойках или сваях — ниже уровня льдообразования и возможной линии подвижки льда.

Конструкция фонтанных насадок, выходящих на поверхность бассейнов, должна предусматривать возможность снятия их вместе с верхним отростком трубы на зимнее время.

РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ

При подборе диаметров фонтанных трубопроводов и определении сопротивлений в них нужно исходить из следующих скоростей движения воды: в трубах на магистральных линиях, подающих воду к группе насадок или кольцевым трубопроводам,—до 1 *м/сек*, на разводящих и кольцевых трубопроводах — 0,5 — 0,6 *м/сек*.

Потери напора на трение определяются по формуле академика Н. Н. Павловского:

$$i = \frac{n^2 v^2}{R^{2y+1}},$$

где: i — гидравлический уклон (потери напора);
n — коэфициент трения, зависящий от материала трубы, принимаемый для чугунных и стальных труб равным 0,012;
v — скорость в *м/сек*;
R — гидравлический радиус для труб, равный $\frac{D}{4}$.

Для труб малого диаметра, применяемых в фонтанном деле, значение показателя степени может быть принято:

$$y = 2{,}5\sqrt{n} - 0{,}13 - 0{,}75\sqrt{R}\,(\sqrt{n} - 0{,}1).$$

Каждая квадратичная формула для определения сопротивлений в трубопроводе может быть приведена к простому выражению:

$$i = A \cdot q^2.$$

Величина потерь напора на трение на участке длиною l будет:

$$h = A \cdot l \cdot q^2,$$

где: q — расход воды в *л/сек*;
A — величина удельного сопротивления. По формуле академика Павловского $A = 1{,}6227\frac{n^2}{\left(\frac{d}{4}\right)^{2y+1} d^4}$.

Зная величину удельного сопротивления, легко найти потери напора на трение на участке любого диаметра и любой длины.

Проверка скорости движения воды в трубах производится по формуле (в *м/сек*):

$$v = \frac{q}{F} = \frac{q}{\frac{\pi d^2}{4}},$$

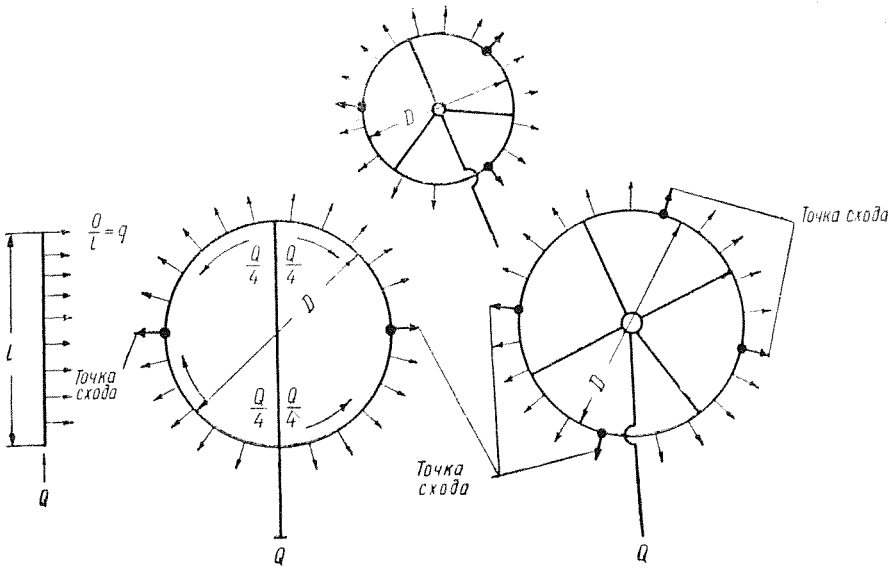
где: F — площадь сечения трубы в $м^2$;
d — диаметр трубы в $м^2$.

Обозначая коэфициент скорости $\frac{1}{\frac{\pi d^2}{4}}$ через B_c, получим $v = B_c \cdot q$.

Величина удельного сопротивления A для труб разных диаметров и коэфициент скорости B_c могут быть приняты по табл. 1 для расходов воды в *л/сек*.

Таблица 1

Диаметр трубы в *мм*	A	B_c	Диаметр трубы в *мм*	A	B_c
13	8,533	5,659	75	0,001	0,204
19	1,575	3,183	100	0,000244	0,115
25	0,416	2,037	125	0,0000784	0,0781
32	0,0887	1,039	150	0,0000307	0,0544
38	0,04184	0,796	200	0,00000792	0,0318
50	0,0103	0,471	250	0,00000241	0,0204
65	0,00268	0,284	300	0,000000911	0,0141



118. Схема расчетных участков с равномерным распределением расхода воды

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

Интенсивность расхода по длине составляет:

$$q = \frac{Q}{l},$$

где: q — расход воды в *л/сек* на *пог. м*;
Q — расход воды в *л/сек* всей системой;
l — длина системы в *м*.

Для кольцевых трубопроводов интенсивность непрерывного расхода будет:

$$q = 0{,}318\,\frac{Q}{D},$$

где D — диаметр в *м*.

Как правило, кольцевые трубопроводы для обеспечения примерно равного напора и одинаковой высоты струй получают питание водой не из одной, а из нескольких симметрично расположенных на кольце точек; поэтому расчет отдельных участков можно производить по аналогии с тупиковым трубопроводом, без длительных расчетов по увязке колец.

Таких участков на кольце с двумя точками питания будет четыре, с тремя — шесть, с четырьмя — восемь и т. д. (рис. 118). Расчет потерь напора производится только на одном участке, так как при равных диаметрах и симметричном присоединении к кольцу подводящих труб потери на всех участках будут равны между собой.

Согласно правилу Дюпюи, при непрерывном расходе по всей длине участка эквивалентный расход, сосредоточенный на конце тупикового тру-

бопровода или в точках схода кольцевых трубопроводов, находящихся по оси симметрии отдельных участков, составит:

$$Q_{экв} = \sqrt{\frac{1}{3}} \cdot q \cdot l = 0{,}55 q \cdot l = 0{,}55 Q.$$

Таким образом, расчет при непрерывном расходе сводится к замене путевых расходов сосредоточенным расходом в конце участка, равным 0,55.

Кольцевые трубопроводы с неравномерными расходами воды в фонтанных системах встречаются редко и должны рассчитываться в соответствии с правилами, изложенными в курсах по водоснабжению.

В тех случаях, когда требуется точный расчет фонтанных разветвленных трубопроводов и определение напоров у каждой фонтанной насадки, расчет следует вести методом характеристик, подробно разработанным проф. В. Г. Лобачевым.

При расчете задается напор у наиболее далеко расположенной насадки, против движения воды в трубах, от которой и производится расчет.

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

Для примера рассмотрим расчет фонтанной сети, приведенной на рис. 119, в которой все насадки расположены по одной горизонтальной плоскости.

Из предыдущего известно, что потери напора в сети определяются формулой:

$$h = A \cdot l \cdot q^2.$$

В фонтанных системах мы имеем дело с последовательным соединением точек расхода при изменяющемся расходе каждой точкой; поэтому можно считать, что потери напора на всем участке составят:

$$h = h_1 + h_2 + h_3 + \ldots + h_n = A_1 l_1 q_1^2 + A_2 l_2 q_2^2 + A_3 l_3 q_3^2 + \ldots + A_n l_n q_n^2,$$

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

Характеристика истечения $B_и$ для насадки данного диаметра является постоянной и определяется по формуле:

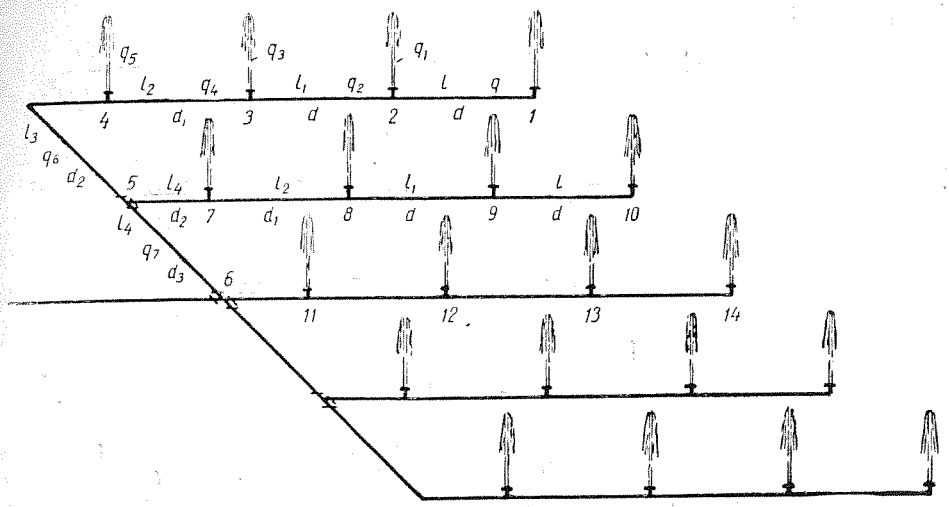
$$B_и = \mu^2 K_и.$$

Величина $B_и$ приведена ниже, в табл. 10.

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

$$q = \sqrt{B_и H}.$$

Расчет системы производим по форме, приведенной в табл. 2 В первой графе дается нумерация расчетных точек; во второй — характеристика соединений с указанием длин участков l; в третьей — величина B, постоянная для данной системы при одинаковых фонтанных насадках; в четвертой — коэфициент удельного сопротивления A, постоянный для данного диаметра участка; в пятой — расход воды системой q на каждом ее участке, нарастающий по мере приближения к источнику питания системы; в шестой — квадрат этого расхода; в седьмой — сопротивление отдельных участков системы, определяемое по формуле: $h = A \cdot l \cdot q^2$; в восьмой — суммарные сопротивления H.



119. Расчетная схема разветвленных фонтанных трубопроводов

Расчет производим на самый неблагоприятный случай работы сети, принимая за расчетную точку насадку 1.

Таблица 2

№ участка	Расчетный элемент	$B_н$	A	q	q^2	h	H
1	Насадка	$B_н$		q	q^2	—	$H=\frac{q^2}{B_н}$
1—2	Труба	—	A	q	q^2	$h=A\cdot l\cdot q^2$	—
2	Насадка	$B_н$	—	$q_1=\sqrt{(H+h)B_н}$	q_1^2	—	$H_1=H+h$
2—3	Труба	—	A	$q_1=q+q_1$	q_2^2	$h_1=A\cdot l_1\cdot q_2^2$	—
3	Насадка	$B_н$	—	$q_3=\sqrt{(H_1+h_1)B_н}$	q_3^2	—	$H_2=H_1+h_1$
3—4	Труба	—	A_1	$q_4=q_2+q_3$	q_4^2	$h_2=A_1\cdot l_2\cdot q_4^2$	—
4	Насадка	$B_н$	—	$q_5=\sqrt{(H_2+h_2)B_н}$	q_5^2	—	$H_3=H_2+h_2$
4—5	Труба	—	A_2	$q_6=q_4+q_5$	q_6^2	$h_3=A_2\cdot l_3\cdot q_6^2$	—

Напор в точке 5 будет равен $H_4=H_3+h_3$.

Для определения расходов на ответвлении 5—10 задаемся в точке 10 напором, равным $H'=H$, и по аналогии с расчетом ответвления, приведенным в табл. 2, получаем

$$q'_{10}=\sqrt{H'B_н};\quad q'_9=\sqrt{(H'+h')B_н};\quad q'_8=\sqrt{(H'+h'+h'_1)B_н};$$

$$q'_7=\sqrt{(H'+h'+h'_1+h'_2)B_н}.$$

Предполагаемый расход в точке 5 для этого ответвления будет:

$$q'_6=q'_7+q'_8+q'_9+q'_{10};$$

предполагаемый напор составит:

$$H'_4 = H' + h' + h'_1 + h'_2 + h'_3 = S_{5-10}(q'_6)^2 \text{ или } S_{5-10} = \frac{H'_4}{(q'_6)^2},$$

где S_{5-10} — величина сопротивления на участке 5—10.

Так как H'_4 не равно действительному напору H_4, то в точке 5 будет для ответвления 5—10 какой-то другой расход, равный $(q^x_6)^2$, при котором напор H_4 должен быть равен H'_4. Следовательно:

$$H_4 = \frac{H'_4}{(q'_6)^2}(q^x_6)^2 \text{ или } q^x_6 = q'_6\sqrt{\frac{H_4}{H'_4}}.$$

Действительный расход в точке 5 будет:

$$q = q_6 + q^x_6.$$

Расчет ответвления с насадками 11—14 производится по аналогии с предыдущим ответвлением. Так так начертание сети в плане симметрично, а длины и диаметры участков правой части равнозначны длинам и участкам левой части, то расчет правой части не производится.

Расход воды в узловой точке будет равен расходу воды всей системой.

МЕСТНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Местными сопротивлениями называются такие сопротивления, которые связаны с изменением направления, скорости или конфигурации потока в отдельных местах трубопровода.

При проектировании сложных фонтанных трубопроводов следует учитывать все местные сопротивления. Иногда при конструировании и расчете сложных фонтанных насадок, когда регулировка струй отдельными вентилями затруднена, приходится искусственно вводить местные сопротивления в виде диафрагм для погашения напора и уменьшения дальности вылета струи.

В простейших фонтанах с мало разветвленным трубопроводом, где количество фасонных частей и изгибов труб невелико, на местные сопротивления в практике принято прибавлять 15—20% от величины потерь напора на трение в трубопроводах.

Местные потери напора h в *м* определяются по формуле:

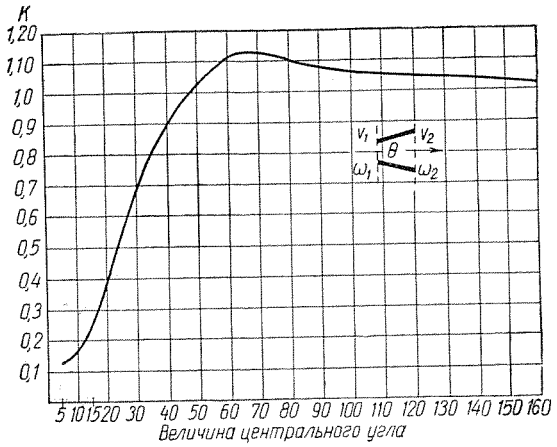
$$h = \zeta\frac{v^2}{2g} = \zeta\left(\frac{2{,}88 \cdot q}{d2}\right)^2,$$

где: ζ — коэфициент, характеризующий местное сопротивление;
v — скорость течения за местным препятствием в *м/сек*;
q — расход воды в *л/сек*;
d — диаметр трубы в *см*.

Ниже приводим необходимые формулы и графики для определения местных сопротивлений в наиболее часто применяемых фасонных частях трубопровода.

Для расходящихся конусов потеря напора определяется по формуле:

$$h = \frac{K(v_1 - v_2)^2}{2g},$$



120. График для определения величины K (по Гибсону)

или:

$$\zeta = K\left(\frac{F_2}{F_1} - 1\right)^2.$$

Величина изменения K (по Гибсону) в зависимости от угла перехода указана на рис. 120. В зависимости от этого же угла величина ζ может быть найдена по формуле:

$$\zeta = \sin\alpha\left(\frac{D^2}{d^2} - 1\right)^2.$$

Для сходящихся конусов ζ в зависимости от α имеет значения, указанные в табл. 3.

Таблица 3

α	7	20	30	45	70	85
ζ	0,16	0,20	0,24	0,30	0,34	0,36

Коэфициент сопротивления для колена на круглой трубе с любым центральным углом может быть определен из формулы:

$$\zeta = a \cdot \zeta_1,$$

где: ζ_1 — коэфициент сопротивления для колена в 90°;
a — переходной коэфициент для данного значения центрального угла колена.

Величина ζ_1 определяется по кривой на рис. 121 (фиг. наверху). На графике по оси абсцисс отложены отношения радиуса закругления R к диаметру трубы d и по оси ординат — величина ζ_1 для колена в 90°.

Переводной коэфициент a для колен с другим центральным углом находится по графику, приведенному на рис. 121 (фиг. внизу). Как видно по графику, с увеличением угла поворота и уменьшением центрального угла коэфициент местного сопротивления уменьшается.

Величины ζ для колен и угольников указаны в табл. 4.

Таблица 4

D в мм	Чугунные колена	D в мм	Угольники из ковкого чугуна
50	1,90	13	1,38
75	1,60	19	1,05
100	1,60	25	0,88
125	1,47	32	0,81
150	1,40	38	0,79
200	1,30	50	0,72
250	1,04	65	0,70
		76	0,68
		100	0,64

Потеря напора при внезапном расширении или сужении, по теории Борда, определяется формулой:

$$h = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}.$$

Величина коэфициента сопротивления ζ при внезапном расширении будет:

$$\zeta = \left(\frac{F_2}{F_1} - 1\right)^2,$$

где: F_2 — площадь расширенной части;
F_1 — площадь сужения.

Значение коэфициента ζ (по Вейсбаху) при внезапном сужении в зависимости от отношения площадей сечения приведено на рис. 122, там же дана кривая для определения ζ при внезапном расширении.

Диафрагма в трубе постоянного сечения, в зависимости от отношения площади сечения диафрагмы $F_д$ к площади сечения трубы $F_т$, имеет значения коэфициента ζ, отнесенные к сечению трубы (табл. 5). В последней строке табл. 5 приведены значения ζ для внезапного сужения трубы с диафрагмой при условии, что $F_т > 20 \cdot F_д$, причем в этом случае $F_т$ есть сечение трубы меньшего диаметра.

Таблица 5

$F_д/F_т$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ζ	226	47,8	17,5	7,80	3,75	1,80	0,80	0,29	0,06	0,00
ζ	232	51,0	19,8	9,61	5,26	3,08	1,88	1,17	0,73	0,48

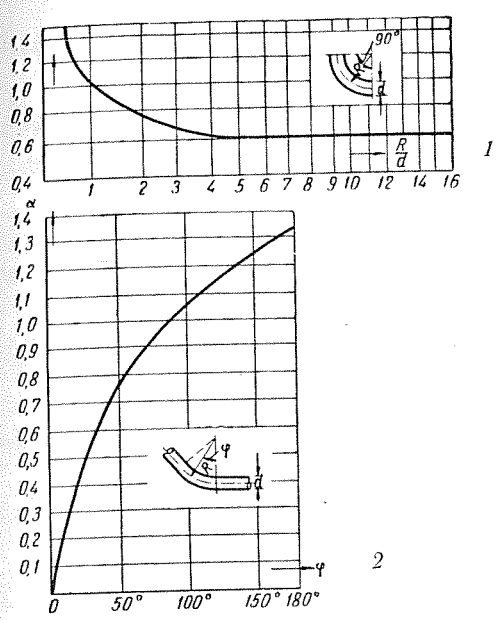
Графически величина ζ находится по рис. 123.

Величины местных сопротивлений на вход и выход из трубы определяются по графику на рис. 124.

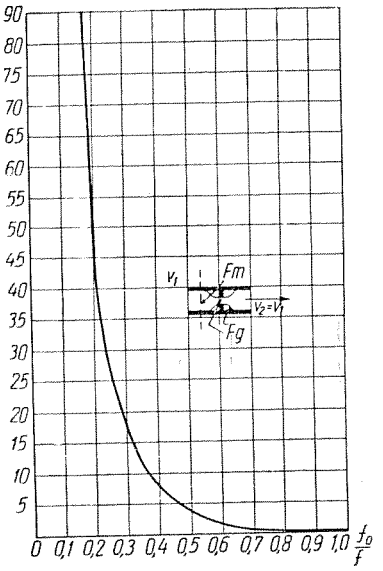
Коэфициент сопротивления при входе в трубу из бака, когда входное отверстие имеет острые кромки, составляет $\zeta = 0{,}5$, а при округленной кромке $\zeta = 0{,}25$.

Если труба вдвинута внутрь бака и расстояние от стенки бака до трубы $l < d$, коэфициент сопротивления $\zeta = 0{,}75$.

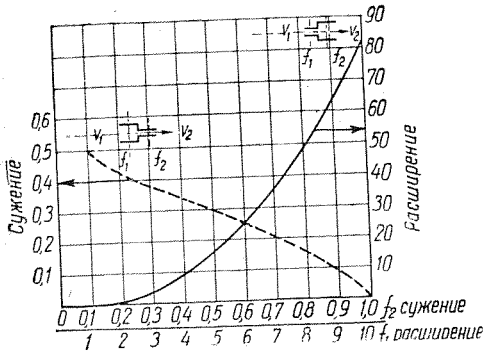
При выходе трубы в бак $\zeta = 1{,}0$.



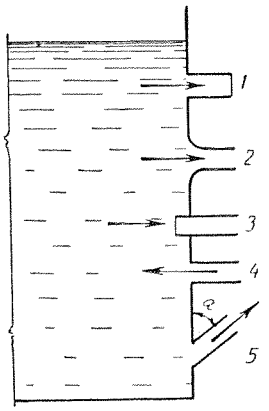
121. Кривая для определения ζ (*1*), график для определения величины коэфициента a (*2*)



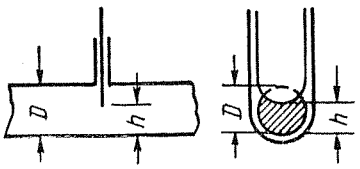
123. Кривая для определения ζ диафрагмы



122. Величина коэфициента местных сопротивлений ζ при внезапном сужении и расширении



124 .Различные варианты входа и выхода трубы из бака



125. Схема закрытия задвижки

Для трубы, направленной под углом α к горизонту,

$$\zeta = 0{,}226 \sin^2 \alpha + 0{,}303 \sin \alpha + 0{,}505.$$

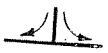
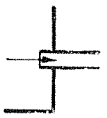
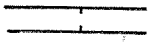
Коэфициент сопротивления задвижки „Лудло“ зависит от степени ее открытия, т. е. от отношения $\frac{h}{d}$ (рис. 125). Величины этого коэфициента указаны в табл. 6.

Таблица 6

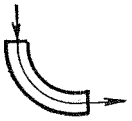
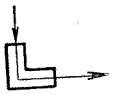
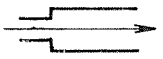
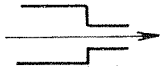
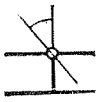
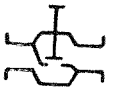
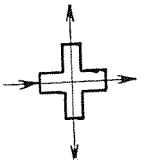
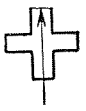
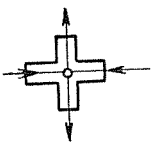
$h\,d$	0	$\frac{1}{8}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{4}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{7}{8}$
$F_д/F_т$	1,00	0,948	0,856	0,740	0,609	0,466	0,315	0,159
ζ	0,00	0,07	0,26	0,81	2,06	5,52	17,0	97,8

Средние значения коэфициентов сопротивления для наиболее часто встречающихся фасонных частей и арматуры приведены в табл. 7.

Таблица 7

Наименование частей и арматуры	Вид местного сопротивления	Коэфициент сопротивления
Тройник на ответвление		2,0
Тройник на ответвление при противотоке		3,0
Тройник с ответвления		1,5
Тройник на проток		0,10
Вход в трубу с острыми кромками . .		0,5
Вход в трубу с закруглением		0,25
Вход в трубу с выступающим концом .		0,75
Выход из трубы в бак		1,0
Диафрагма в трубе		0,06 — 226

Продолжение

Наименование частей и арматуры	Вид местного сопротивления	Коэфициент сопротивления
Переходная муфта на расширение		0,2 — 0,9
Колено		0,76 — 1,0
Угольник		0,88 — 1,22
Внезапное расширение		0 — 81
Внезапное сужение		0 — 0,5
Задвижка		0,09 — 97,8
Обратный клапан		Открытый 3 — 5
Приемный клапан		5 — 10
Вентиль нормальный		2,9
Вентиль Косва		1,85
Вентиль прямоточный		0,44
Крестовина на ответвление		2,0 — 2, 5
Крестовина на проход		0,10 — 0,12
Крестовина на противоток		3,0

Для упрощения подсчетов в табл. 8 даны значения площадей для диаметров от 1 до 250.

Таблица 8

d	F	d	F	d	F	d	F	d	F
1	0,79	12	113	23	415	70	3848	150	17671
2	3,14	13	133	24	452	75	4418	160	20106
3	7,07	14	154	25	491	76	4534	170	22698
4	12,6	15	177	30	707	80	5027	180	25447
				32	808				
5	19,6	16	201	35	962	85	5660	190	28353
6	28,3	17	227	38	1133	90	6362	200	31416
7	38,5	18	254	40	1256	95	7088	210	34618
8	50,3	19	284	45	1590	100	7854	220	37994
9	63,6	20	314	50	1963	110	9503	230	41526
				55	2376	120	11310	240	45216
10	78,5	21	346	60	2827	125	12272	250	49087
				63	3116	130	13273	300	70650
11	95,0	22	380	65	3318	140	15394	350	96162

Определение потерь напора на местные сопротивления в зависимости от величины ζ для различных скоростей производится по табл. 9.

ФОНТАННЫЕ НАСАДКИ

Фонтанные насадки изготовляются из латуни или бронзы с тщательной шлифовкой их внутренней поверхности. Шероховатая поверхность насадок способствует быстрому разрушению струй в воздухе, а поэтому применение стальных насадок, быстро покрывающихся ржавчиной, не рекомендуется. Особое внимание обращается на тщательную обработку выходных отверстий цилиндрических насадок, обрез которых должен быть перпендикулярен к осям насадок.

Для получения вертикальных, компактных и высоких струй необходимо обеспечить плавный переход от трубы к насадке, постепенный переход от меньшего диаметра к большему, не допускать резких изменений поперечных сечений и следить за тщательностью шлифовки поверхностей насадок. Высота и форма выбрасываемой струи зависят от напора у насадки и конструкции последней.

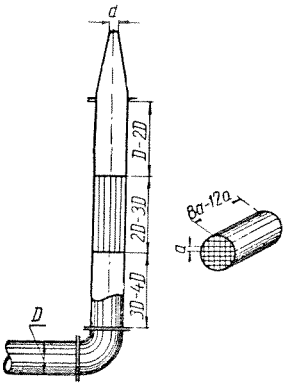
Дробление струи в воздухе происходит от силы земного притяжения, разрушения струи от вихревых явлений при выходе ее из насадки и от сопротивления трению струи о воздух. Последняя величина незначительна и при расчете струй не учитывается. Вихревые явления, вызываемые изменением направления трубопровода и турбулентностью движения воды в нем, приводят к тому, что струя сразу по выходе из насадки разрывается и дробится на отдельные капли.

Во избежание быстрого разрушения вертикальных или наклонных струй и для обеспечения их максимальной компактности и наибольшей высоты подъема длина прямого участка перед обрезом насадки должна быть не менее $20d$. Если это требование практически невыполнимо, то необходимо перед насадками на прямых участках ставить специальные выпрямители — успокоители струй, представляющие собой вставку из ряда пересекающихся плоских пластинок (рис. 126).

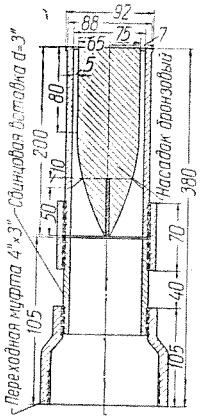
Таблица 9

Потери на местное сопротивление в *м* вод. ст.

Скорость в *м/сек* \ Сумма коэффициентов ζ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20
0,25	0,003	0,007	0,010	0,014	0,017	0,020	0,024	0,027	0,031	0,034	0,068
0,50	0,013	0,026	0,038	0,051	0,061	0,077	0,089	0,102	0,115	0,128	0,255
0,75	0,029	0,057	0,086	0,115	0,144	0,172	0,201	0,230	0,258	0,287	0,574
1,00	0,051	0,102	0,154	0,205	0,256	0,307	0,358	0,410	0,461	0,512	1,024
1,25	0,080	0,159	0,239	0,319	0,399	0,478	0,558	0,638	0,717	0,707	1,594
1,50	0,115	0,229	0,344	0,459	0,574	0,688	0,803	0,918	1,032	1,147	2,294
1,75	0,156	0,313	0,469	0,625	0,781	0,938	1,094	1,250	1,406	1,563	3,125
2,00	0,204	0,408	0,616	0,816	1,020	1,224	1,429	1,633	1,837	2,041	4,082
2,25	0,258	0,517	0,775	1,033	1,291	1,550	1,808	2,066	2,325	2,583	5,166
2,50	0,319	0,638	0,956	1,275	1,594	1,913	2,232	2,550	2,869	3,189	0,378
2,75	0,386	0,772	1,157	1,543	1,929	2,315	2,701	3,036	3,472	3,858	7,717
3,00	0,459	0,918	1,378	1,837	2,296	2,755	3,214	3,673	4,133	4,592	9,184



126. Успокоители струи перед насадкой



127. Кольцевая (менажерная) насадка

Выпрямитель нужно ставить на расстоянии не менее 3—4 диаметров трубы от фасонной части, служащей источником образования вихрей; выходной конец, более тонкий, должен находиться не ближе 1—2 диаметров до входа в насадку. Длина успокоителя должна в 12—15 раз превышать ширину его ячеек, а диаметр в 4—5 раз превышать диаметр насадок.

Установка таких выпрямителей увеличивает дальность полета струи на 8—10%.

Для фонтанов применяются чаще всего цилиндрические или коноидальные насадки, создающие сплошную неразрывную струю, или насадки, распыляющие воду.

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

Расход воды через насадку в $м^3/сек$ определяется по формуле:

$$Q = \mu \cdot F \sqrt{2g \cdot H},$$

где: μ — коэфициент расхода воды, зависящий от формы и конструкции насадки и от напора;
F — площадь выходного отверстия в $м^2$;
H — напор у насадки в $м$.

Для цилиндрических насадок расход воды, выраженный в $л/сек$, может быть определен из формулы:

$$q = 0{,}003477\, \mu \cdot d^2 \cdot \sqrt{H},$$

где d — диаметр насадки в $мм$.

Для облегчения подсчетов приведенная формула может быть упрощена. Возводя ее в квадрат, получаем:

$$q^2 = 0{,}000012105 \cdot \mu^2 \cdot d^4 \cdot H.$$

Обозначая $0{,}000012105 d^4$ через $K_н$ и $\mu^2 K_н$ через $B_н$, получаем $q^2 = B_н H$, откуда:

$$H = \frac{q^2}{B_н}.$$

Для коноидальных и пожарных наконечников, имеющих коэфициент расхода воды μ равный единице, можно считать, что $K_н = B_н$.

В табл. 10 приведены величины $B_н$ для расходов воды, выраженных в $л/сек$, и для $\mu = 1$.

При насадках с другой величиной коэфициента расхода воды значения $B_н$ умножаются на μ^2 принятой насадки.

Таблица 10

Диаметр опрыска в *мм*	$B_и$	Диаметр насадки в *мм*	$B_и$	Диаметр насадки в *мм*	$B_и$
1	0,000012	23	3,386	55	111,0
2	0,000194	24	4,017	60	157,0
3	0,000981	25	4,728	65	217,0
4	0,0031	26	5,538	70	291,0
5	0,00756	27	6,43	75	383,0
6	0,01568	28	7,442	80	496,0
7	0,029	29	8,558	85	632,0
8	0,0496	30	9,806	90	795,0
9	0,0794	31	11,379	95	985,0
10	0,1211	32	12,694	100	1210,0
11	0,1771	33	14,349	110	1770,0
12	0,2511	34	16,145	120	2515,0
13	0,3456	35	18,167	130	3460,0
14	0,4651	36	20,333	140	4640,0
15	0,6126	37	22,620	150	6120,0
16	0,7934	38	25,242	160	7920,0
17	1,011	40	30,991	170	10080,0
18	1,271	42	37,67	180	12710,0
19	1,577	44	45,37	190	15720,0
20	1,937	46	54,2	200	19400,0
21	2,353	48	64,26		
22	2,836	50	75,66		

Величины коэфициентов истечения μ для различных отверстий и насадок приводятся в табл. 11.

В насадках Борда толщина стенок не должна превышать $0,2d$; при $S > 0,2d$ для короткой насадки коэфициент истечения принимается, как для отверстия в тонкой стенке, и для длинной, как для насадки Вентури.

Для цилиндрических насадок с осью, наклоненной под углом к стенке резервуара, величина коэфициента расхода воды μ иная, чем указывалось нами ранее. Так, для длинной насадки в зависимости от угла α, образуемого осью насадки с нормалью к поверхности стенки резервуара, коэфициент расхода меняется следующим образом:

$\alpha =$	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
$\mu =$	0,815	0,799	0,782	0,764	0,747	0,731	0,719

Струя, вытекающая из насадки, непрозрачная; она заполнена пузырьками воздуха, захватываемого струей из воздушного кольцевого сечения в месте сжатия струи внутри насадки.

Если в насадке, где имеет место сжатие, сделать отверстия, то струя станет прозрачной, не содержащей пузырьков воздуха, т. е. такой же, как и струя, вытекающая из отверстия в тонкой стенке.

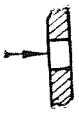
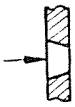
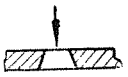
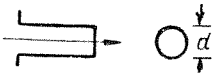
При больших напорах и насадках, не соединенных с наружным воздухом, возможен отрыв струи от внутренней поверхности насадки; в этом случае сечение суженной струи будет меньше, чем сечение насадки. Это следует учитывать при проектировании фонтанов со струями значительной высоты.

Сопротивление насадок невелико, и при расчете фонтанных систем им можно пренебрегать.

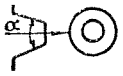
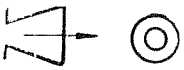
Расход воды цилиндрической насадкой при $\mu = 1$ приведен в табл. 12.

При установке насадок с другим коэфициентом расхода в приведенные в таблице значения вносится соответствующая поправка.

Таблица 11

№ п.п.	Тип отверстия или насадки	Эскиз	Коэфициент расхода воды μ	Примечания
1	Отверстие в тонкой стенке (круглое или квадратное)		0,62	Для напоров больше 2 *м* коэфициент расхода уменьшается до 0,60—0,61
2	Отверстие Понселе		0,6 — 0,64	При диаметре, превышающем 30 *мм*, и напоре, большем 0,6 *м* $\div \mu = 0{,}6$. Для меньших диаметров и напоров принимаются следующие значения: при $d = 10$ *мм* $\mu = 0{,}64$; при $d = 20$ *мм* $\mu = 0{,}63$; при $d = 30$ *мм* $\mu = 0{,}62$
3	Отверстие Понселе		0,62	
4	Отверстие в тонком дне		0,64	
5	Квадратная насадка		0,82 — 0,84	
6	Треугольная насадка		0,79 — 0,80 0,82 — 0,83	Для напоров до 1,0 *м* „ „ более 1,0 „
7	Насадка Вентури длинная		0,82	$l = 3d \div 4d$

Продолжение

№ п.п.	Тип отверстия или насадки	Эскиз	Коэфициент расхода воды μ	Примечания
8	Насадка Вентури короткая		0,61	$l < 2d$
9	Насадка Борда с выступающим внутрь резервуара концом		0,71 0,53	$l \geqslant 3d$ $l < 3d$
10	Коническая сходящаяся насадка		0,92 0,945 0,857	$\alpha = 5°$ $\alpha = 13°$ $\alpha = 45°$
11	Коническая расходящаяся насадка		0,48	
12	Насадка по форме сжатой струи		0,97	
13	Пожарная насадка	—	0,98 — 1,0	
14	Спринклерная головка	—	0,7 — 0,75	

Результаты испытаний насадок фонтана, приведенного нами на рис. 112—113, эскизы их и основные гидравлические характеристики приведены в табл. 13.

Зрительно особенно мощной воспринимается струя из кольцевой, так называемой менажерной, насадки при таких же расходах воды и напорах, как в обычной цилиндрической насадке.

Такая насадка (рис. 127) имеет внутри сердечник с плавной кривой параболической формы. Вода, обтекая сердечник, по кольцевому отверстию, образованному стенками цилиндрической трубы и сердечником, выбрасывается в виде мощной струи, полой внутри.

Во избежание засорения ширину кольцевой щели следует принимать не менее 5 *мм*.

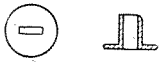
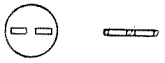
Таблица 12

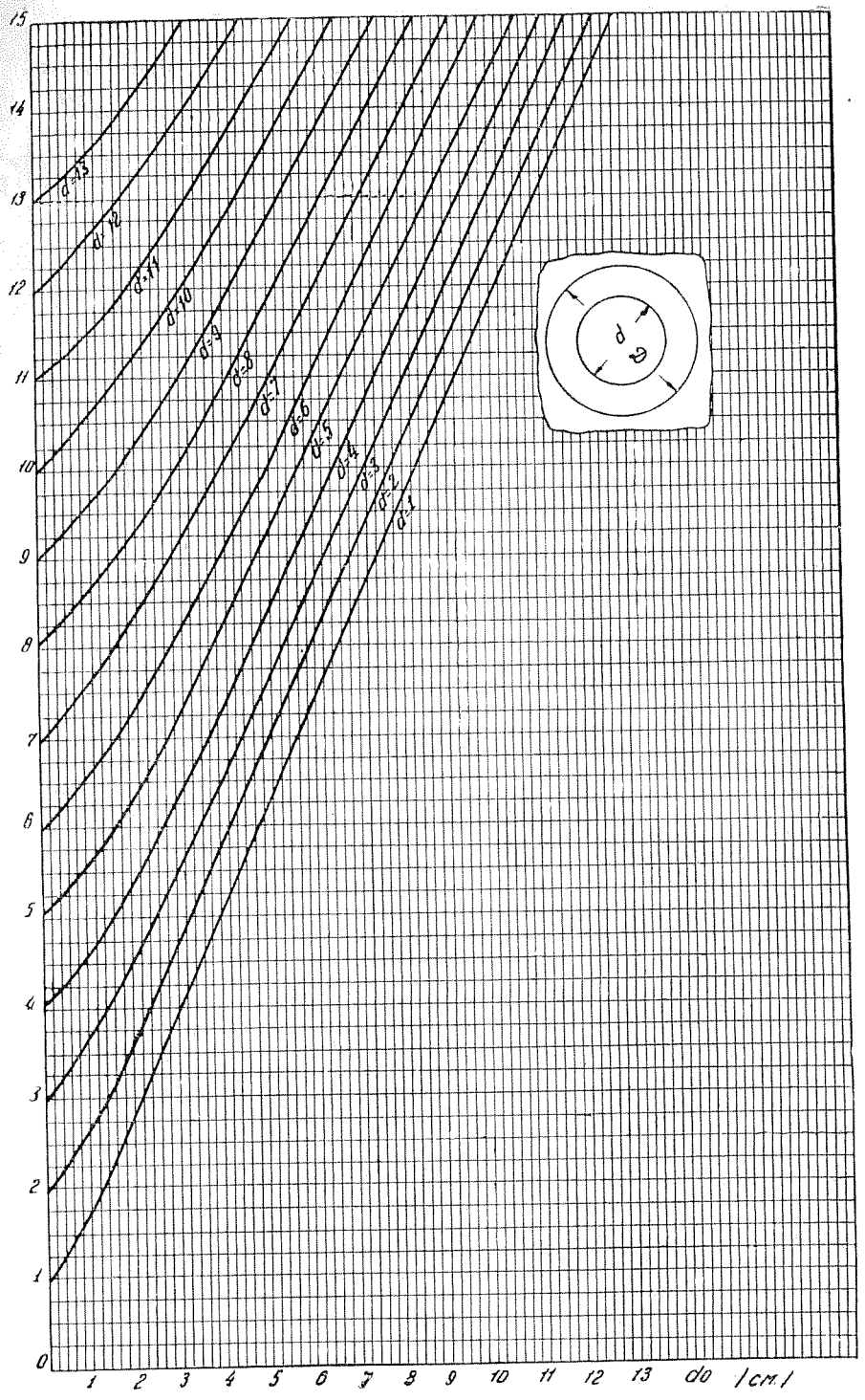
Напор у насадки в *м*	Расход воды в *л/сек* при диаметре насадки в *мм*											
	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25	30	32
0,2	0,014	0,025	0,039	0,056	0,197	0,156	0,22	0,35	0,62	0,97	1,40	1,56
0,4	0,012	0,035	0,055	0,079	0,14	0,220	0,32	0,49	0,88	1,37	1,98	2,20
0,6	0,024	0,043	0,067	0,097	0,172	0,270	0,39	0,61	1,08	1,68	2,43	2,68
0,8	0,028	0,050	0,078	0,112	0,198	0,310	0,48	0,70	1,25	1,94	2,80	3,11
1,0	0,031	0,056	0,083	0,125	0,223	0,348	0,50	0,78	1,39	2,17	3,13	3,50
2,0	0,044	0,079	0,123	0,177	0,315	0,491	0,71	1,10	1,96	3,08	4,41	4,93
3,0	0,054	0,096	0,156	0,216	0,386	0,620	0,87	1,35	2,40	3,75	5,41	6,05
4,0	0,063	0,111	0,174	0,250	0,446	0,696	1,00	1,56	2,78	4,34	6,26	7,00
5,0	0,070	0,124	0,194	0,279	0,499	0,779	1,12	1,75	3,11	4,86	7,01	7,84
6,0	0,077	0,136	0,211	0,306	0,546	0,853	1,12	1,91	3,40	5,32	7,67	8,57
7,0	0,083	0,147	0,230	0,331	0,591	0,922	1,32	2,06	3,68	5,75	8,29	9,43
8,0	0,087	0,157	0,246	0,354	0,631	0,985	1,41	2,21	3,93	6,14	8,86	9,90
9,0	0,094	0,167	0,261	0,375	0,669	1,044	1,50	2,35	4,17	6,51	9,39	10,50
10,0	0,099	0,175	0,275	0,395	0,705	1,099	1,58	2,47	4,39	6,86	9,89	11,06
11,0	0,104	0,184	0,288	0,415	0,740	1,155	1,66	2,60	4,61	7,20	10,39	11,62
12,0	0,108	0,193	0,301	0,426	0,772	1,204	1,72	2,70	4,81	7,51	10,83	12,11
13,0	0,113	0,200	0,313	0,451	0,805	1,256	1,80	2,82	5,02	7,83	11,28	12,63
14,0	0,117	0,208	0,325	0,467	0,834	1,302	1,87	2,92	5,20	8,12	11,71	13,09
15,0	0,121	0,215	0,337	0,486	0,863	1,347	1,93	3,03	5,38	8,40	12,11	13,54
16,0	0,125	0,222	0,348	0,500	0,892	1,392	2,00	3,13	5,56	8,58	12,52	14,00
17,0	0,130	0,229	0,358	0,515	0,919	1,434	2,06	3,22	5,73	8,94	12,89	14,45
18,0	0,133	0,236	0,369	0,530	0,945	1,476	2,12	3,32	5,89	9,20	13,27	14,84
19,0	0,136	0,242	0,379	0,545	0,972	1,517	2,18	3,41	6,05	9,46	13,65	15,26
20,0	0,140	0,249	0,389	0,559	0,997	1,556	2,23	3,49	6,21	9,70	13,99	15,64
22,0	0,147	0,261	0,408	0,586	1,048	1,64	2,35	3,67	6,53	10,1990	14,7110	16,45
24,0	0,153	0,262	0,426	0,612	1,093	1,70	2,45	3,83	6,81	10,633	15,34	17,15
26,0	0,160	0,284	0,443	0,637	1,137	1,77	2,55	3,99	7,09	11,07	15,96	17,85
28,0	0,166	0,294	0,460	0,662	1,182	1,84	2,65	4,14	7,35	11,50	16,56	18,55
30,0	0,171	0,308	0,476	0,685	1,222	1,91	2,74	4,28	7,62	11,89	17,15	19,18
32,0	0,177	0,315	0,492	0,707	1,262	1,97	2,83	4,43	7,87	12,28	17,72	19,81
34,0	0,181	0,324	0,507	0,729	1,300	2,03	2,91	4,56	8,10	12,65	18,25	20,40
36,0	0,188	0,334	0,522	0,750	1,338	2,09	3,00	4,69	8,34	13,02	18,78	21,00
38,0	0,193	0,343	0,535	0,770	1,374	2,14	3,08	4,82	8,56	13,37	19,28	21,56
40,0	0,198	0,352	0,549	0,790	1,409	2,29	3,11	4,94	8,78	13,71	19,78	22,12

Продолжение (табл. 12)

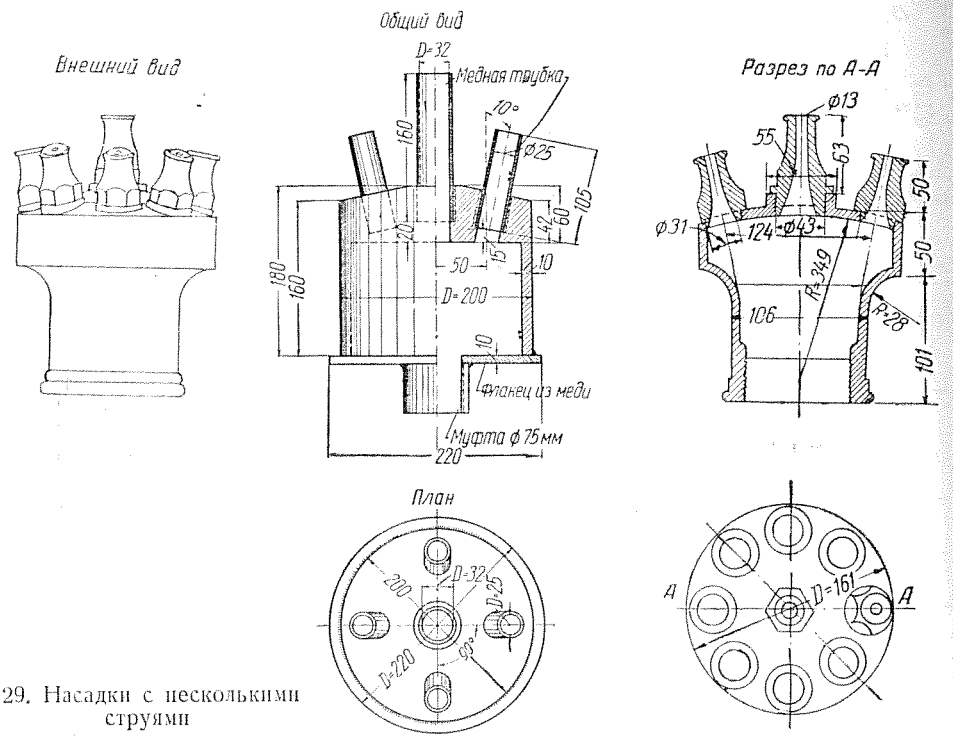
Напор у насадки в *м*	Расход воды в *л/сек* при диаметре насадки в *мм*												
	38	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100	125	150
1	5,02	5,6	7,04	8,70	10,52	12,51	14,70	17,04	22,25	28,16	34,80	54,32	78,23
2	7,10	7,8	9,93	12,27	14,83	17,65	20,73	24,03	31,37	39,71	49,07	76,59	110,30
3	7,28	9,62	12,18	15,05	18,20	21,66	25,43	29,48	38,49	48,72	60,20	93,97	135,34
4	10,04	11,12	14,08	17,40	21,04	25,04	29,40	34,08	44,50	56,32	69,60	108,64	156,46
5	11,24	12,45	15,77	19,49	23,57	28,05	32,93	38,17	49,84	63,08	77,95	121,68	177,24
6	12,30	13,62	17,25	21,32	25,77	30,67	36,02	41,75	54,51	68,99	85,26	133,08	191,66
7	13,30	14,73	18,66	23,06	27,88	33,18	38,96	45,16	58,96	74,62	91,22	143,95	207,31
8	14,21	15,74	19,92	24,62	29,77	35,43	41,60	48,22	62,97	79,69	98,48	152,10	221,39
9	15,06	16,68	21,12	26,10	31,56	37,56	44,10	51,12	66,75	84,48	104,40	162,96	234,69
10	15,86	17,57	22,25	27,49	33,24	39,57	46,45	53,85	70,51	88,89	109,97	171,64	247,21
11	16,67	18,46	23,37	28,88	34,83	41,57	58,80	56,57	73,87	93,49	115,54	180,34	259,72
12	17,37	19,24	24,36	30,10	36,40	43,32	50,86	58,96	76,99	97,43	120,41	187,95	270,68
13	18,12	20,08	25,41	31,41	37,98	45,20	53,07	61,51	80,32	101,66	125,28	195,55	281,68
14	18,78	20,79	26,33	32,54	39,34	46,83	54,98	63,73	83,22	105,32	130,15	203,16	289,45
15	19,43	21,53	27,24	33,67	40,71	48,25	56,89	65,95	86,11	108,98	134,68	210,22	302,75
16	20,08	22,24	28,16	34,80	42,08	50,08	58,80	68,16	89,00	112,64	139,20	217,28	312,92
18	21,29	23,57	29,85	36,89	44,71	53,09	62,33	72,25	94,34	119,40	147,55	230,32	331,70
20	22,43	24,85	31,47	38,89	47,02	55,96	65,71	76,19	99,46	125,88	155,56	242,81	349,69
22	23,59	26,13	33,09	40,89	49,44	58,84	69,09	80,09	104,58	132,35	163,56	255,30	367,68
24	24,60	27,24	34,50	42,63	51,55	61,35	72,03	83,50	109,03	137,98	170,52	266,17	383,83
26	25,60	28,36	35,90	44,37	53,65	63,85	74,97	86,90	113,48	143,62	177,48	277,03	398,97
28	26,56	29,47	37,31	46,11	55,65	66,36	77,91	90,31	117,93	149,25	184,44	287,90	414,62
30	27,51	30,47	38,58	47,68	57,65	68,61	80,56	93,38	121,93	154,32	191,40	298,76	430,27
32	28,41	31,47	39,85	49,24	59,54	70,64	83,20	96,45	125,94	159,39	196,62	307,45	442,78
34	29,27	32,42	41,04	50,72	61,33	72,99	85,70	99,34	129,72	164,17	202,88	316,69	456,08
36	30,12	33,36	42,24	52,20	63,12	75,12	88,20	102,24	133,50	168,96	208,80	325,92	469,38
38	30,92	34,25	43,37	53,59	64,80	77,12	90,55	104,97	137,06	173,47	214,37	334,61	481,90
40	31,73	35,14	44,49	54,98	66,49	79,13	93,90	107,69	140,72	177,97	219,94	343,30	494,41
45	33,68	37,31	47,24	58,38	70,59	83,88	98,64	114,35	149,08	188,67	233,16	363,94	524,14
50	35,49	39,31	49,77	61,51	74,38	85,52	103,93	120,47	157,31	199,94	246,04	385,67	555,43
60	38,91	43,09	54,56	67,43	81,53	97,03	113,93	132,06	172,44	218,24	269,70	420,98	607,28
70	42,02	46,54	58,93	72,82	88,05	104,79	123,04	142,63	186,23	235,70	291,28	454,66	654,79
80	44,88	49,71	62,94	77,88	94,05	111,93	131,42	152,34	198,92	250,62	311,11	483,45	696,25
90	47,64	52,76	66,88	82,56	99,84	118,82	139,50	161,88	211,38	267,62	330,06	516,04	743,19
100	50,20	55,60	70,40	87,00	105,20	125,52	147,00	170,40	222,50	281,60	348,00	543,32	782,23

Таблица 13

Эскиз насадки	Номер насадки	Выходные отверстия: количество	Выходные отверстия: размеры в *мм*	Площадь выходного отверстия в *см²*	Напор у наконечника	Высота струи в *м*	Дальность полета струи по горизонтали	Расход воды в *л/сек*: одним отверстием	Расход воды в *л/сек*: всей насадкой	Коэфициент расхода воды
	1	1	28,6	6,35	12,6	9,16	0	6,63	6,63	0,643
	2	5	16	2,05	7,0	3,67	0	2,01	10,5	0,92
	3	1	63,5×16	10,85	7,9	4,27	11,6	7,25	7,25	0,638
	4	1	60×12,7	7,62	13,4	7,95	7,6	7,60	7,60	0,634
	5	2	31,8×12,7	4,04	14,3	9,16	4,26	4,02	8,05	0,650
	6	1	28,6	6,35	14,3	10,70	0	7,60	7,60	0,92
	7	2	22,2	3,88	3,35	1,83	0	2,85	5,7	0,92
	8	1	22,2	3,88	2,75	1,24	0	1,72	1,72	0,612
	9	2	70×8	60,8	22,8	3,05	15,25	7,7	15,4	0,660
	10	1	63,7	30,7	41,0	24,20	0	63,00	63,00	0,735



128. График для определения величины приведенного диаметра d_0 в кольцевых (менажерных) насадках



129. Насадки с несколькими струями

Насадка этой конструкции является наиболее экономичной по расходу воды по сравнению с любой другой цилиндрической насадкой.

Расход воды концентрической кольцевой насадкой определяется по формуле:

$$q = 3{,}14\,(R^2 - r^2)\,v = 3{,}14\,(R^2 - r^2)\sqrt{2gH} = 13{,}90\,(R^2 - r^2)\sqrt{H},$$

где: R — радиус трубы;
r — радиус сердечника;
H — напор у насадки;
g — ускорение силы тяжести.

Для упрощения расчетов сечение кольцевого отверстия можно привести к эквивалентному цилиндрическому сечению d_0 (в *см*):

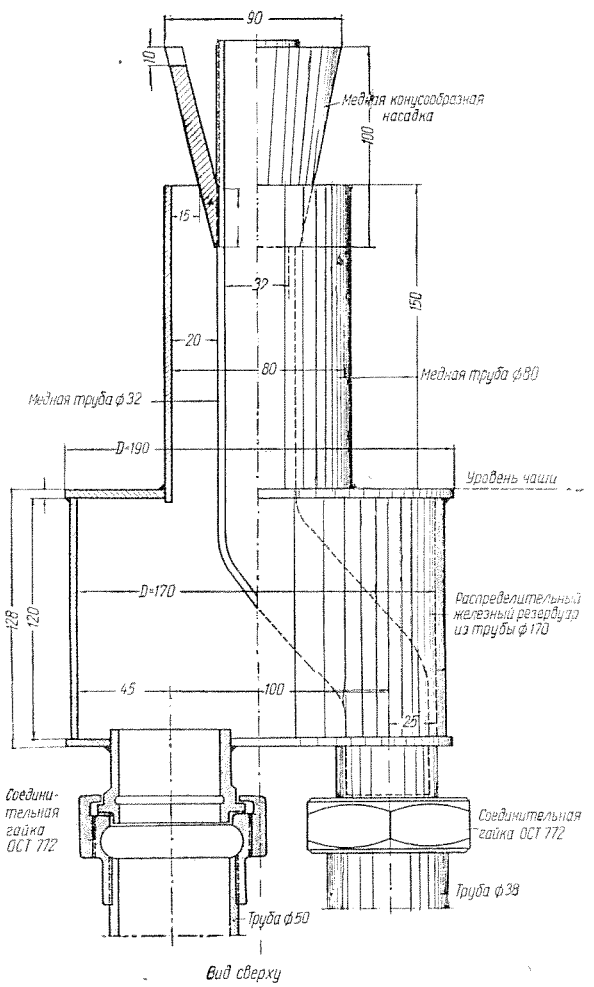
$$d_0 = \sqrt[4]{\frac{(D+d)\,(D-d)^3}{1{,}5}},$$

где: D — внутренний диаметр наружной трубы в *см*;
d — наружный диаметр внутренней трубы в *см*.

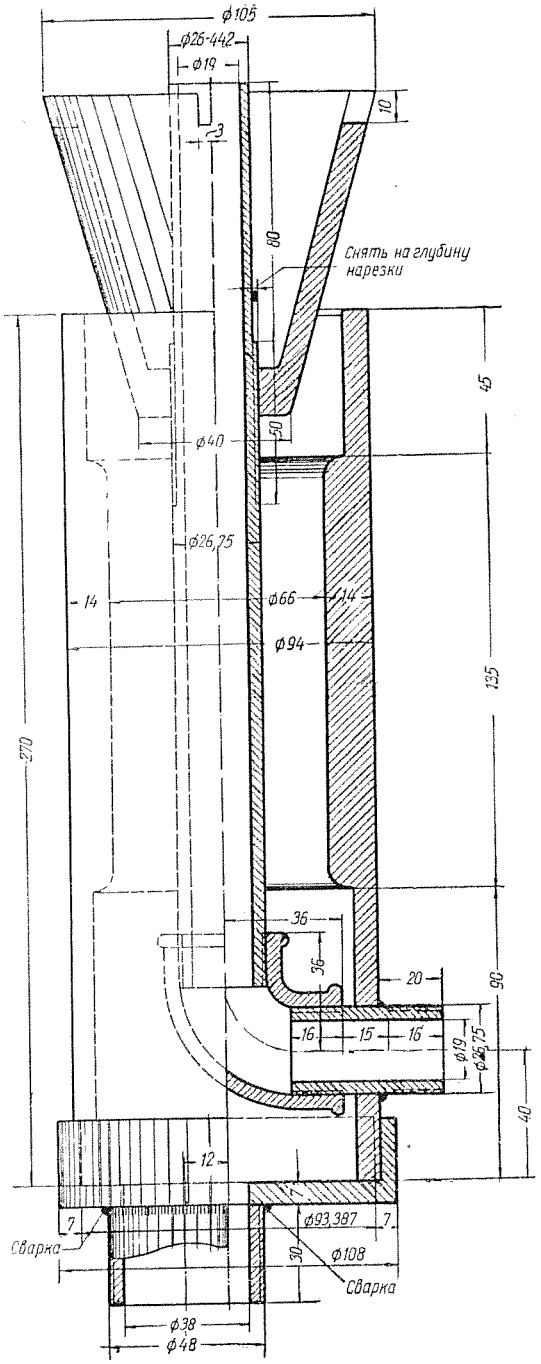
Величину d_0 легко определить по графику, приведенному на рис. 128.

Конструкция насадок зависит от принятого в проекте композиционного решения. Игра струй в насадках различных конструкций может быть весьма разнообразной.

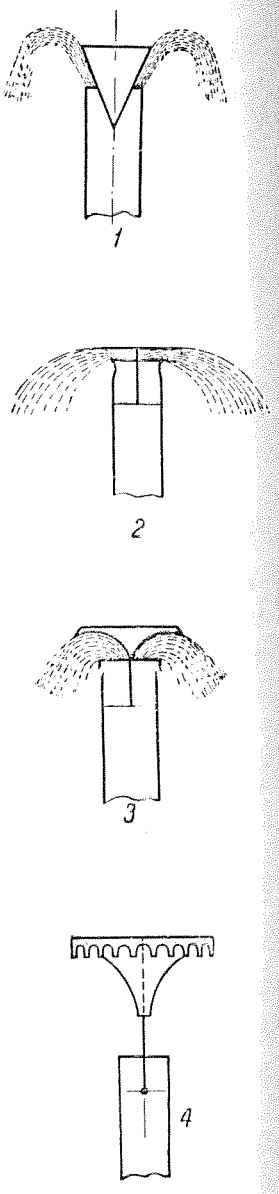
На рис. 129 представлены две фонтанные насадки с несколькими струями — одной вертикальной и остальными наклонными. Первая насадка представляет собой точеный из латуни цилиндр с пятью медными цилиндрическими трубками. Диаметр трубки для центральной струи 32 *мм*. Четыре трубки наклонены под углом 10° к вертикали и имеют диа-



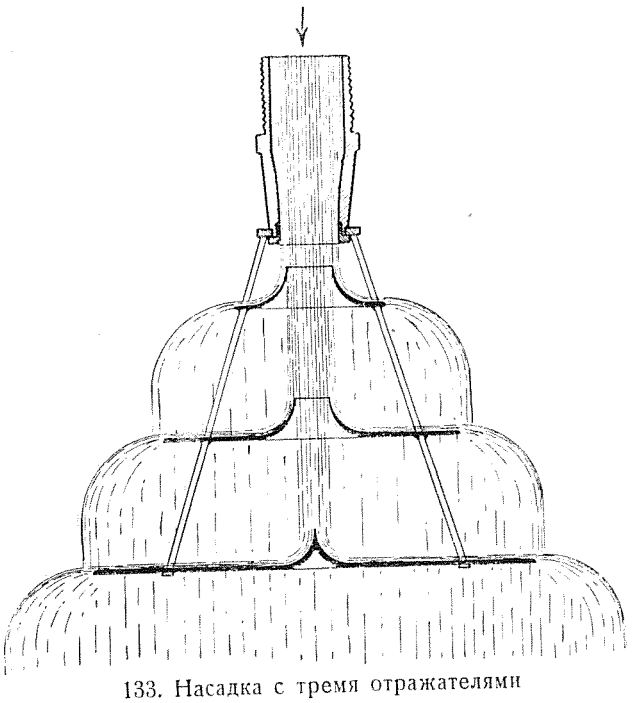
130. Комбинированная насадка



131. Комбинированная насадка



132. Схема отражателей



133. Насадка с тремя отражателями

метр 25 *мм*. Вторая насадка с коноидальными наконечниками диаметром 13 *мм* имеет одну центральную и восемь наклонных струй.

Комбинированная насадка с вертикальной струей и водяным тюльпаном показана на рис. 130.

Медная конусообразная вставка соединена на резьбе с медной центральной трубой, из которой бьет вертикальная струя. Вода, поступающая по кольцевому отверстию, ударяется о конус, изменяет свое направление и образует при работе фонтана водяной тюльпан.

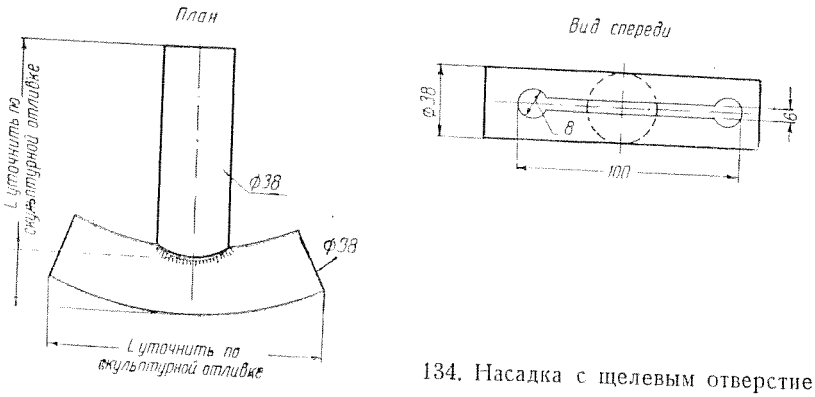
Наличие поворотов перед насадкой вертикальной струи создает завихрения в трубе, что приводит к быстрому разрушению струи в воздухе. Применять эту насадку следует при малых напорах.

Более удачной конструкцией является насадка с боковым подводом центральной струи (рис. 131), так как более длинный прямой участок трубы устраняет завихрения в ней. Отражательный конус на резьбе обеспечивает возможность регулирования размеров водяного тюльпана.

Для создания большого факела после вылета струи из насадки устраиваются отражатели, придающие струям самую различную форму. Схемы таких отражателей изображены на рис. 132.

Отражатель в виде конуса аналогичен рассмотренным ранее насадкам. Насадка с горизонтальной пластинкой-отражателем создает при малых напорах почти прозрачный водяной колокол. Отражателем с кривыми поверхностями можно придавать водяной пелене любой наклон и любую форму в зависимости от принятого радиуса кривизны.

Наконечник с отражателем, имеющим изрезанные кромки, может перехватывать струю на заданной проектом высоте. Такой факел будет иметь вид нескольких струй, бьющих наклонно из лепестков кромки отражателя.



134. Насадка с щелевым отверстием

Оригинальная конструкция насадки, создающей несколько все увеличивающихся в диаметре водяных колоколов, представлена на рис. 133. Особенностью этой насадки является возможность подводки воды сверху, что при работе ее создает впечатление прозрачных водяных колоколов, как бы висящих в воздухе. Для маскаронов рекомендуется применять насадки с широким изливом струи. Этого можно достигнуть сплющиванием цилиндрической трубы или же устройством щелевого отверстия по аналогии с насадкой, изображенной на рис. 134.

Для того чтобы края широкой струи быстро не разрушались, следует увеличивать сечение этих щелей, устраивая по краям расширение в виде двух круглых отверстий.

Равномерное разбрызгивание воды из дырчатых труб достигается заделкой в тело трубы специальных вставок из легкоплавкого металла с рассверливанием отверстий в них при установке трубы на место. Сверловка отверстий непосредственно в теле стальной трубы не обеспечивает получения одинаковых струй, так как быстрое ржавление стенок отверстия изменяет его сечение, делает поверхность шероховатой, в результате чего распределение воды становится неравномерным.

Для создания сплошной водяной завесы в сочетании с тонкими струями, бьющими из трубы, между ними можно располагать дренчерные головки, разбрызгивающие воду.

При тщательной регулировке в безветренную погоду в фонтанных композициях можно достигать прекрасных зрительных эффектов при встрече струй. Две струи, бьющие навстречу друг другу, образуют пульсирующий водяной диск, сверкающий на солнце всеми цветами радуги; две струи, пересекающиеся под углом, образуют фигуру, похожую на водяной сноп.

Красивые белые пенящиеся струи в виде сахарной головы получаются при применении струйных эжекторных насадок. Работа их основана на принципе передачи энергии одного потока, движущегося с большой скоростью, другому, движущемуся с меньшей скоростью, или в нашем случае — при заборе воды из бассейна фонтана, находящегося в состоянии покоя.

Схема действия водоструйного насоса-насадки следующая (рис. 135): по напорной трубе A вода под давлением подводится в смесительную камеру B, погруженную ниже уровня воды в бассейне; через отверстия в стенках камеры под действием разрежения вода засасывается из бассейна и через горловину F, а потом из диффузора D поступает в трубопровод E и выбрасывается в атмосферу через насадку.

Смесительная камера может быть расположена и выше уровня воды в бассейне; в этом случае вода к ней подводится по специальному всасывающему трубопроводу. Высота всасывания не должна превышать 1,5 *м*, а скорость во всасывающей трубе 2,0 *м/сек*.

Применение таких насадок следует признать желательным как при подводке воды к фонтанам от городского водопровода, так и при оборотном водоснабжении и подаче воды насосом.

По методике, разработанной инж. Баулиным, расчет такой водоструйной насадки следует вести в такой последовательности.

1. Задаться коэфициентом смешения ($K_{см}$):

$$K_{см} = \frac{Q_{вс}}{Q_{нап}},$$

где: $Q_{вс}$ — расход всасываемой воды в $м^3/сек$;
$Q_{нап}$ — расход воды напорным трубопроводом в $м^3/сек$.

2. Определить величину $m = \frac{F_{гор}}{F_{н}}$, т. е. отношение сечения горловины к сечению сопла на напорной трубе, по формуле:

$$m = (2 - \varphi)(1 + K_{см})^2,$$

где φ — коэфициент, принимаемый для приближенных расчетов равным 0,7—0,8.

3. По формуле, выражающей зависимость между полезным напором насоса и его производительностью при заданном соотношении размеров смесительной трубы и сопла и имеющей вид:

$$m - \frac{H_{вс} \cdot m^2}{2H_{н}} = (1 + K_{см})^2,$$

вычисляем $K = \frac{H_{вс}}{H_{н}}$,

где: $H_{вс}$ — геометрическая высота подъема всасываемой воды;
$H_{н}$ — напор в напорном водопроводе у сопла в *м*.

Коэфициент полезного действия насоса η определяется:

$$\eta = \frac{H_{вс}}{H_{н}} K_{см} = K \cdot K_{см}.$$

При наличии диффузора на конце смесительной камеры:

$$K_1 = \frac{H_{вс}}{H_{н}} + \varphi(1 + K_{см})^2 \cdot \frac{1}{m^2}.$$

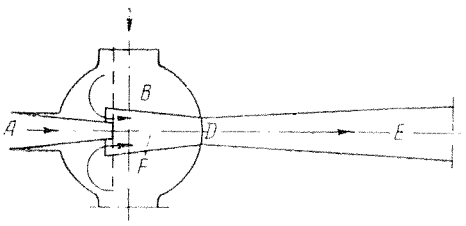
4. Определить количество эжектирующей жидкости:

$$Q_{н} = \frac{Q_{вс}}{K_{см}}.$$

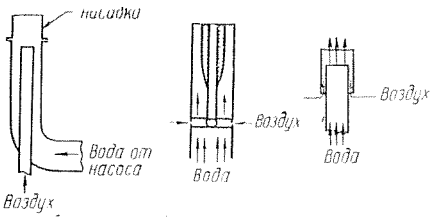
5. Найти скорость истечения из сопла в *м/сек*:

$$V_{с} = \sqrt{A \frac{2H_{вс}}{K \cdot \rho}},$$

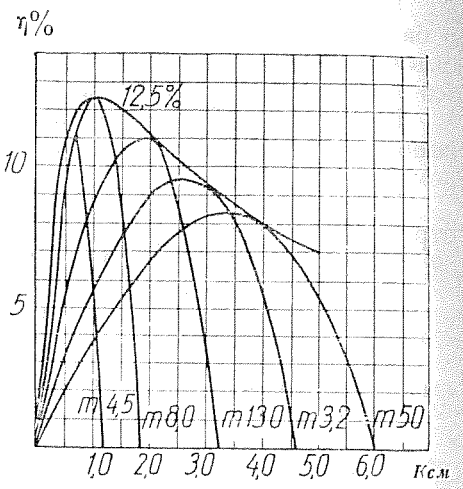
где: A — коэфициент, учитывающий дополнительные потери, равный в среднем 1,2;
ρ — плотность в $кг/сек^2/м^4$ — для воды при температуре $T = 10°$ $\rho = 101{,}9$; при $T = 20°$ $\rho = 101{,}7$.



135. Схема водоструйного насоса



136. Принципиальная схема аэрирующих насадок



137. График для определения к. п. д. насадки

6. Определить площадь сечения сопла ($F_н$):

$$F_н = \frac{Q_{нап}}{V_{нап}}.$$

По приведенным выше формулам определяются все необходимые предварительные данные для конструирования отдельных элементов инжектора. При применении таких насадок для фонтанов следует производить экспериментальную проверку конструкции для выявления окончательных гидравлических характеристик.

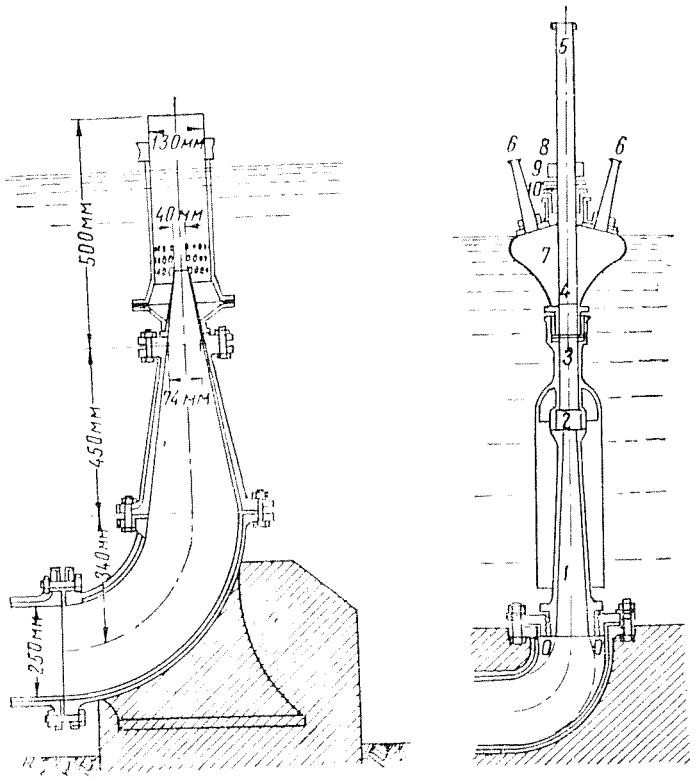
Коэфициент полезного действия таких инжекторов очень низок и не превышает 0,125. Но эта незначительная величина повышает экономичность работы фонтана и уменьшает на 10—12% стоимость затрат на электроэнергию, а при прямоточных фонтанах уменьшает количество потребляемой воды.

Максимальные возможные значения к. п. д. для различных m и K_c (по Баулину), могут быть определены по графику (рис. 137).

Для получения мощных струй, бьющих на большую высоту, следует применять насадки с подсосом воздуха, основанные на принципе инжекции. Принципиальная схема таких насадок указана на рис. 136. Конструкции одноструйной и многоструйной инжекторных насадок даны на рис. 138.

В менажерных насадках для этой цели можно применять полый сердечник, соединенный небольшими трубками с атмосферой. Аэрированные струи в таких наконечниках, имеющих большую преломляющую способность, гораздо эффективнее при дневном и, тем более, при искусственном освещении. Воздух сцепляется со струей воды, которая на бо́льшей, чем обычная струя, высоте сохраняет форму нераспадающегося конусообразного стержня. Эти наконечники дают на 10—12% бо́льшую высоту струи, чем обычные при том же напоре.

В южных городах с малым содержанием влаги в воздухе для фонтанов, расположенных в скверах, парках и на площадках, предназначенных для отдыха, рекомендуется применять насадки, разбрызгивающие



138. Многоструйная и одноструйная инжекторные насадки

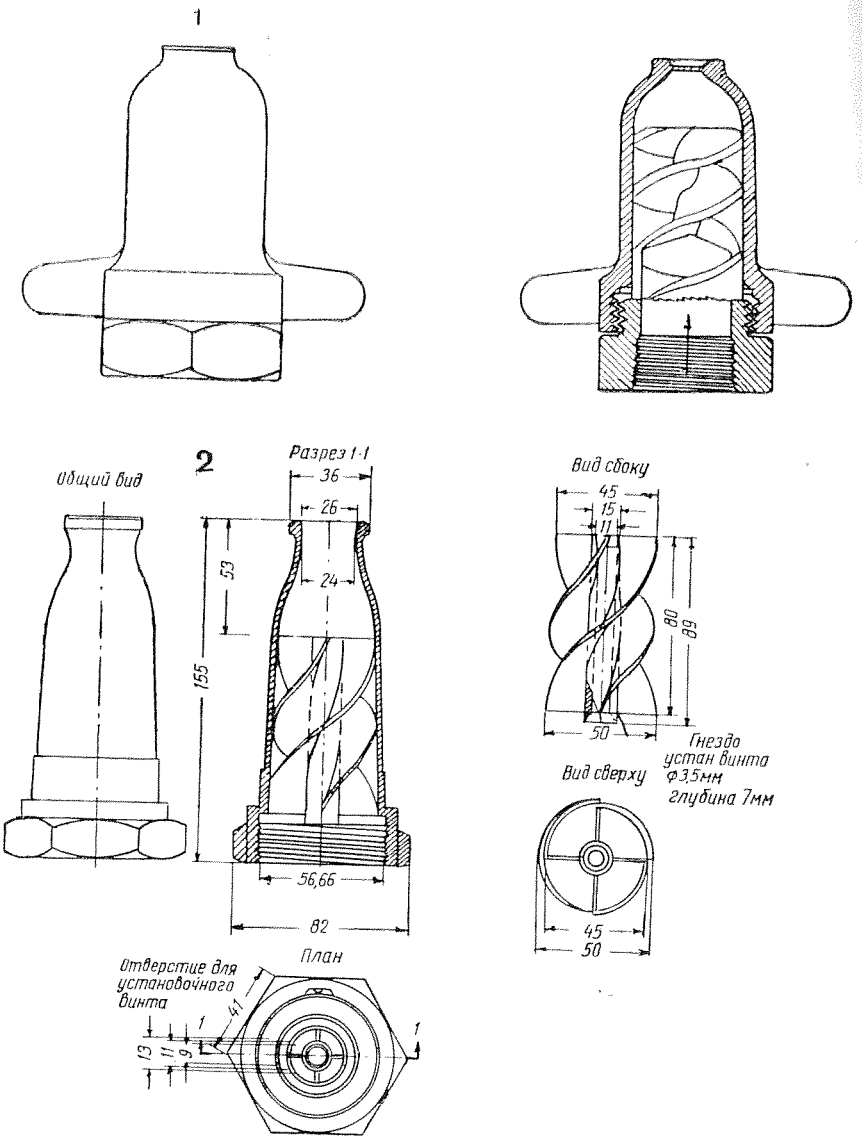
воду на мелкие капли. Такие распыляющие воду насадки способствуют увлажнению и охлаждению воздуха.

В этих условиях можно использовать насадки, нашедшие применение в промышленном водоснабжении для охлаждения воды (рис. 139). По принципу действия эти насадки разделяются на винтовые или центробежные (рис. 139, фиг. *1* и *2*), в которых разбрызгивание достигается завихрением струи при помощи специальных спиралей, помещенных внутри насадки.

Для получения более эффектного конуса распыления воды можно применять многоструйные центробежные сопла, помещенные одно в другом, с двумя спиралями, направленными в противоположные стороны и создающими вращение струй (фиг. 3), а также насадки ударного действия, распыляющие воду от удара струи о стенки насадки или струи о струю (фиг. *4—5*), и насадки щелевого типа (фиг. *6*). Пример фонтанной насадки с девятью разбрызгивающими соплами приведен на рис. 140.

Во избежание частого засорения эти насадки, расходующие сравнительно небольшое количество воды, лучше всего присоединять к трубопроводу, питающему фонтан непосредственно от городской сети.

В фонтанах с оборотной системой водоснабжения при применении разбрызгивающих насадок необходим тщательный уход за водоемом, из которого насос забирает воду. В камере перед всасывающей трубой насоса должен быть устроен сетчатый фильтр такой конструкции,



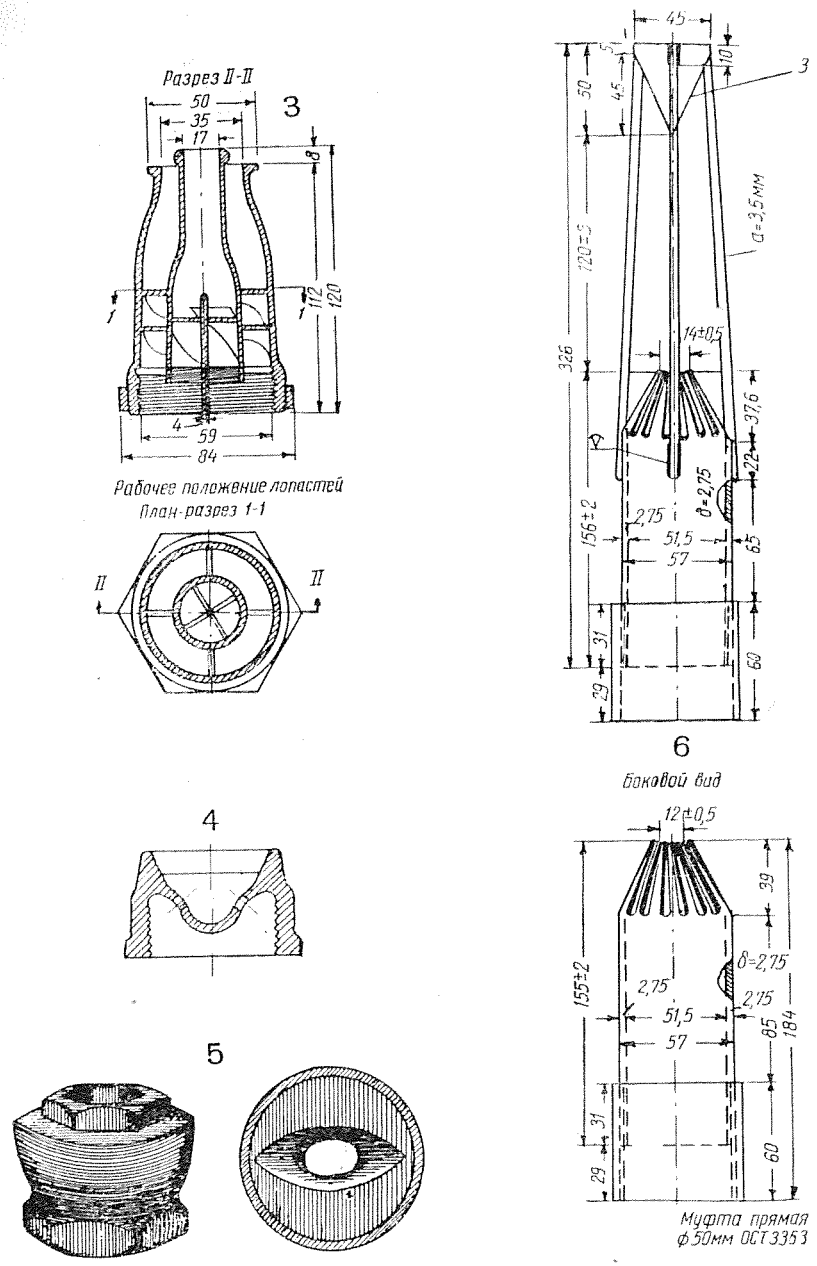
139. Конструкции распыляющих воду насадок

которая легко поддается очистке и промывке. Рядом с фонтаном в подземном колодчике следует иметь промывной кран со шлангом.

Расход воды (в *л/сек*) насадками, указанными на рис. 139, определяется опытным путем, в зависимости от напора у насадки (в *м*), диаметра и конструкции ее.

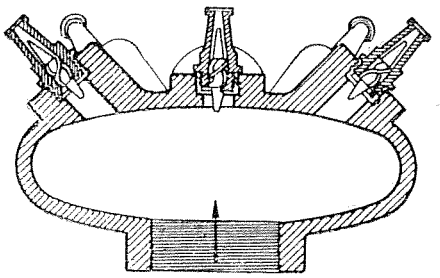
Ориентировочно расход воды этими насадками может быть рассчитан по формуле:

$$q = 0{,}000228\ Kd \cdot H^n,$$

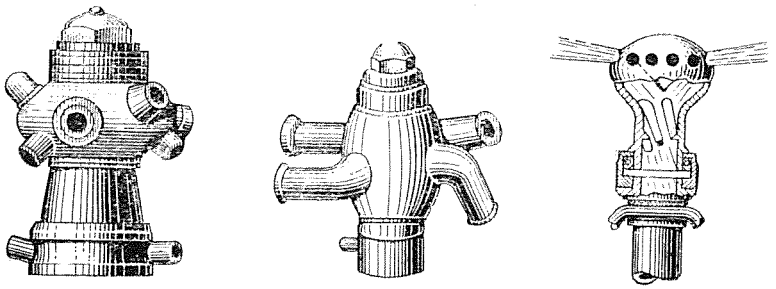


139а. Конструкции распыляющих воду насадок

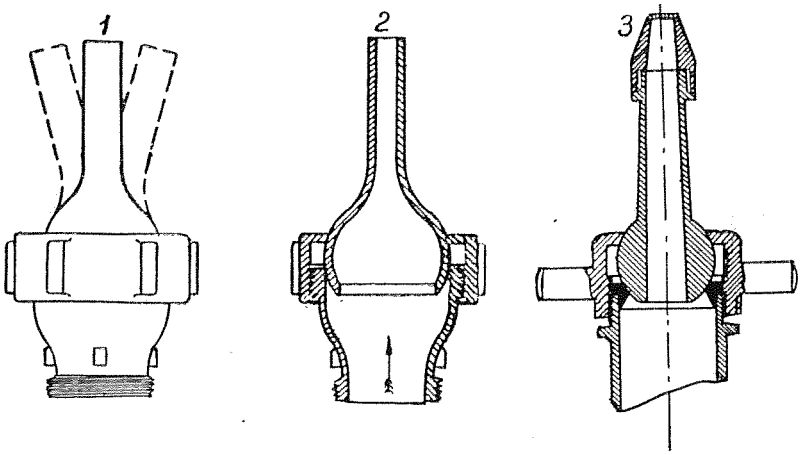
где: d — диаметр выходного отверстия насадки в *мм*;
H — давление перед насадкой;
K — коэфициент, зависящий от конструкции насадки, который можно принимать для насадок *1—3* равным 40—50, а для насадок *4—5* равным 35—45;
n — показатель степени, зависящий от типа сопла и принимаемый соответственно равным 0,53 и 0,50.



140. Многоструйная распыляющая насадка



141. Вращающиеся насадки



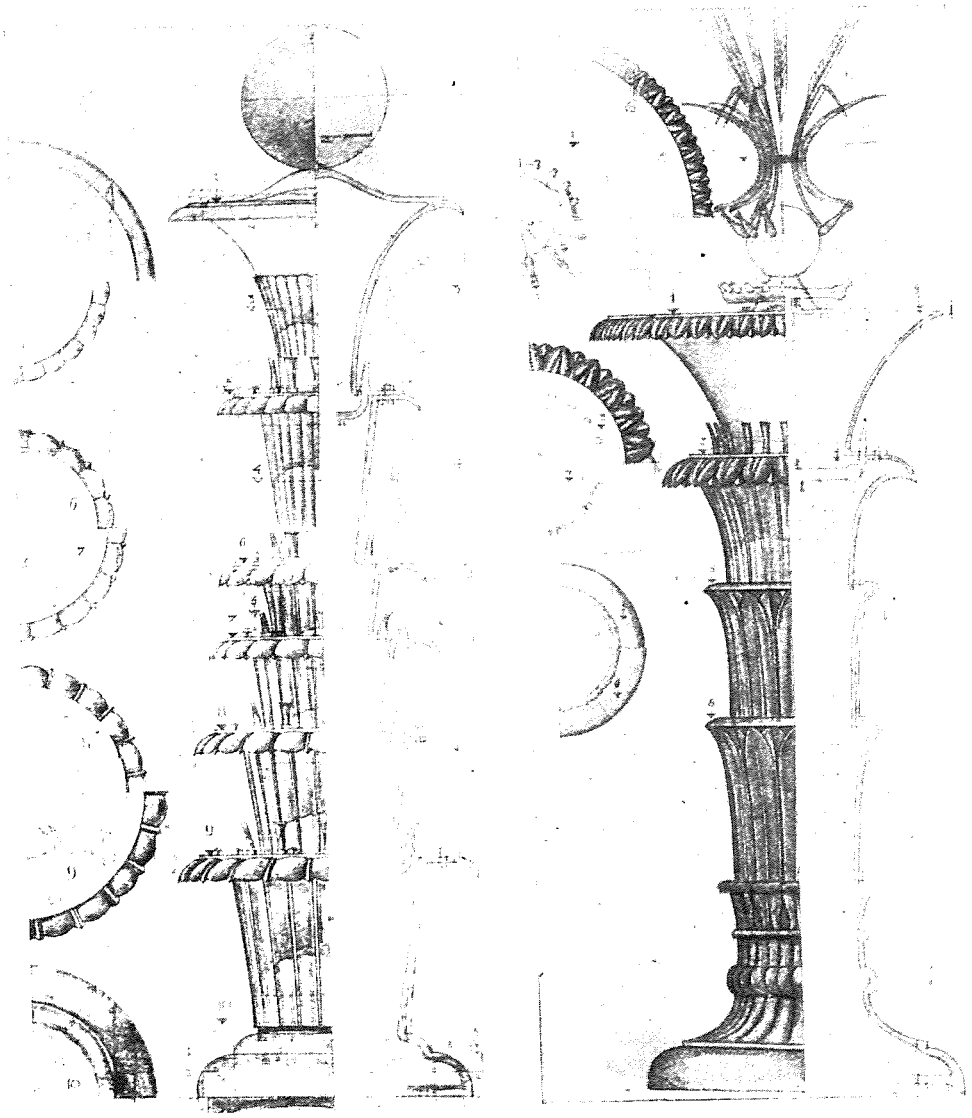
142. Шарнирные насадки

Радиус орошения и высота факела разбрызгивания для разных насадок в зависимости от напора также должны определяться экспериментально.

Для разбрызгивания струи на мельчайшую водяную пыль служат пульверизационные насадки с подсосом воздуха.

Раздробленную струю с большим факелом можно получить и из обычной цилиндрической насадки с устройством спирального выреза на 3—4 витка на внутренней поверхности насадки.

На больших водоемах могут применяться вращающиеся насадки, создающие при вращении игру струй. Последние при таких насадках



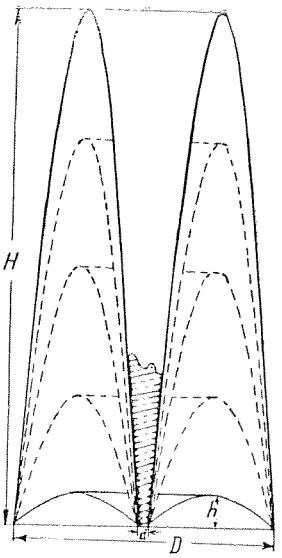
143. Фрагменты чугунных литых фонтанов с размещением насадок

могут быть направлены горизонтально или под углом. Количество струй определяется конструкцией насадки, но во всех случаях их не должно быть менее четырех. Представление об этих насадках дает рис. 141.

Для наклонных струй могут применяться шарнирные насадки (рис. 142).

Пример размещения многоструйных фонтанных насадок для сложных композиций фонтанов приведен на рис. 143.

Оригинальная конструкция так называемого стробоскопического фонтана разработана советским инженером И. Д. Школиным. Электромеханическое устройство его следующее.



144. Вид факела стробоскопического фонтана

На неподвижной станине размещены трехполюсные наконечники с обмоткой; к обмоткенаконечников подводится трехфазный ток, к каждому наконечнику — одна фаза.

Между наконечниками-электромагнитами укреплен постоянный магнит в виде поляризированной пружины, в центре которой имеется фонтанный наконечник, жестко скрепленный с пружиной и шарнирно — с подводящей водопроводной трубой. При пропуске электрического тока через трехполюсные наконечники в результате взаимодействия вращающегося магнитного потока трех обмоток наконечников пружина вращательно вибрирует с частотой сети 50 периодов в 1 сек. Вместе с пружиной вибрирует и фонтанный наконечник, причем он вращается по конусу с той же частотой, т. е. 50 оборотов в 1 сек.

Струя воды, выбрасываемая из наконечника, по выходе вращается по спирали с той же частотой, причем высота параболоида вращения тем больше, чем больше напор у фонтанного наконечника (рис. 144).

Стробоскопический эффект в данном случае заключается в том, что при применении газосветных ламп скорость вращения струи синхронна с частотой тока, питающего газосветную лампу, и струя поэтому освещается всегда в один и тот же момент и в одном и том же состоянии, ввиду чего она образует неподвижный водяной конус, повисший в воздухе. При применении многоцветных газосветных ламп эффект будет еще больше.

При разных частотах напряжения у газосветных ламп и трехполюсных наконечников струя воспринимается вращающейся, причем вращение кажется тем быстрее, чем больше разность частот.

Особое внимание должно быть обращено на конструкцию шарнирного соединения, которое может выдержать 50 вращений в секунду при сохранении его герметичности. В таком фонтане диаметр окружности основания конуса падающей воды очень велик; кроме того, при незначительном ветре мельчайшие капли воды могут уноситься ветром, ввиду чего бассейн должен быть большого размера.

При воздействии ветра на вращающийся водяной конус светового стробоскопического эффекта временами может не быть, но и в этом случае освещенный водяной конус представляет собой красивое зрелище.

Стробоскопический фонтан можно использовать для декоративного оформления площадей, парков, выставок, где имеются большие водные партеры. Особенно хороший зрительный эффект он дает в закрытых помещениях — зимних садах дворцов культуры, клубов и санаториев.

РАСЧЕТ СТРУЙ

Расчет струй и фонтанов иногда уподобляют расчету пожарных струй. Это не совсем правильно, так как для пожаротушения важно, чтобы струя была компактной (не разрозненной) и чтобы она выбрасывала определенное количество воды на необходимую высоту. При расчете же

фонтанных струй и конструировании насадок основной целью является достижение максимального художественного эффекта при минимальном расходе воды.

Все гидравлические расчеты при проектировании фонтанов заключаются в определении расходов воды, форм траекторий струй и потребных напоров у насадок для правильного подбора механического оборудования.

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

Окончательные коррективы в расчеты и проект вносит тщательная регулировка, на которую следует обращать особое внимание при приемке и пуске фонтана.

Струи в композиции фонтана могут быть вертикальными и наклонными. Для получения высоких вертикальных струй следует стремиться, чтобы участок трубы перед насадкой был прямолинеен, без изгибов и переходов, без образования в трубе завихрений, так как при завихрениях струя быстро разрушается.

Для насадок с малым диаметром, до 13 *мм*, трудно получить высоту струи более 30 *м*,— в этом случае требуются очень большие напоры у насадки. Увеличение струи достигается применением насадок большого диаметра, при которых струя не так быстро разрушается.

Наибольшая высота струи была получена в 1939 г. При напоре в 270 *м* струя достигала 110 — 120 *м*; описание этой установки нами приводилось ранее.

Экспериментальные работы по определению высоты фонтанных и пожарных струй в последние годы проводились у нас инженером С. И. Копыловым во Всесоюзном научно-исследовательском институте гидротехники и мелиорации и профессором В. Г. Лобачевым.

Капитальной работой в этой области, в значительной степени обобщающей теоретический материал по расчету фонтанных струй, является прекрасный труд проф. В. Г. Лобачева „Расчет противопожарных водопроводов и подачи воды к месту пожара". Из этой работы мы заимствовали некоторые приведенные ниже формулы и таблицы.

Высота вертикальной раздробленной струи $S_в$ может быть определена по формуле Люгера:

$$S_в = \frac{H}{1+\varphi H}; \quad \frac{1}{S_в} = \frac{1}{H} + \varphi,$$

где: H — напор у насадки в *м*;

φ — коэфициент, зависящий от диаметра насадки.

Опыты, проведенные Люгером с насадками диаметром от 10 до 30 *мм*, дали результаты, по которым значение коэфициента φ, зависящее от диаметра насадки в *мм*, определяется по формуле:

$$\varphi = \frac{0{,}25}{d + (0{,}1 \cdot d)^3}.$$

Значения φ приведены в табл. 14.

Таблица 14

d	3	4	5	6	7	8	9
φ	0,0825	0,0615	0,0487	0,0404	0,0440	0,0294	0,0257
d	10	11	12	13	14	15	16
φ	0,0228	0,0203	0,0183	0,1650	0,0149	0,0136	0,0124
d	17	18	19	20	21	22	23
φ	0,0114	0,0105	0,0097	0,009	0,0083	0,0077	0,0071
d	24	25	26	27	28	29	30
φ	0,0066	0,0061	0,0057	0,0053	0,005	0,0047	0,0044
d	32	38	50	60	65	70	75
φ	0,0039	0,0025	0,0014	0,0009	0,0007	0,0006	0,0005
d	80	90	100				
φ	0,0004	0,0003	0,0002				

Для насадок с диаметром более 50 *мм* приведенными значениями следует пользоваться только для ориентировочных подсчетов, проверяя, по возможности, действительное значение φ экспериментально.

Другая формула для определения высоты вертикальных раздробленных струй для H и d в *м* предложена Фриманом:

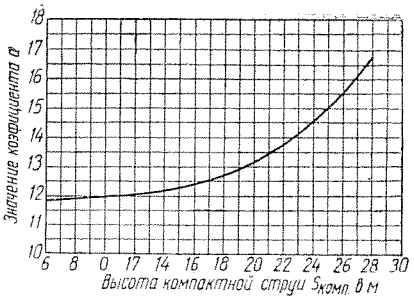
$$S_{\text{в}} = H\left(1 - 0{,}000113\,\frac{H}{d}\right).$$

Расход воды в зависимости от высоты вертикальной струи и диаметра наконечника можно определить по формуле:

$$q = \sqrt{\frac{B_{\text{и}}}{\frac{1}{S_{\text{в}}} - \varphi}}.$$

Значения коэфициента истечения $B_и$ указаны в табл. 10.

По приведенным формулам определяется высота раздробленной части струи, то-есть той, которой достигают отдельные капли. Эта высота всегда меньше величины напора у насадки. При малых напорах эта разница уменьшается, и струя до самой кроны остается компактной. При условии, что $h \leqslant$ диаметра насадки, ствол струи исчезает, а крона превращается в водослив с круглым ребром, расход воды которого равен:



145. График для определения коэфициента α

$$Q = \frac{2}{3}\mu D\pi h \cdot \sqrt{2gh}.$$

При бо́льших напорах разница между $S_в$ и H и S_k и $S_в$ увеличивается.

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

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

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

Высота компактной струи S_k меньше полной высоты раздробленной струи.

По Лобачеву эта зависимость между высотами определяется формулой:

$$S_в = \alpha \cdot S_k = [1{,}19 + 80\,(0{,}01\,S_k)^4]S_k.$$

Величина коэфициента α, подсчитанного по этой формуле, находится по графику (рис. 145).

Высота вертикальных струй в зависимости от напора у насадки и ее диаметра приведена в табл. 15.

Графически зависимость между $S_в$, d, q и H, $S_в$ и d представлена на рис. 146, заимствованном из книги проф. В. Г. Лобачева.

Струя, бьющая из насадки, наклоненной под углом к горизонту, будет описывать траекторию; чем больше угол наклона, тем круче восходящие и нисходящие ветви этой траектории, и чем меньше этот угол, тем она положе.

Траектория наклонной струи несколько отличается от параболы, по которой движется свободно брошенное тело.

Основные параметры этой траектории — горизонтальная проекция восходящей ветви l_1, нисходящей ветви l_2 и высоты траектории h — в зависимости от напора у насадки и угла наклона ее α определяются по следующим формулам:

$$l_1 = H\left[\frac{1}{2}\sin 2\alpha + \cos^3\alpha \ln\left(\frac{1+\sin\alpha}{\cos\alpha}\right)\right],$$

Таблица 15

Высота струи в *мм*	Диаметры наконечников в *мм*															
	3		4		5		6		7		8		9		10	
	Q	*H*	*Q*	*H*	*Q*	*H*	*Q*	*H*	*Q*	*H*	*Q*	*H*	*Q*	*H*	*Q*	*H*
1	0,033	1,09	0,057	1,065	0,088	1,05	0,124	1,04	0,167	1,035	0,224	1,03	0,282	1,028	1,348	1,022
2	0,048	2,40	0,084	2,28	0,129	2,21	0,180	2,18	0,244	2,15	0,224	2,12	0,409	2,11	0,50	2,10
3	0,063	3.98	0,106	3,68	0,163	3,52	0,226	3,41	0,310	3,34	0,402	3,29	0,507	3,25	0,623	3,21
4	0,077	5,96	0,127	5,30	0,194	4,97	0,266	4,75	0,357	4,64	0,473	4,54	0,604	4,46	0,730	4,40
5	0,092	8,50	0,149	7,23	0,223	6,60	0,325	6,25	0,407	6,02	0,538	5,86	0,676	5,74	0,825	5,64
6	0,108	11,80	0,172	9,50	0,254	8,50	0,343	7,90	0,456	7,54	0,660	7,28	0,750	7,10	0,920	6,91
7	0,128	16,60	0,194	12,30	0,283	10,62	0,381	9,73	0,501	9,20	0,716	8,82	0,825	8,54	1,00	8,34
8	0,152	23,50	0,219	15,75	0,315	13,20	0,425	12,10	0,550	11,0	0,777	10,45	0,896	10,10	1,08	9,76
9	0,186	35,0	0,248	20,10	0,348	16,0	0,458	14,10	0,600	13,0	0,835	12,25	0,965	11,70	1,17	11,30
10	0,237	57,10	0,282	26,0	0,384	19,50	0,497	16,65	0,645	15,15	0,955	14,15	1,03	13,45	1,25	12,95
12	—	—	0,375	45,80	0,467	28,90	0,585	23,0	0,741	20,03	1,09	18,55	1,172	17,35	1,41	16,50
14	—	—	—	—	0,575	44,0	0,688	31,80	0,860	25,80	1,21	23,80	1,32	21,90	1,58	20,60
16	—	—	—	—	0,740	72,50	0,814	44,50	0,984	35,0	1,375	30,02	1,47	27,20	1,745	25,20
18	—	—	—	—	—	—	0,978	64,30	1,130	46,50	1,548	38,30	1,635	33,60	1,92	30,50
20	—	—	—	—	—	—	—	—	1,310	62,50	1,752	48,60	1,81	41,10	2,12	36,80
22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	62,40	2,00	50,50	2,30	44,0
24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,23	62,50	2,53	53,10
26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,50	78,30	2,78	64,0
28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,02	75,50
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение (табл. 15)

Высота струй в *мм*	Диаметры наконечников в *мм*															
	11		12		13		14		15		19		25		32	
	Q	*H*	*Q*	*H*	*Q*	*H*	*Q*	*H*	*Q*	*H*	*Q*	*H*	*Q*	*H*	*Q*	*H*
1	0,42	1,02	0,50	1,02	0,585	1,02	0,68	1,015	0,78	1,012	1,25	1,01	2,12	1,007	3,50	1,0
2	0,605	2,08	0,72	2,08	0,845	2,07	0,985	2,06	1,11	2,047	1,79	2,04	3,02	2,02	4,97	2,01
3	0,752	3,19	0,81	3,17	1,035	3,15	1,21	3,14	1,39	3,13	2,20	3,095	3,73	3,06	6,10	3,02
4	0,878	4,35	1,04	4,32	1,21	4,28	1,41	4,25	1,61	4,22	2,55	4,16	4,30	4,10	7,05	4,06
5	0,992	5,56	1,175	5,50	1,36	5,44	1,59	5,40	1,82	5,37	2,86	5,26	4,84	5,15	7,80	5,10
6	1,095	6,83	1,30	6,74	1,51	6,66	1,75	6,59	2,00	6.54	3,15	6,37	5,33	6,23	8,70	6,15
7	1,20	8,14	1,42	8,04	1,65	7,90	1,90	7,80	2,18	7,73	3,44	7,54	5,75	7,31	9,40	7,20
8	1,30	9,53	1,53	9,37	1,77	9,21	2,05	9,07	2,34	8,96	3,68	8,66	6,18	8,40	10,0	8,25
9	1,40	10,98	1,69	10,80	1,90	10,56	2,20	10,40	2,50	10,24	3,93	9,85	6,55	9,50	10,70	9,35
10	1,49	12,50	1,79	12,25	2,02	12,20	2,34	11,75	2,66	11,54	4,23	11,45	7,07	11,00	11,30	10,40
12	1,67	15,80	1,96	15,40	2,26	15,00	2,61	14,60	2,96	14,35	4,60	13,58	7,65	12,92	12,40	12,60
14	1,85	19,40	2,17	18,80	2,60	18,20	2,87	17,70	3,28	17,49	5,05	16,20	8,40	15,48	13,50	14,80
16	2,04	23,50	2,38	22,60	2,73	21,70	3,13	21,00	3,55	20,41	5,45	18,90	9,00	17,90	14,40	16,90
18	2,22	28,10	2,60	26,90	2,96	25,60	3,40	24,60	3,83	23,80	5,85	21,80	9,65	20,41	15,40	19,35
20	2,42	33,30	2,81	31,60	3,19	29,80	3,64	28,50	4,10	27,50	6,25	24,80	10,20	23,0	16,30	21,70
22	2,63	39,30	3,04	36,80	3,44	34,60	3,90	32,70	4,40	31,40	6,55	27,60	10,80	25,70	17,15	24,05
24	2,86	46,20	3,28	42,90	3,70	39,80	4,18	37,40	4,68	35,60	7,00	31,30	11,35	28,40	18,0	26,50
26	3,09	54,20	3,52	49,60	3,95	45,60	4,45	42,50	5,0	40,40	7,40	34,80	11,90	31,20	18,90	28,90
28	3,34	63,50	3,78	57,30	4,22	52,0	4,74	48,0	5,28	45,30	7,75	38,40	12,45	34,10	19,60	31,40
30	3,64	75,0	4,07	66,60	4,50	59,40	5,04	54,30	5,58	50,70	8,15	42,40	13,0	37,10	20,40	34,0

$$l_2 = 2 \cdot H \cdot \cos\alpha \sqrt{\frac{2}{3}(1 - \cos^3\alpha)};$$

$$h = \frac{2}{3} H (1 - \cos^3\alpha).$$

Радиус действия наклонных фонтанных раздробленных струй в горизонтальной проекции будет:

$$R = l_1 + l_2 = H \cdot \cos\alpha \left[\sin\alpha + \cos^2\alpha \cdot \ln\left(\frac{1 + \sin\alpha}{\cos\alpha}\right) + 2 \sqrt{\frac{2}{3}(1 - \cos^3\alpha)} \right].$$

Вынося H и обозначая оставшуюся часть формулы через B_0, получим:

$$R = B_0 H.$$

Соответственно $l_1 = B_1 H$ и $l_2 = B_2 H$, откуда $B_0 = B_1 + B_2$.

К этому же простому выражению приводим формулу для определения высоты траекторий:

$$h = B_3 H.$$

Значения коэфициентов B_0, B_1, B_2, B_3 приведены в табл. 16.

Таблица 16

α	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	°5
B_1	0,455	0,488	0,617	0,720	0,790	0,822	0,827	0,810
B_2	0,342	0,494	0,615	0,785	0,834	0,825	0,919	0,930
B_0	0,797	0,982	1,232	1,505	1,624	1,647	1,746	1,740
B_3	0,030	0,066	0,113	0,169	0,235	0,3	0,372	0,432

Продолжение.

α	50°	55°	60°	65°	70°	80°	85°	90°
B_1	0,760	0,688	0,596	0,497	0,391	0,183	0,089	0
B_2	0,900	0,884	0,763	0,665	0,546	0,280	0,140	0
B_0	1,660	1,572	1,359	1,162	0,937	0,463	0,229	0
B_3	0,489	0,540	0,583	0,616	0,640	0,663	0,666	—

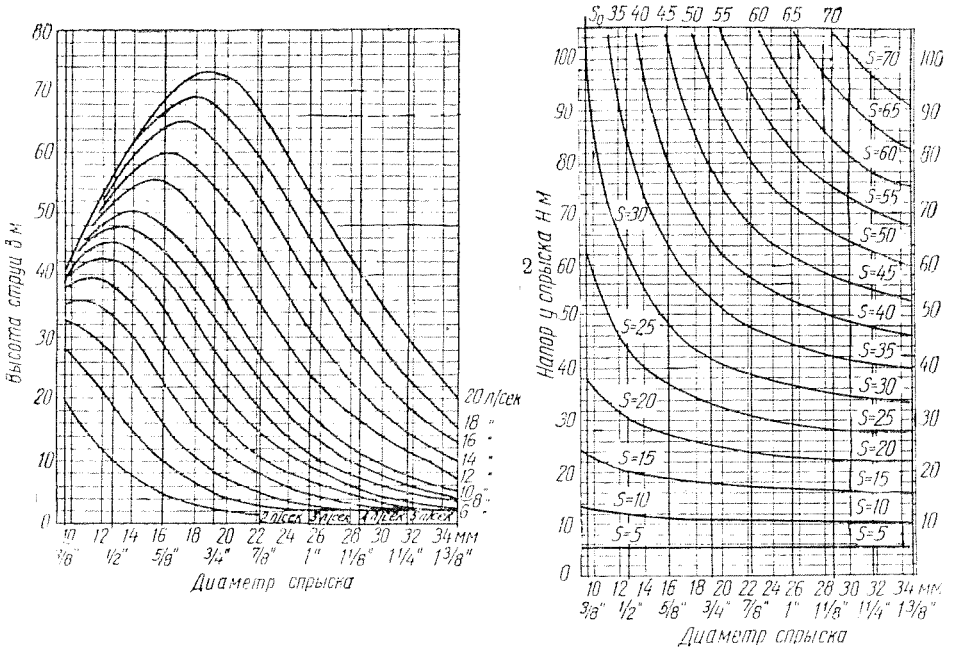
Для определения горизонтальной проекции наклонной струи, то-есть дальности ее вылета, в зависимости от различных углов наклона и напоров у насадки, на рис. 147 приведена номограмма.

Величина R находится на оси ординат в месте пересечения кривой напоров $H(S_0)$ с линией угла наклона насадки α. Например, при $H = 10$ *м* и $\alpha = 25°$ получим $R = 14{,}5$ *м*.

Как видно из этой номограммы, наибольшая дальность струи достигается при угле наклона насадки в пределах между 40 и 45°.

Высота траектории h может быть определена по графику (рис. 148); для нашего случая $h = 2{,}32$ *м*.

Дальность полета струи не зависит от диаметров насадки только для напоров до 10 *м*. При бо́льших напорах отклонения от данной формулы, не учитывающей влияния диаметра насадки, весьма значительны.



146. Графики для определения (слева) $S_в$ d, q и (справа) H, $S_в$ и d (по В. Г. Лобачеву)

При расчете фонтанных наклонных струй этой формулой можно пользоваться при напорах до 20 *м*, так как изменение поправочного коэфициента в этих пределах крайне незначительно и им можно пренебречь.

По исследованиям наклонных струй под углом 30° к горизонту с расположением насадки на 2 *м* от поверхности земли проф. Цункер получил приведенные в табл. 17 поправочные коэфициенты к идеальной дальности струи, подсчитанной по формуле:

$$R = \frac{v_0^2}{g} \cdot \sin 2\alpha,$$

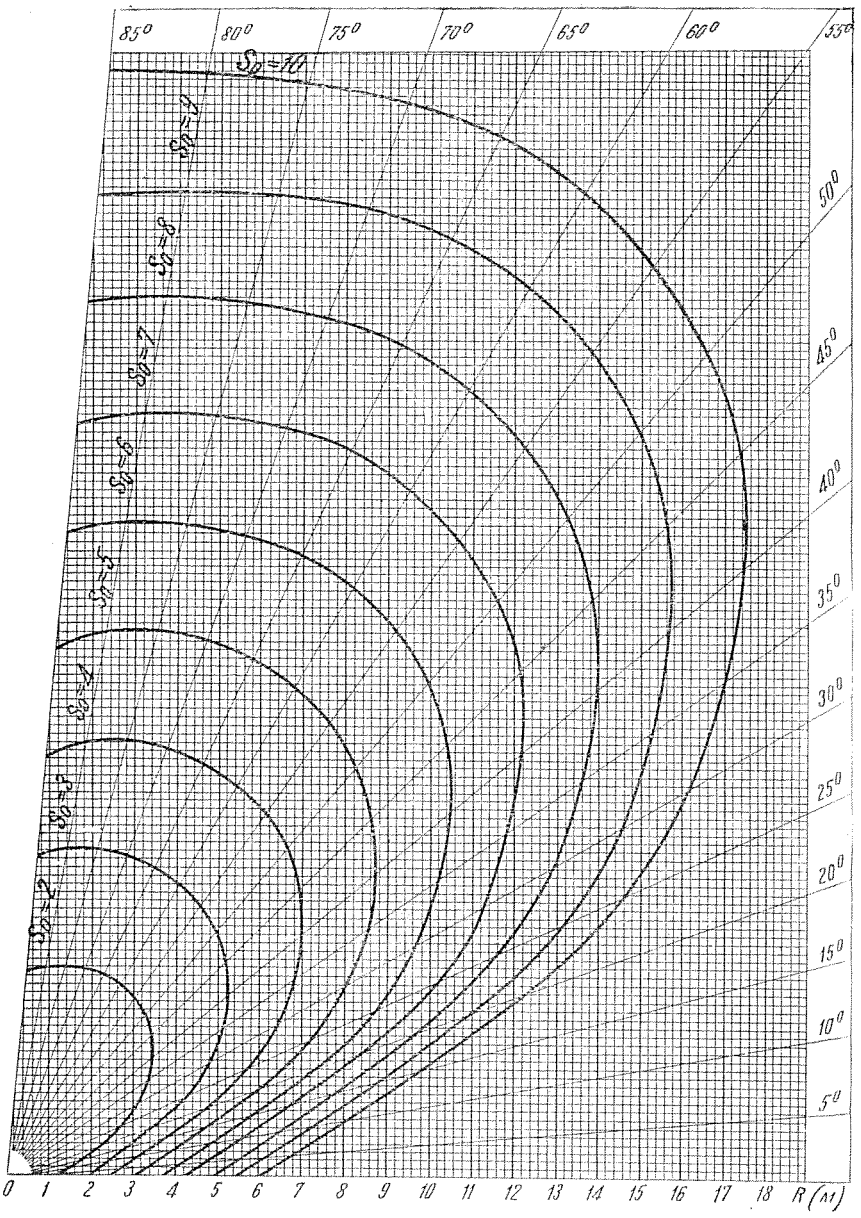
где v_0 — начальная скорость у насадки.

Таблица 17

Напор у насадки H в *м*	Поправочный коэфициент при диаметре в *мм*				Идеальная дальность полета струи в *м*
	20	30	37	48,5	
10	1,0	1,0	1,0	1,0	17
20	0,94	0,97	0,985	1,0	34
40	0,68	0,83	0,92	0,99	68
60	0,56	0,72	0,82	0,91	96

В результате опытов, проведенных советскими инженерами, для соотношений между диаметром насадки и напором в пределах от $\frac{H}{d} = 1000$ до $\frac{H}{d} = 4000$ для струй с углом наклона в 32° к горизонтали, получена следующая простая формула:

$$R = 0{,}42H \cdot 1000d.$$



147. Номограмма для определения дальности вылета струи в зависимости от H и угла наклона

Учитывая значительное количество формул и различные результаты, получаемые при вычислении отдельных параметров наклонных струй, а также изменение этих параметров под влиянием диаметра насадки, необходимо при проектировании больших фонтанов на больших водных поверхностях со значительными напорами у насадок предварительно проводить экспериментальные работы.

Такие эксперименты позволяют установить поправочные коэфициенты на диаметр насадки, угол ее наклона и учесть влияние, зависящее от конструкции насадки.

Все расчеты струи ведутся на случай работы в безветреные дни. Ветер значительно изменяет условия и может нарушить тщательно отрегулированную фонтанную композицию.

Влияние ветра на высоту и дальность горизонтального полета струи, направленной под углом 32° к горизонту, приведено в табл. 18 (по опытным данным Фримана).

Таблица 18

Показатели	Вид струи	Диаметр насадки в *мм*	Напор *H* у насадки в *м*								
			5	10	15	20	30	40	50	60	70
Высота струи	Компактная при свежем ветре	19	3,7	7,3	11,0	14,4	16,2	21,6	23,6	24,4	25,4
		30	4,0	7,9	11,6	15,2	18,3	24,6	27,7	29,6	31,0
	Раздробленная при безветрии	19	4,3	9,8	13,1	17,7	25,3	31,0	36,0	39,0	41,0
		35	4,6	9,5	14,0	18,3	27,8	36,0	43,0	48,0	50,0
Дальность наклонной струи при $\alpha = 32°$	Компактная при свежем ветре	19	4,3	7,0	9,5	11,0	14,0	15,8	17,7	19,5	20,8
		35	5,5	9,5	13,1	15,8	20,4	23,0	25,0	27,0	28,7
	Раздробленная при безветрии	19	7,8	15,5	23,2	28,6	35,8	41,0	45,0	48,5	51,0
		35	8,8	17,4	26,6	34,2	47,0	55,0	62,0	67,0	72,0

В некоторых случаях приходится определять величину относа струи вытекающей из отверстия или насадки в фонтанной чаше.

Зависимость между величиной горизонтального относа L, напором над отверстием чаши H и высотой расположения отверстия над уровнем земли или поверхности бассейна h находится по формуле:

$$L = 2\phi\sqrt{H \cdot h},$$

где ϕ — коэфициент скорости, принимаемый для малых отверстий равным 0,97.

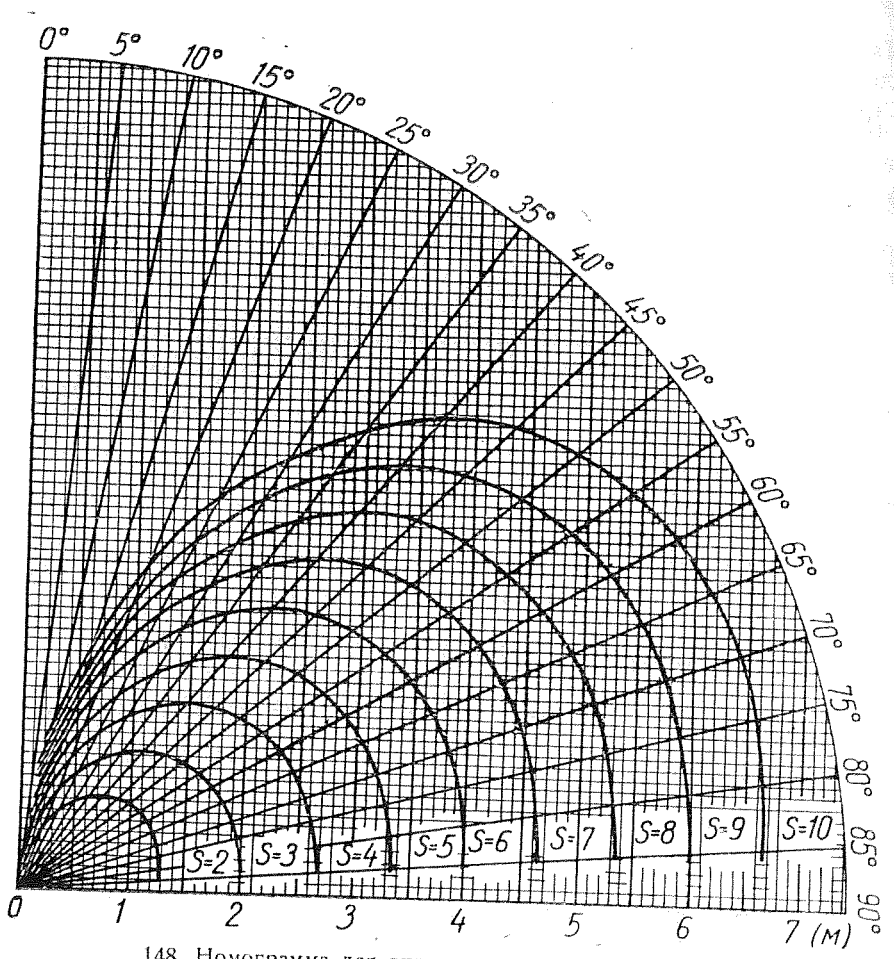
Зная высоту h и точку, куда должна падать струя, находимую по горизонтали на расстоянии L, легко определить потребный для этого напор по формуле:

$$H = \left(\frac{L}{2\phi\sqrt{h}}\right)^2$$

или по графику (рис. 149).

Если стенка чаши не перпендикулярна и направление вытекающей струи образует с горизонтом угол α, то зависимость между величинами определяется по формуле:

$$h = \frac{L^2}{4\phi \cdot H \cdot \cos\alpha} + L \cdot \operatorname{tg}\alpha.$$



148. Номограмма для определения высоты траектории

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

Это явление относа капель должно учитываться при проектировании фонтанов. Высота струи и размеры водоема должны приниматься такими, чтобы ветровой относ оказывал влияние только в пределах размеров водоема. Недоучет этого явления приводит к образованию около фонтанов луж, вследствие чего цветники вокруг них гибнут от переувлажения.

Скорость вертикальной струи, бьющей из насадки, постепенно уменьшается и в месте образования кроны становится равной нулю.

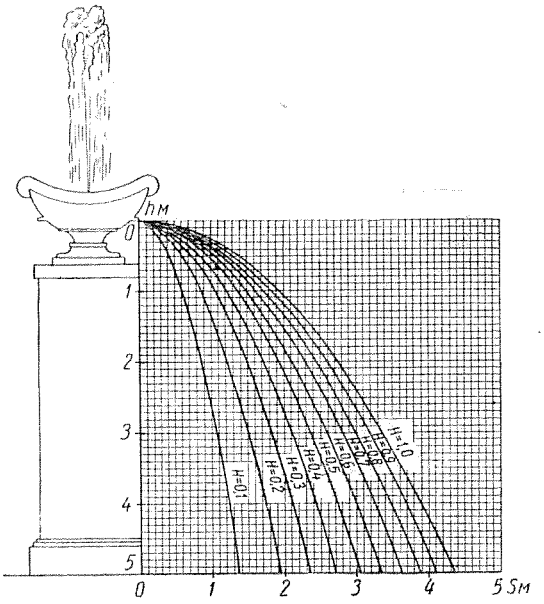
Вода, распадаясь в кроне на отдельные капли, под влиянием силы тяжести падает вниз. В безветреную погоду это падение можно считать вертикальным; при наличии ветра капли будут падать под углом, и чем больше давление (скорость) ветра, тем больше угол, образуемый вертикальной струей и линией падения капли.

Пренебрегая незначительным сопротивлением, которое испытывает водяные капли при падении в воздухе, что практического значения в нашем случае не имеет, установим из общеизвестных уравнений динамики зависимость между скоростью v (*м/сек*), высотой падения h (*пог.м*) и временем t (сек.):

$$v = gt = \sqrt{2gh}; \quad h = \frac{g}{2}t^2 = \frac{v^2}{2g}; \quad t = \frac{v}{g} = \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

В случаях, когда скорость ветра не превышает 10 *м*, давление P, оказываемое ветром на водяную каплю, можно определить по формуле Грасгофа:

$$P = \phi \cdot \gamma_в \cdot F \cdot \frac{v^2}{2g},$$



149. График для определения относа струи, бьющей из фонтанной чаши

где: F — плоская поверхность капли в $м^2$;

$\gamma_в$ — вес 1 $м^3$ воздуха в *кг* при данной температуре;

v — скорость воздуха относительно плоскости в *м/сек*;

ϕ — числовой коэфициент, зависящий от величины и формы поверхности и принимаемый для капель воды диаметром от 0,25 до 10 *мм* равным 0,3.

Зная давление P, легко определить скорость воздуха:

$$v = \sqrt{\frac{P \cdot g}{0{,}3 \cdot \gamma_в \cdot F}}.$$

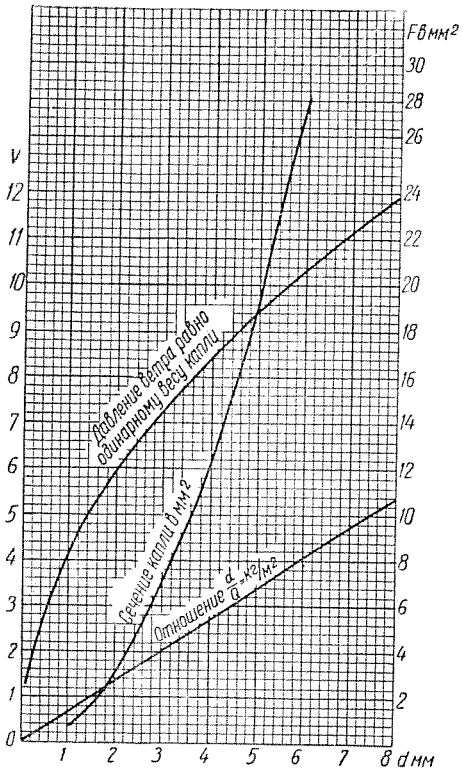
Для случаев, когда ветровое давление на каплю равно ее весу, капля падает по параболической кривой, касательная к которой близка к 45°.

На графике (рис. 150) приведена кривая, показывающая зависимость между скоростью ветра и диаметром капли (в *мм*), при которой давление ветра равно весу капли. Отклонение капли при указанных скоростях будет находиться в пределах 45°.

На этом же графике приведены вспомогательные данные для расчетов: сечение капли (в $мм^2$) и отношение веса капли (в *кг*) к поперечному сечению ее (в $м^2$).

Зная среднюю скорость ветра, легко определить по графику величину капли, которая при данной скорости не будет вынесена из пределов 45°.

Диаметр капли зависит от конструкции насадок. Для винтовых или ударных насадок, распыляющих воду с диаметром капель 0,25—0,50 *мм*, унос капель начнется при скорости ветра более 2—3 *м/сек*. Для обычных цилиндрических или коноидальных насадок с диаметром капель от 3 *мм* и более унос капель возможен при скорости ветра в 7 *м/сек* и более. Но такой ветер бывает сравнительно редко.



150. График для определения скорости ветра при относе капель на 45°

Учитывая изложенное, размеры бассейнов следует устанавливать по высоте струи: при цилиндрических насадках диаметр или сторона бассейна должна быть равна половине высоты струи, а при обычных, распыляющих насадках — $^2/_3$ высоты струи.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ФОНТАННЫХ ЧАШ И КАСКАДОВ

Расход воды в каскадах и фонтанах с каскадными чашами может быть подсчитан по формуле для незатопленного водослива с широким порогом, без учета скорости подхода:

$$Q = mb \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{3/2},$$

где: m — коэфициент расхода, принимаемый для нашего случая равным 0,335;
b — ширина водослива в *м*;
H — толщина слоя воды над порогом водослива (бортом чаши) в *м*.

Расход воды для круглой чаши с диаметром D может быть определен по формуле:

$$Q = 4{,}67 \cdot DH^{3/2}$$

В табл. 19 указан расход воды в *л/сек* на 1 *пог. м* каскада в зависимости от толщины слоя воды над порогом.

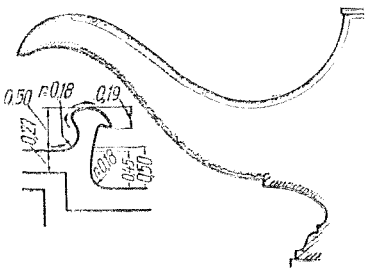
Таблица 19

H	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,001
Q	0,13	0,24	0,38	0,53	0,69	0,87	1,06	1,27	1,48
H	0,011	0,012	0,013	0,014	0,015	0,016	0,017	0,018	0,02
Q	1,71	1,96	2,20	2,46	2,72	3,00	3,30	3,58	4,20

Для того чтобы слив воды из чаши был ровным и имел вид стеклянного колпака, необходимо иметь гладкие поверхности порога и ребра слива и совершенно спокойную поверхность воды в чаше. Спокойный перелив с гладким прозрачным слоем воды получается при применении профилей, указанных на рис. 151.

При падении воды в чаши из верхних ярусов фонтана, для создания неразрывности водяного тюльпана следует перед гранью слива устанавливать успокоители; без них слив будет неровный, прерывистый.

Для достижения желательных форм слива и мощности ниспадающего водяного каскада в чаше рекомендуется устраивать питающую трубу с выпускным отверстием, допускающим легкую регулировку количества воды, поступающей через кран.



151. Переливы фонтанных чаш

Края чаши можно проектировать с изрезанными лепестковыми гранями различной формы, которые при гидравлическом расчете для упрощения можно приравнять к простым геометрическим формам — треугольнику, полукругу, параболе, трапеции и т. д. В таких чашах вода через вырез будет сливаться отдельными струйками, причем расход воды определяется по приближенным гидравлическим формулам.

Величина расхода воды через треугольный водослив находится по формуле:

$$Q = \frac{4}{15}\mu b \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{3/2},$$

где: μ — коэфициент расхода для треугольного слива лепестковых фонтанных чаш, который может быть принят равным 0,6;

b — ширина водослива по верху;

H — высота водослива.

Зная, что величину b при известных значениях угла α можно выразить через H, получим:

$$Q = \frac{4}{15}\mu \cdot 2H \operatorname{tg}\alpha \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{3/2};$$

обозначив:

$$\frac{4}{15}\mu \operatorname{tg}\alpha \cdot \sqrt{2g} = A_1,$$

найдем простое выражение:

$$Q = A_1 H^{5/2}.$$

Значения A для разных углов α указаны в табл. 20.

Таблица 20

Угол α	36°	40°	45°	50°	60°	70°	80°	90°
A	0,375	0,509	0,577	0,652	0,82	0,98	1,195	1,4

Величины $H^{5/2}$ для расходов, выраженных в *л/сек*, приведены в табл. 21.

Таблица 21

H в *м*	0,005	0,01	0,015	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
$H^{5/2}$	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	—
$H^{5/2}$	1,81	2,46	3,16	4,98	7,34	10,2	13,7	17,9	—

Расход воды через треугольный водослив находится по графику (рис. 152).

Для (рис. 153) трапециодального водослива, у которого ширина по низу b должна быть не менее тройной высоты напора H, расход воды определяется по формуле:

$$Q = 1{,}86 \cdot b \cdot H^{3/2} \; м^3/сек.$$

Для круглого водослива (рис. 154) расход воды будет:

$$q = \mu \cdot q_1 \cdot D^{5/2},$$

где: μ — коэфициент расхода для отношения $\frac{H}{D}$ в пределах от 0,25 до 0,8 для нашего случая расчета с достаточной точностью он может быть принят равным 0,6;

q_1 — расход воды при условном диаметре в 1 *дцм* и принятом отношении $\frac{H}{D}$ в *л/сек*;

D — диаметр кругового водослива в *дцм*.

Обозначив $\mu \cdot q_1$ через A_k, получим:

$$q = A_k D^{5/2},$$

где величина A_k имеет значения, указанные в табл. 22.

Таблица 22

H/D	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8
q_1	0,0272	0,107	0,238	0,417	0,643	0,912	1,20	1,57	1,94	2,37	3,39	4,3	5,37
A_k	0,0169	0,064	0,143	0,25	0,385	0,547	0,72	0,94	1,16	1,42	1,97	2,58	3,22

Для упрощения расчетов в табл. 23 приводим значения $D^{5/2}$ для диаметров от 0,1 до 1,0 *дцм*.

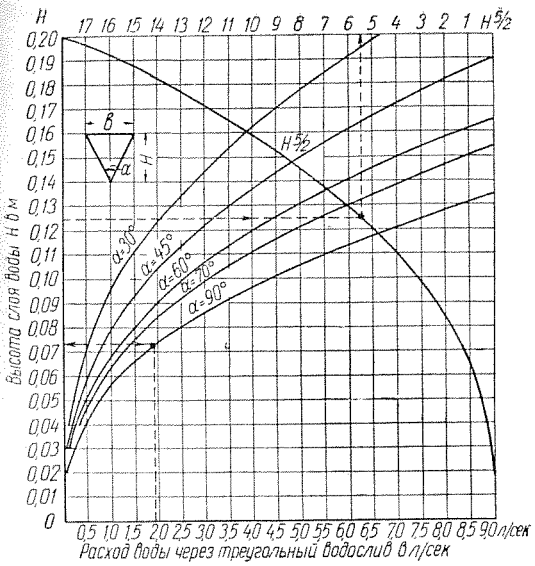
Таблица 23

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

В парках со значительным уклоном местности каскады следует выполнять многоступенчатыми, так как они обеспечивают лучший зрительный эффект, достигаемый пенящимися или прозрачными, в зависимости от формы порога, пеленами стекающей через водосливы воды. Устройство таких каскадов вызывается также и конструктивными требованиями. Многоступенчатый каскад создает погашение струи на каждой ступени, для чего устраивается водобойный колодец (рис. 155) или ступени выполняются с обратным уклоном.

В каскадах, облицованных искусственными материалами или естественным камнем, необходимо во избежание разрушения облицовки при замерзании воды обеспечивать спуск воды на зиму из водобойных колодцев или пониженной части ступени.

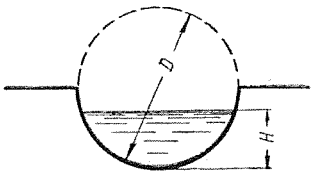
При отсутствии таких колодцев падающая со ступени на ступень струя будет накапливать дополнительную возникающую при падении энергию, что приведет к быстрому разрушению каскада.



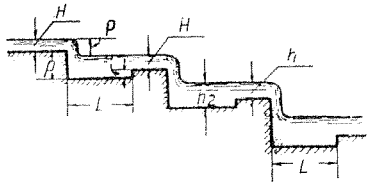
152. График для определения расхода воды через треугольный водослив



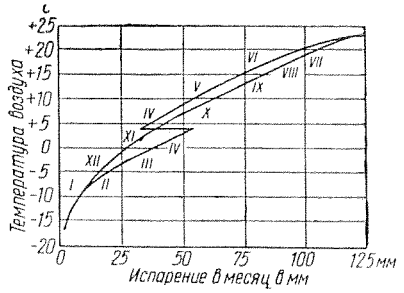
153. Трапецоидальный водослив



154. Круглый водослив



155. Ступенчатые каскады



156. Кривая для определения слоя испарения в месяц в *мм*

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

$$L = 1{,}10\sqrt{H_0(P + a + 0{,}3H_0)} + 5(h_2 - h_1),$$

где H_0 — полный напор на пороге;

$$H_0 = H + \frac{V_0^2}{2 \cdot g},$$

где V_0 — скорость подхода к порогу каскада;

$$V_0 = \frac{Q}{(H + p)\,B},$$

где: Q — расход воды через водослив в $м^3/сек$,
B — ширина ступени,
p — высота ступени,
a — глубина колодца,
$h_2 - h_1$ — разность глубин воды в колодце и нижнем бьефе.

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

Глубину водобойного колодца a можно определить из условия:

$$P = 0{,}7\ (p + a),$$

где P — разница высот между уровнем воды в верхнем и нижнем бьефах.

ПОТЕРИ ВОДЫ ФОНТАНАМИ

При устройстве циркуляционных систем водоснабжения фонтанов необходимо учитывать количество воды, теряемой на разбрызгивание, унос ветром и испарение.

Расход на унос ветром, в зависимости от конструкции фонтанной насадки (высоты струи) и силы ветра, может приниматься равным 0,5—1,5% для цилиндрических насадок и 1,5—3,0% для насадок, распыляющих воду.

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

$$H_{\text{исп}} = 11{,}6\ (l_m - l)\quad (1 + 0{,}134\ V_{\text{в}}),$$

где: $H_{\text{исп}}$ — слой испарения в бассейне за месяц;

l_m — максимальная упругость водяных паров при заданной температуре поверхности воды в *мм*;

l — абсолютная влажность воздуха;

$V_{\text{в}}$ — средняя скорость ветра в *м/сек* (за месяц).

Величину испарения можно определять также по кривой, приведенной на рис. 156, на которой по оси ординат показана средняя суточная температура данного месяца, а по оси абсцисс—величина испарения (в *мм*) в месяц.

В конструкции фонтана с циркуляцией воды необходимо предусматривать постоянное пополнение воды и поддержание ее на определенном уровне, что достигается устройством в каменном борту фонтана или в базе центральной фигуры фонтана—ниши с шаровым краном, установкой специального крана, как это показано на рис. 157, или подведением водопроводной трубы небольшого диаметра от городского водопровода с отрегулированным на определенный расход вентилем.

Для больших фонтанов со значительным расходом воды количество поступающей через шаровой кран воды следует проверять расчетом.

При применении насадок специальных конструкций, разбрызгивающих воду мелкими каплями, необходимо добавлять на испарение воды при разбрызгивании 0,6 — 0,8%.

Значение потерь воды характеризуется следующим примером. Фонтан с оборотом воды на Советской площади в Москве расходует 82 *л/сек*. При 10-часовой работе фонтана через насадки выбрасывается:

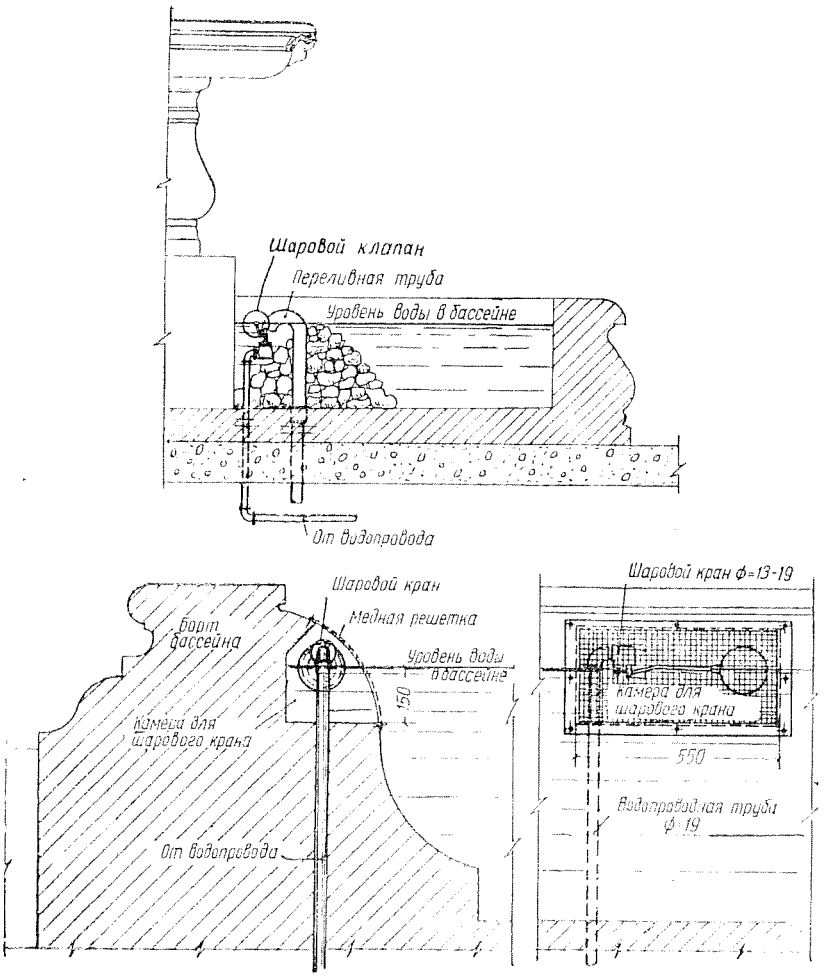
$$\frac{82 \times 10 \times 3600}{1000} \approx 3\,000\ м^3.$$

Принимая потери воды в размере 1%, получим: $3000 \times 0{,}01 = 30\ м^3$.

При диаметре бассейна в 12 *м* и глубине воды в нем в 0,8 *м* емкость бассейна будет:

$$3{,}14 \times 12 \times 0{,}8 = 30\ м^3.$$

Таким образом, к концу 10-часового периода работы воды в бассейне не останется, и работа фонтана прекратится.



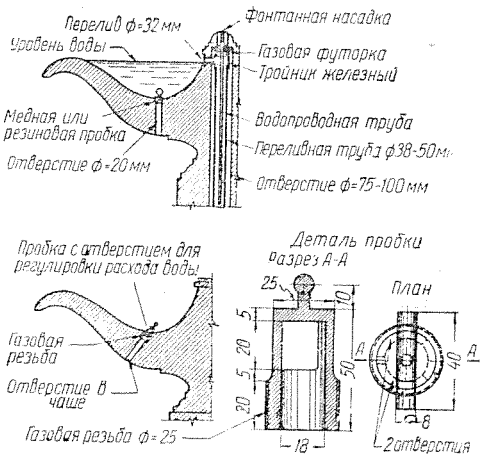
157. Схемы пополнения воды в фонтане

Отсутствие устройств для поддержания воды в бассейне на постоянном уровне вызывает перерывы в работе фонтанов; для ее возобновления требуется пополнение бассейнов, что значительно осложняет эксплоатацию фонтанов.

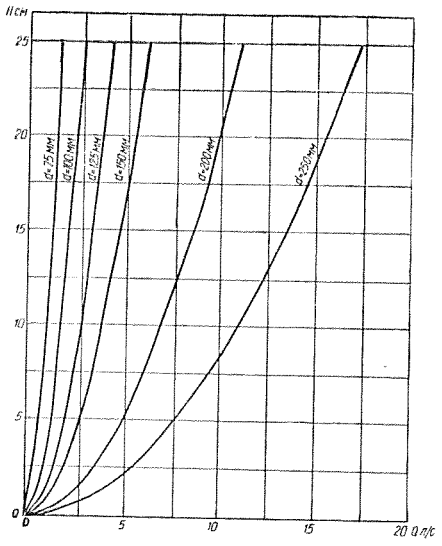
УСТРОЙСТВО ПЕРЕЛИВОВ И ВЫПУСК ВОДЫ ИЗ ФОНТАНОВ

В прямоточных фонтанах без оборота воды последняя сбрасывается в водосток. Выпуск воды из фонтана в раздельную канализацию, как правило, запрещен. При отсутствии вблизи водостоков он может быть допущен лишь для небольших фонтанов, с расходом до 3—5 *л/сек*, по особому разрешению местных коммунальных органов.

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



158. Устройство переливов и выпусков из фонтанных чаш



159. График для определения количеств воды, поступающей в перелив, в зависимости от его диаметра и слоя воды над ним

Выпуск воды из таких фонтанов при отсутствии водостоков можно производить и в канализацию.

Фонтанные бассейные чаши должны иметь уклоны к одной-двум пониженным точкам, откуда можно было бы производить опорожнение фонтана в зимнее время.

Для выпуска воды из фонтанных железобетонных или каменных чаш с переливами в тело их заделывается стальная труба небольшого диаметра с вентилем. Этот вентиль служит для регулировки стока воды через борты чаши, а также для получения желательных и плавных форм струи.

В чугунных или бронзовых чашах можно просверливать отверстие, закрываемое пробкой на резьбе. Для регулирования количества воды пробка должна быть пустотелой, с прорезями. Если проектом перелив воды через борты чаш не предусматривается, то в этом случае в пониженном месте в чаше устраивается боковой перелив с решеткой, от которого вода по трубе, проложенной в конструкции фонтана, будет отводиться в нижний бассейн.

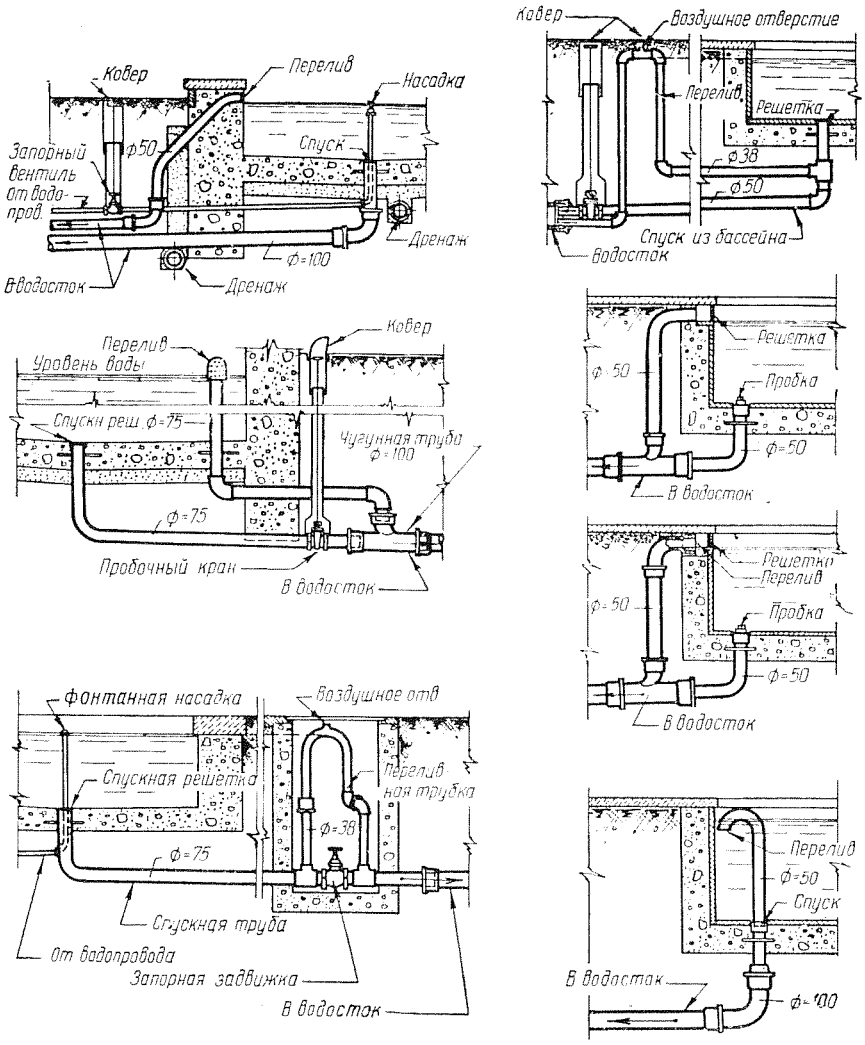
Варианты выпусков из чаш приведены на рис. 158.

Внутрь конструкции фонтана — в его базу, ствол, места примыкания чаш к стволу и особенно в оголовок ствола—вода проникать не должна.

В малых и средних фонтанах все внутренние объемы, в которых прокладываются трубопроводы, следует заполнять битумной массой или асбобитумной мастикой.

Внутри конструкции больших монументальных фонтанов обычно имеются каналы для прокладки труб. Этим каналам придается уклон, и в пониженном месте устанавливается трап для выпуска воды в водосток. Установка трапов обязательна также в центральных камерах фонтана, в которых располагается электрическое оборудование для подсвечивания струй.

Перелив воды из нижних бассейнов осуществляется по вертикальным трубам, верхний обрез которых располагается на уровне зеркала воды в бассейне, а нижний жестко заделывается в раструб трубы, введенной



160. Варианты переливов и выпусков

на уровне дна бассейна. При таком варианте для опорожнения бассейна устраивается другая труба с перекрытой в обычное время задвижкой. Переливные патрубки могут выполняться съемными; конструкция их должна обеспечивать легкое соединение со сливной трубой.

Более рациональным является устройство в виде решетки, закрывающей воронку, помещенную в борту фонтана.

Учитывая, что при малых напорах над переливом будет образовываться воронка и что труба будет работать на горизонтальных участках неполным сечением, коэфициент расхода принимать более 0,5 не следует.

В этом случае расход воды через перелив (в *л/сек*) определяется по формуле:

$$Q = \mu \cdot F \cdot \sqrt{2gH} = 2 \cdot 22 \cdot F\sqrt{H}.$$

Необходимая высота напора над отверстием перелива, обеспечивающая удаление расчетного количества воды, по этой формуле при $\mu = 0{,}50$ составит:

$$H = \frac{Q^2}{2g \cdot \mu^2 \cdot F^2} = \frac{Q^2}{4{,}9 \cdot F^2}.$$

Зависимость между напором H, диаметром перелива и количеством воды, вытекающей через него, определяется по графику (рис. 159).

Устройство переливов диаметром менее 75 *мм* нежелательно во избежание быстрого зарастания и засорения труб.

Если количество воды, поступающей через переливы, велико, следует устанавливать несколько переливов, располагая их равномерно по всему периметру борта бассейна.

Различные варианты переливов и выпусков показаны на рис. 160.

ОСВЕЩЕНИЕ ФОНТАНОВ И СТРУЙ

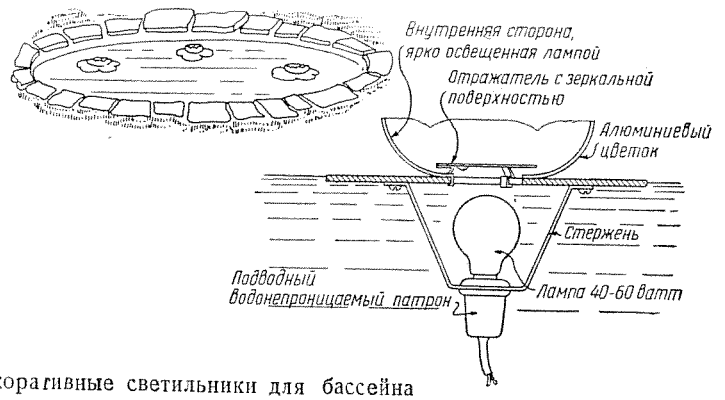
Искусство освещения фонтанов и фонтанных струй состоит главным образом в том, чтобы количество света, его яркость, контрасты света и тени, полихромность цветовой гаммы соответствовали архитектонике фонтана

Правильное претворение в жизнь творческого замысла архитектора, гармоничный подбор цветов, синхронизация работы всех гидравлических и осветительных устройств, автоматизация управления фонтаном — все это является серьезной задачей, которую должен разрешить инженер-электрик, проектирующий светотехнику и электрооборудование фонтана.

При размещении источников света надо стремиться к тому, чтобы они были скрыты от глаз зрителя, так как только в этом случае иллюзия самосветящихся масс воды становится полной. Применение света особенно эффективно при подсвечивании дна бассейна, его бортов, переливов, каскадов, вертикальных или наклонных фонтанных струй.

Яркость и эффект освещения в значительной степени увеличиваются, если в струях выбрасываемой воды содержатся пузырьки воздуха, многократно отражающие свет. Достигается это в струйных фонтанах применением инжекторных насадок специальной конструкции.

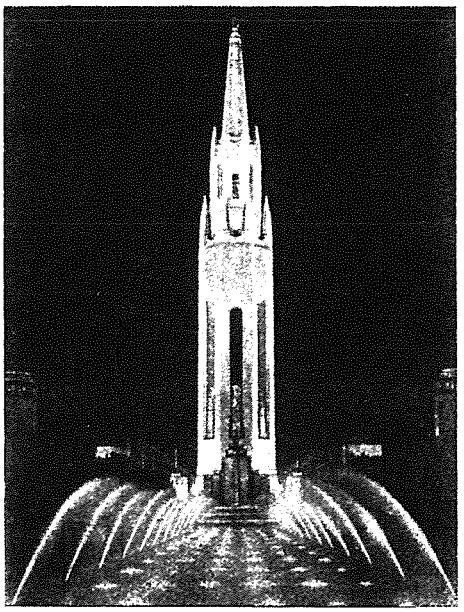
Внутреннее декоративное освещение водоемов и бассейнов затопленными лампами и прожекторами создает лучший световой эффект, чем свет, направленный на водную поверхность снаружи.



161. Декоративные светильники для бассейна

Мелкие бассейны фонтанов с художественной мозаичной облицовкой дна можно освещать отраженным светом, располагая светильники скрыто в борту фонтана. При устройстве гладкого дна бассейна рекомендуется его штукатурить цементом зеленого цвета или цвета морской воды.

Хорошее декоративное освещение получается при подсвечивании дна бассейна специальными светильниками в форме плавающих лилий (рис. 161). Отражатель над погруженной в воду лампой направляет лучи на внутреннюю поверхность металлического цветка и ярко освещает его. Нижняя часть металлических листов отражает лучи и освещает дно бассейна.



162. Освещение затопленными прожекторами бассейна

Для подводного освещения бассейнов могут применяться лампы накаливания небольшой мощности (в 150—300 *ватт*) с рефлекторами и резиновыми водонепроницаемыми патронами или более мощные прожекторы специальной конструкции.

Прожекторы для фонтанов применяются пяти основных типов:

1) прожекторы заливающего света для подводного освещения бассейнов;

2) рефлекторы отраженного света для освещения отдельных архитектурных деталей и каскадов;

3) прожекторы с расходящимся пучком лучей, в которых установлены цилиндрические лампы для освещения параболических струй и каскадов;

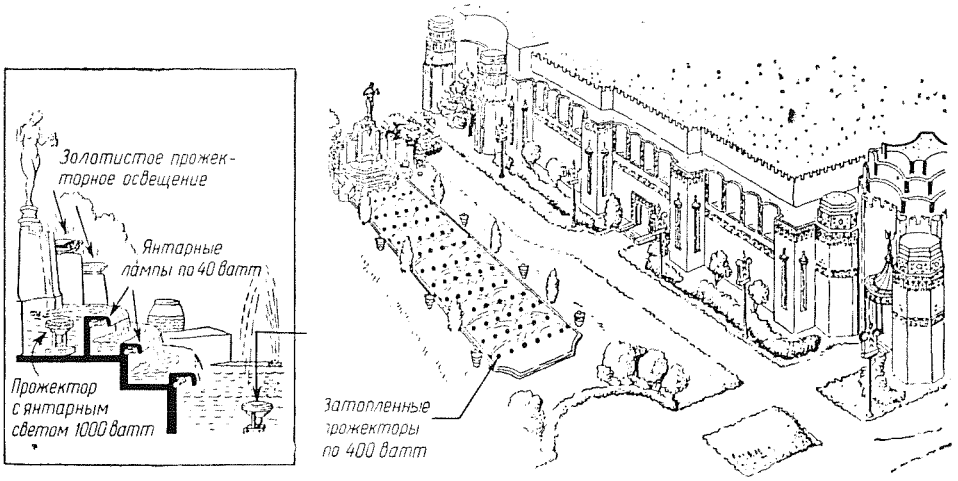
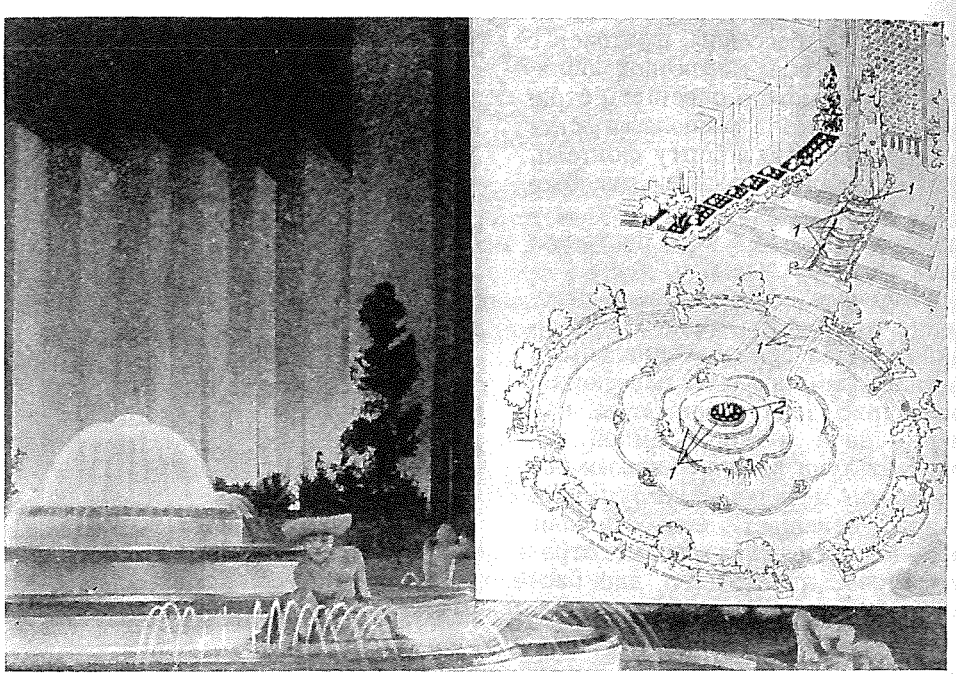


Рис. 162а. Размещение светильников (рис. 162)



163. Фонтан с подсвечиванием каскадов и струй

4) рефлекторы с параболическим пучком лучей, предназначенные для освещения прямолинейных водяных композиций в виде снопов, водяных сводов и т. п., с использованием киноламиы;

5) прожекторы с киноламиой и оптической системой, обеспечивающей получение концентрированного параллельного пучка лучей для освещения отдельных струй.

Так как каждый киловатт электроэнергии, превращенный в свет, выделяет 866 *ккал* тепла в час, то при установке осветительной арматуры в закрытых камерах под фонтанами следует предусматривать приточно-вытяжную вентиляцию для удаления из камер значительных теплоизбытков при работе прожекторов.

При устройстве различных светофильтров у прожекторов поглощается часть света; для компенсации этого поглощения, если считать мощность неокрашенной лампы за 100%, для янтарного света при том же световом эффекте требуется 150%, для красного 200%, зеленого 300% и синего 500% мощности.



Рис. 163а. Размещение светильников (рис. 163)

Для подсвечивания отдельных деталей фонтанов можно применять газосветные трубки. Последние при наполнении их неоном дают красный свет, гелием — желтый, аргоном — голубой, смесью неона и ртутных паров — синий.

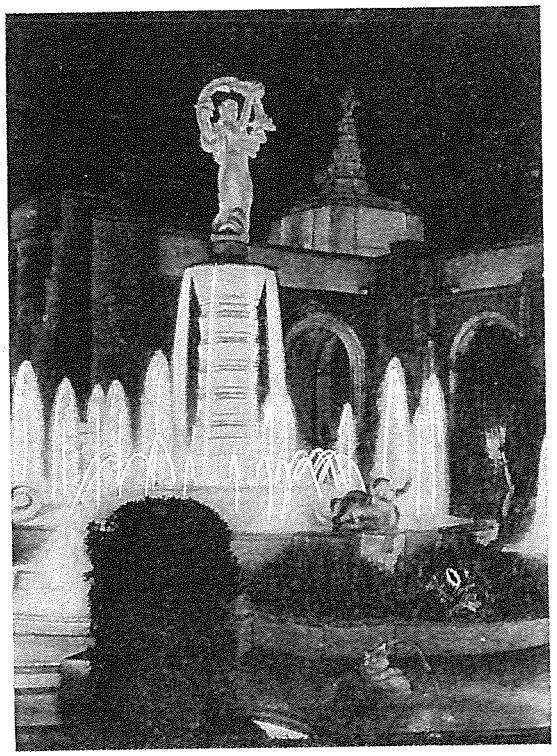
Продолжительность горения таких трубок около 5000 час.

При выборе источника света необходимо учитывать продолжительность горения.

Так, например, прожекторные лампы, имеющие срок службы около 100 часов, должны легко заменяться при работе фонтана, и поэтому при установке в камере прожекторов доступ в нее должен быть постоянным; при установке затопленных прожекторов необходимо учитывать, что они должны легко подниматься из воды.

На рис. 162 и 162а показано освещение затопленными прожекторами бассейна фонтана и каскадов, а также схематическое размещение светильников.

Прекрасный зрительный эффект может быть получен при следующем устройстве освещения бассейна. На дне его укладываются металлические дырчатые трубы с отверстиями в 1 — 1,5 *мм*, из которых поднимаются пузырьки воздуха, подаваемого вентилятором, находящимся поблизости в специальной камере. Скрыто под бортом бассейна, с внутренней стороны, помещаются прожекторы, освещающие только горизонтальную поверхность бассейна и поднимающиеся пузырьки воздуха.



164. Фонтан с многоцветным подсвечиванием струй

Пузырьки, отражая во все стороны направленный на них свет, сверкают и переливаются, как драгоценные камни, которыми, кажется, наполнен весь бассейн. Введение многоцветного освещения еще более усиливает это впечатление.

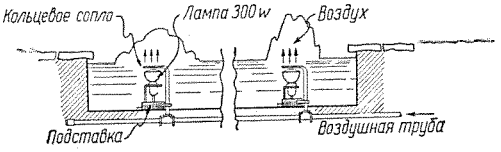
Каскады высотой до 3 *м* могут освещаться лампами, установленными под бортом перелива каскада или в верхнем бьефе каскада, перед прозрачной стенкой, выполненной из стекла или пластических масс.

Размещать лампы следует так, чтобы было равномерное распределение света (без светлых и темных мест каскада).

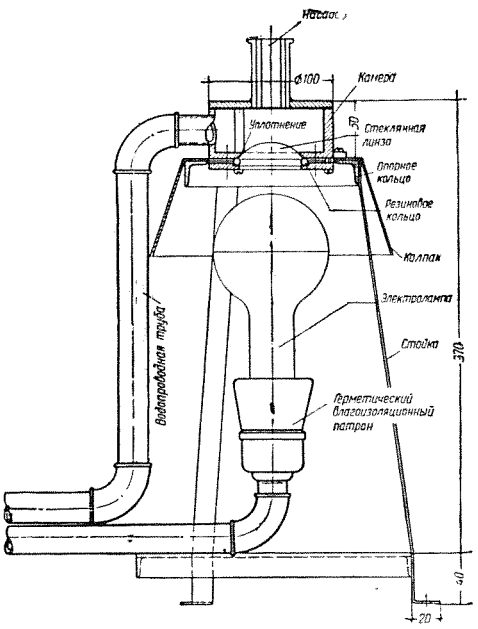
По данным практики, на каждый погонный метр каскада для достаточного освещения требуется не менее 50—85 *ватт* для неокрашенного света, 70—100 *ватт* для янтарного света, 85—120 *ватт* для красного, 120—165 *ватт* для зеленого и 150—230 *ватт* для синего света.

На рис. 163 и 163а показаны фонтан с небольшим каскадом и размещение светильников.

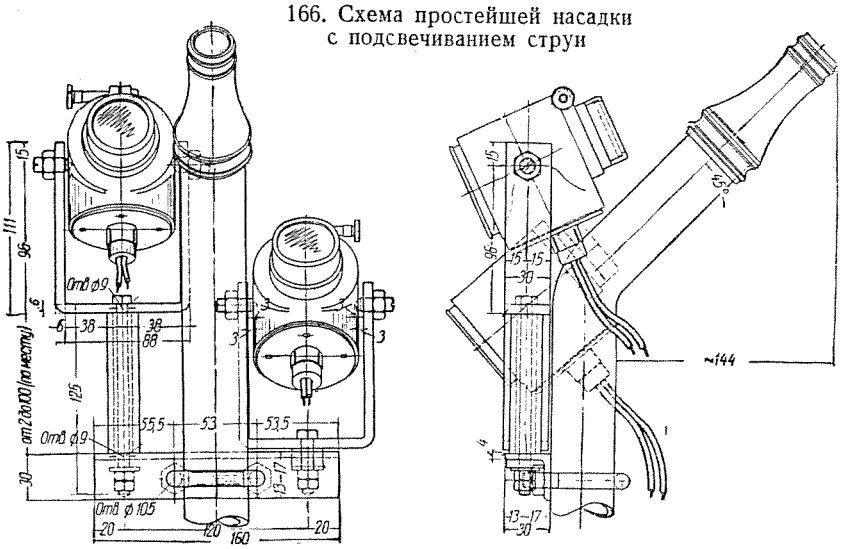
При подсвечивании вертикальных фонтанных струй источник света следует помещать под насадкой с на-

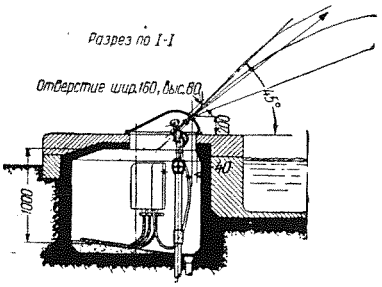


165. Схема фонтана с подводкой воздуха

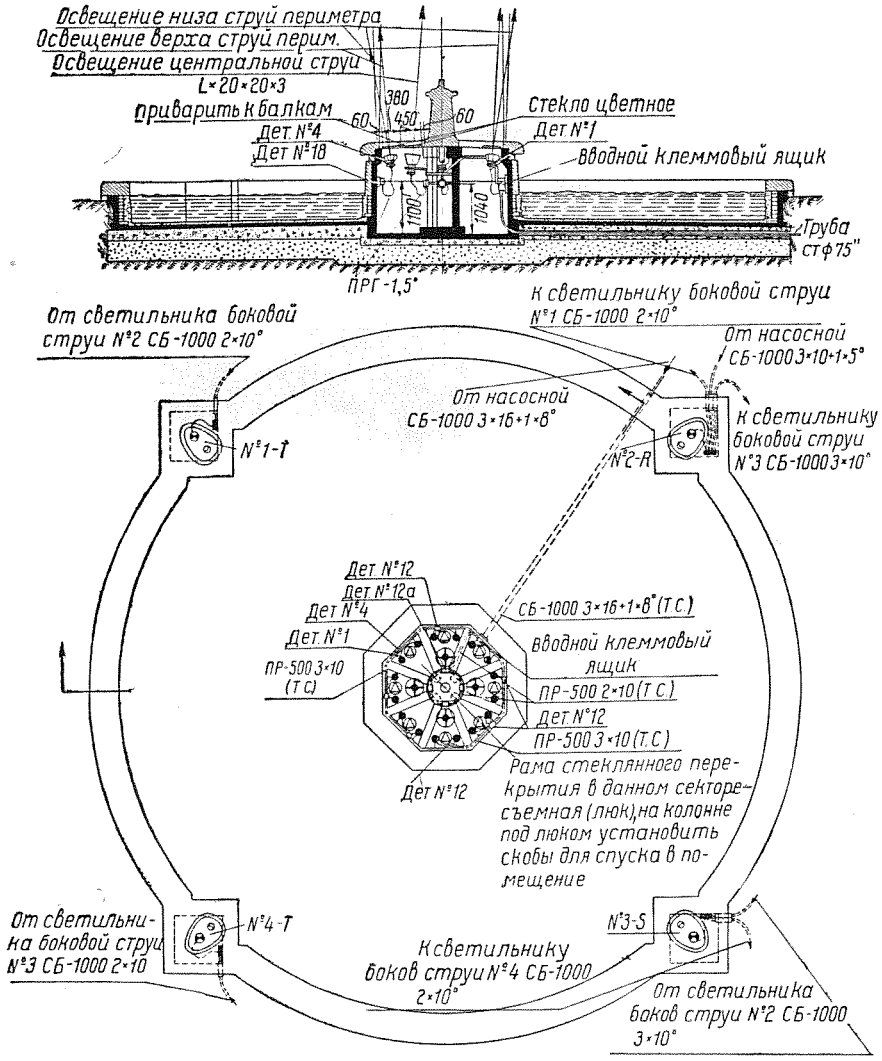


166. Схема простейшей насадки с подсвечиванием струи





167. Светильники на трубе с фонтанной насадкой и размещение их в камере



Условные обозначения.

- Светильник боковой струи
- Кабельные воронки в кожухе
- Глубокоизлучатель 1000 ватт, включение на фазу R
- Светильник Альфа б) ключа, с лампой 96 ват, включение на фазу T
- Глубокоизлучатель 300 ватт, включение на фазу S.

168. Камера с осветительной арматурой для фонтана

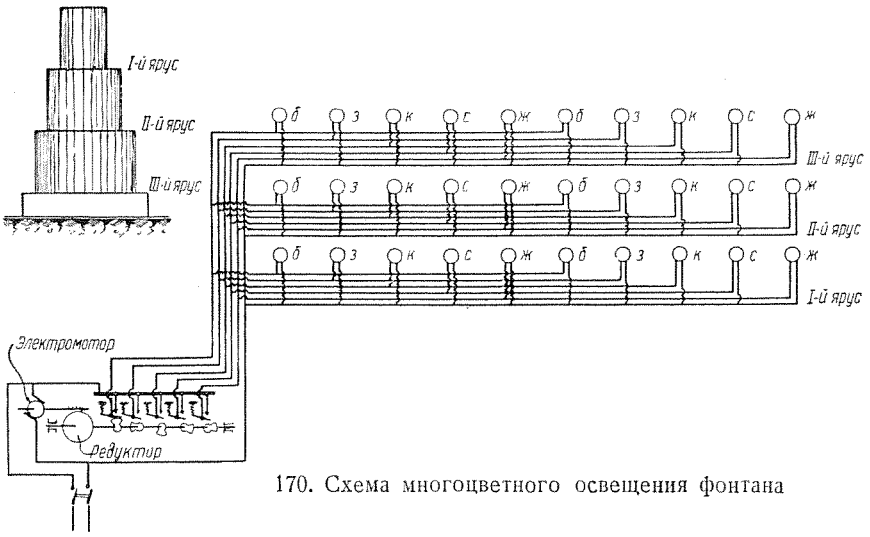
правлением световых потоков вдоль струи, чтобы освещалась только водяная струя и ее рельефно выделяющаяся крона.

Как уже говорилось нами ранее, для усиления светоотражательной способности струй рекомендуется применять специальные насадки, подсасывающие воздух и в виде пузырьков выбрасывающие его вместе с водой.

При применении таких насадок и правильном расположении прожекторов водяные струи, особенно при полихромном освещении, имеют четкие, ярко освещенные контуры (рис. 164).



169. Фонтан на Советской площади при ночном освещении



170. Схема многоцветного освещения фонтана

Большого зрительного эффекта можно добиться, устраивая на глади бассейна невысокие пенящиеся водяные конусы, подсвечиваемые снизу.

Получение таких конусов высотой в 30—50 *см* достигается подводкой сжатого воздуха к кольцевым соплам, установленным над погруженным светильником (рис. 165).

Легко получить подсвечивание прозрачных, кристально чистых струй, вытекающих с небольшой скоростью из фонтанных чаш маскаронов. Для этой цели источник света с рефлектором и линзой, собирающей лучи



171. Фонтан близ ворот Сен-Клу (Париж)

в горизонтальный пучок света, устанавливается внутри чаши перед отверстием, из которого вытекает вода, или же в самой насадке специальной конструкции. Пучок лучей, отражаясь от внешних поверхностей прозрачной струи, все время идет внутри нее, создавая впечатление самосветящейся струи до ее разбрызгивания на части.

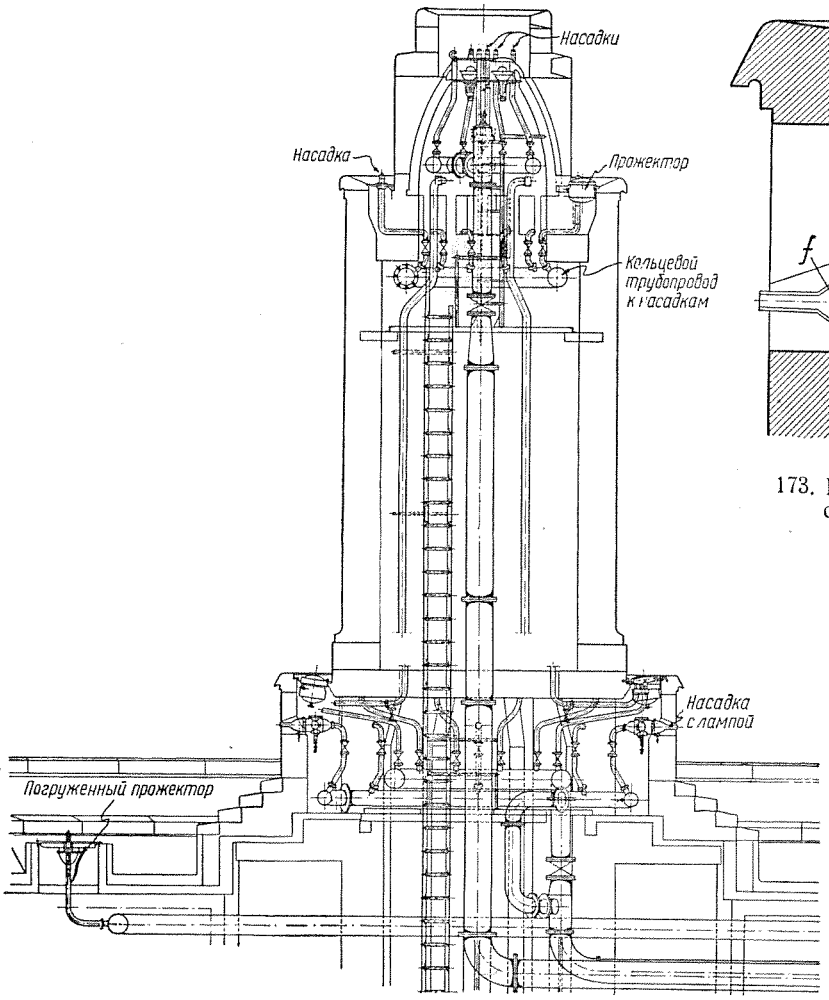
Схема такой простейшей насадки представлена на рис. 166.

Светильники для наклонных струй следует располагать у насадки, направляя сконцентрированный пучок света вдоль траектории струи. Лучшее освещение достигается при разном угле наклона светильников, когда один освещает восходящую ветвь траектории струи, а второй — нисходящую. Еще лучше, если второй светильник установлен на месте падения траектории струи и посылает пучок света навстречу падающей воде.

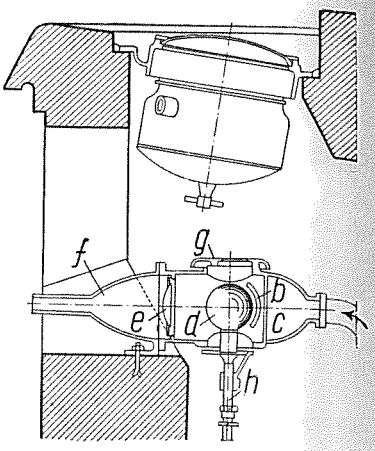
Размер таких светильников невелик, и они могут монтироваться на трубе с насадкой (рис. 167).

Трехцветное динамическое освещение было выполнено для фонтана на Советской площади в Москве. 28 светильников, расположенных в центральной камере, перекрытой стеклянным колпаком (рис. 168), освещают центральную струю и 32 наклонные струи, бьющие по периметру камеры. Освещение имеет устройство для периодического автоматического выключения светильников одного цвета и включения другого. Вид фонтана в ночное время приведен на рис. 169.

Принципиальная схема автоматического включения светильников трехъярусного светящегося фонтана в виде водяной пирамиды представлена на рис. 170.



172. Монтаж трубопроводов, насадок и светильников в камере фонтана



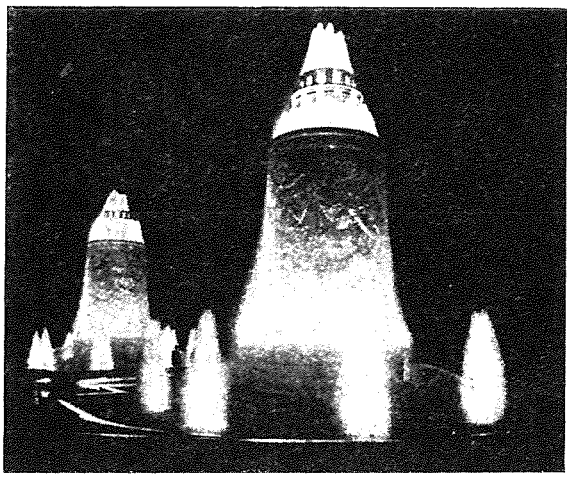
173. Конструкция насадки со светильником

Фонтан оборудован светильниками пяти цветов: лампами с прозрачной колбой *б*, зеленой *з*, красной *к*, синей *с* и желтой *ж*.

Специальный мотор с редуктором вращает вал с пальцами-прерывателями, которые включают и выключают контакты сети ламп одинакового цвета. В случае, если система динамического освещения проектируется с постепенным затуханием ламп, устанавливается реостат сопротивления, автоматически связанный со всей установкой освещения.

Примером удачного светотехнического решения могут служить декоративные фонтаны с подсвечиванием струй, состоящие из двух железобетонных башен высотой 10 *м*, облицованных камнем и украшенных стилизованными аллегорическими барельефами, расположенными в фокусах эллиптической формы бассейна, имеющего в центральной части прямоугольную эспланаду, украшенную по углам четырьмя клумбами (рис. 171).

Дно бассейна, на котором стоят эти башни, облицовано камнем светлых тонов.



174. Фонтаны при ночном освещении

Наружный диаметр башни 3,6 *м*, внутренний 2,6 *м*; во внутренней камере башни проложены все трубопроводы к фонтанным насадкам и кабели к прожекторам.

Во избежание просачивания воды под каждым бассейном устроены помещения с тщательной гидроизоляцией; в одном из помещений смонтирована насосная установка и все управление фонтаном. Эти помещения соединены проходом, в пониженной точке которого установлены колодцы для выпуска просочившейся воды в водосток.

Водяная композиция фонтана состоит из 12 струй, бьющих на вершине башни, 12 вертикальных струй на верхнем ярусе, 12 вертикальных струй у основания башни, 8 горизонтальных струй в цоколе башни, бьющих в бассейн, и 8 вертикальных струй в бассейне. Общий расход воды фонтанами 480 *л/сек*. Система водоснабжения запроектирована оборотной, для чего установлено два насоса мощностью в 31 и 56 *квт*.

Все трубопроводы выполнены из меди; каждая группа насадок питается от кольцевого трубопровода. Размещение трубопроводов, насадок и прожекторов, проложенных в центральной камере фонтана, показано на рис. 172.

Все источники света расположены скрыто; всего установлено 56 прожекторов, потребляющих 64 *квт* электроэнергии в час.

Четыре прожектора расположены сверху башни под струями, 12 — на верхнем ярусе, 24 — вокруг основания башни и 16 — в бассейне.

Все прожекторы установлены в железобетонной конструкции стен фонтана с устройством водонепроницаемых швов. Для этой цели была отлита специальная арматура, позволившая смонтировать в одном остове прожекторы, защитные стекла и фонтанные насадки.

Конструкция горизонтальной насадки изображена на рис. 173, где *c* — подвод воды к насадке, *d* — электрическая лампа, *g* — собирательная линза, *f* — фонтанная насадка.

Представление о внешнем виде этих фонтанов ночью дает рис. 174.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	3
Описание фонтанов	10
Фонтаны России	10
Фонтаны СССР	42
Фонтаны Ренессанса и барокко	59
Конструкция и расчет фонтанов	86
Схемы водоснабжения и конструктивные элементы	86
Некоторые примеры инженерного оборудования в фонтанном строительстве	91
Монтаж трубопроводов	108
Расчет трубопроводов	109
Местные сопротивления	114
Фонтанные насадки	120
Расчет струй	142
Гидравлический расчет фонтанных чаш и каскадов	154
Потери воды фонтанами	158
Устройство переливов и выпуск воды из фонтанов	159
Освещение фонтанов и струй	162

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
АРХИТЕКТУРЫ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА

* * *

Редактор *А. З. Гимпельсон*
Технический редактор *Т. В. Печковская*
Корректор *О. Е. Ауэрбах*

* * *

Подписано в печать 9/VI 1950 г. Т03454. Бумага 70×108 1/16.
Печ. л. 10 1/2 + 2 вкл. 1/2 п. л. Уч.-изд. л. 14. Изд. № 162. Заказ № 1672
Тираж 4 000 экз. Цена 14 р. 50 к.

* * *

Набрано в первой Образцовой типографии имени А. А. Жданова Главполиграфиздата при Совете Министров СССР. Москва, Валовая, 28.

Отпечатано во 2 типографии Государственного Издательства Архитектуры и Градостроительства. Москва, Пушкинская ул. 24