

Цена 11 руб. 40 коп.

1006

ЛИВНЕВАЯ
КАНАЛИЗАЦИЯ

А.И. ШНЕЕРОВ

ЛИВНЕВАЯ
КАНАЛИЗАЦИЯ

МОСКВА

1 9 5 3

0064

Page

7

А. И. ШНЕЕРОВ

доцент, канд. техн. наук

ЛИВНЕВАЯ КАНАЛИЗАЦИЯ

*Государственное издательство
литературы по строительству и архитектуре*
МОСКВА — 1953

В книге излагаются вопросы проектирования, строительства и эксплуатации ливневой канализации (наружной и внутренней) применительно к объектам городского и промышленного строительства.

Значительное внимание уделяется современным методам расчета ливневой канализации и в частности гидрометеорологическому их обоснованию.

Детально рассматриваются конструкции сооружений и устройств, применяемых в ливневой канализации, и дается сравнительная их оценка.

Приводятся также основные сведения о механизированных методах производства работ и современных формах их организации.

Книга предназначена для инженерно-технического персонала проектных и строительно-монтажных организаций, а также для работников эксплуатационных управлений.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Неуклонный рост гражданского и промышленного строительства и развитие городского хозяйства в СССР неразрывно связаны с широким комплексом работ по благоустройству, к числу которых относится и устройство систем ливневой канализации.

Удельный вес этих работ и роль, которая отведена системам ливневой канализации в благоустройстве населенных мест и промышленных территорий, позволяют выделить вопросы проектирования и устройства этих систем для самостоятельного рассмотрения.

Между тем до настоящего времени не имеется специального труда, в котором рассматривались бы одновременно все вопросы, связанные с проектированием, устройством и эксплуатацией ливневых систем.

Автор поставил перед собой задачу обобщить имеющиеся данные и ознакомить специалистов по санитарной технике с современным состоянием этой отрасли строительства.

Значительное место в настоящей работе уделено современным методам расчета, вопросам передовой строительной техники и механизации, а также применению сборных конструкций и деталей, индустриальной их заготовке и внедрению новых материалов.

В проводимом в СССР строительстве видное место занимает возведение промышленных и гражданских зданий, оборудованных системами внутренних водостоков. Поэтому проектирование и устройство наружной ливневой канализации рассматриваются в непосредственной связи с проектированием и устройством систем внутренних водостоков.

В книге наиболее подробно освещаются вопросы проектирования и расчета ливневой канализации. Производство строительно-монтажных работ является темой специального труда. Однако в связи с тем, что ливневые сети выполняются по единому плану со строительством других коммуникаций и дорожным строительством, в работе освещаются также основные принципы

организации работ и поточно-скоростные методы их производства.

Приведенные в книге материалы основаны на опыте отечественной строительной техники и данных строительных, проектных и научно-исследовательских организаций.

Обширность темы не позволила осветить все вопросы с исчерпывающей полнотой и избежать отдельных недочетов в книге.

Предлагаемая работа должна рассматриваться как одна из первых попыток разработки комплексного труда по вопросам ливневой канализации.

Все замечания по книге будут приняты автором с благодарностью.

ВВЕДЕНИЕ

1. НАЗНАЧЕНИЕ И ЗАДАЧИ ЛИВНЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Организованное удаление атмосферных осадков, выпавших на поверхность земли, является одним из основных требований благоустройства населенных мест и промышленных территорий.

При отсутствии организованного отвода ливневых вод значительные массы воды скапливаются на поверхности улиц, проездов и застроенных территорий, и это нарушает нормальное движение пешеходов и транспорта, а иногда приводит к затоплению нижележащих участков и расположенных на них зданий.

Вследствие застоя воды резко ухудшаются санитарно-гигиенические условия окружающей местности; из-за вымывания швов и просачивания воды через образовавшиеся поры и трещины разрушается дорожная одежда и ее основание; происходит местное заболачивание территории, а при сильном просачивании воды через основание дорожной одежды — и подтапливание подвальных помещений.

Неблагоприятное воздействие поверхностной воды на дорожные покрытия значительно усиливается во время оттепелей и заморозков, когда в результате периодического замерзания и оттаивания воды увеличивается число и размеры разрушений.

Поскольку от правильного решения системы водоотведения зависит состояние дорожной одежды и покрытий, а также срок их службы, вопросы удаления ливневых вод с застроенных территорий должны рассматриваться в неразрывной связи с общими задачами благоустройства и в первую очередь с вопросами дорожного строительства. Поэтому при планировке новых и реконструкции старых городов и промышленных предприятий особое внимание следует уделять вопросам рационального водоотведения.

В зависимости от назначения территории, ее топографии и планировки, степени и характера благоустройства, разветвленности транспортных и подземных инженерных коммуникаций и технико-экономических соображений удаление ливневых вод

Сооружения для отвода атмосферных осадков известны еще с глубокой древности.

Археологические исследования показывают, что в Индии за 5 000 — 6 000 лет, а в Египте более чем за 2 500 лет до нашей эры имелись выложенные из кирпича и камня каналы, по которым вода отводилась во рвы, обычно устраивавшиеся вокруг городов¹.

Уже в этот период отдельные монументальные здания (дворцы, храмы и т. п.) устраивались с плоскими крышами и замощенными дворами, оборудованными внутренними водостоками.

Для отвода атмосферных осадков плиты на покрытиях имели скат к сборным лоткам, выдолбленным в кровле, а дождевые воды с замощенных дворов удалялись по камешным желобам, лоткам и даже гончарным трубопроводам.

Системы водостоков и водосточные каналы имелись в Древней Греции и в Древнем Риме.

Характерным примером служит главный водосточный канал «клоака максима», построенный в Риме в IV в. до н. э. и частично сохранившийся до настоящего времени.

В России дренажные трубы впервые были проложены в Новгороде Великом еще в XI в. В XIV в. там же были применены круглые деревянные водосточные трубы.

Следует отметить, что Новгород Великий в XI в. был первым городом в Европе, в котором были замощены все улицы².

Начало работ по устройству водосточной сети в Москве относится к середине XIV в. к моменту сооружения на территории Кремля закрытого деревянного канала для отвода ливневых вод в р. Москву. В XVII в. в Москве прокладываются водосточные каналы из камня по Тверской улице (ныне улице Горького), уже в то время замощенной твердым белым камнем³.

В XVIII в. в связи со значительным масштабом работ по замощению улиц строительство водостоков в России получает широкое для того времени развитие. При этом устраиваются и внутренние водостоки в отдельных владениях. В 1770 г. водостоки прокладываются в центральной части Петербурга, причем для приема поверхностных вод строятся специальные приемные колодцы, перекрытые железными решетками и представляющие собой первый тип ливнеприемников отечественной конструкции.

¹ Коллектив авторов, под ред. проф. П. С. Белова, Канализация промышленных предприятий и населенных мест, ч. I, Стройиздат, 1944.

² Н. И. Фальковский, История водоснабжения в России, изд. Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1947.

³ А. Е. Страментов, Курс городских дорог, изд. Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1944.

производится либо по специально устраиваемой системе ливневой канализации (закрытой или открытой) либо по общим системам канализации (общесплавным, полураздельным). Применение закрытой (подземной) системы ливневой канализации имеет ряд инженерных, санитарно-гигиенических и эксплуатационных преимуществ; поэтому в современных благоустроенных городах и промышленных предприятиях этот способ находит широкое применение.

Системы закрытой ливневой канализации разделяются на внутренние и наружные.

Внутренняя ливневая канализация (внутренние водостоки) предназначается для удаления в наружную сеть атмосферных осадков с крыш больших по площади зданий, когда эти осадки не могут быть отведены пристенными водосточными трубами (наружными водоспусками).

Наружная ливневая канализация (наружные водостоки) служит для удаления атмосферных осадков с территории населенных мест и промышленных предприятий (в том числе и из систем внутренних водостоков) в ближайшие водосемы или овраги.

Наружные водостоки, как уже указывалось, могут быть открытого или закрытого типа. В первом случае для отвода ливневых вод служат открытые лотки, кюветы и каналы, по которым и отводятся ливневые воды; во втором случае для этой цели прокладываются подземные трубопроводы и каналы. Обычно имеет место сочетание открытой и закрытой сети ливневой канализации (водостоки смешанного типа).

Наличие разветвленной сети подземной ливневой канализации позволяет лучше организовать чистку улиц и содержать их в хорошем санитарном состоянии, так как дает возможность применять организованную поливку (и даже мытье) улиц со стоком воды в ливнеприемники.

При наличии такой сети наиболее рационально и экономично разрешаются задачи снегоудаления: путем сброса в подземную сеть (через ливнеприемники) талых вод от дворовых и уличных снеготаялок, а в отдельных случаях и путем непосредственного сплава снега по ливневой сети. В ряде случаев в сеть ливневой канализации сбрасывают дренажные, а также условно чистые производственные сточные воды.

В отдельных районах СССР организованный сбор атмосферных осадков позволяет в известной степени разрешить задачу водоснабжения. Так, например, согласно исследованиям объединенной комплексной Арало-Каспийской экспедиции Академии наук СССР значительную роль в сельскохозяйственном водоснабжении пустынных районов Туркмении играют дождевые воды, с большим успехом собираемые колхозниками в специальные водоемы.

Вода из этих приемных колодцев поступала в кирпичные каналы (высотой до 1,2 м и шириной 0,9 м и более), по которым отводилась в р. Неву; сечение отдельных кирпичных каналов достигало значительных размеров—до 14 м².

Уже в 1832 г. общая длина подземных водостоков в Петербурге составляла 95 км, в то время как длина парижских водостоков в этот период (1830 г.) не превышала 50 км¹.

К концу XVIII в. замощенные улицы имеются уже не только в Москве и Петербурге, но и в ряде других городов (в Одессе, Киеве, Харькове, Тифлисе и др.).

В начале XIX в. (1812—1817 гг.) в Москве ведутся работы по заключению р. Неглинки в закрытый канал, предназначенный для отвода ливневых и хозяйственно-бытовых сточных вод в р. Москву.

Во второй половине XIX в. начинается строительство подземных сетей ливневой канализации по схеме, близкой к современной, в Одессе и других городах.

В течение XIX и в начале XX вв. водостоки строятся в Киеве, Бобруйске, Двинске, Ревеле и других городах. К этому же времени относится строительство и общесплавных систем канализации в Феодосии, Одессе, Тифлисе, Гатчине, Самаре, Алушке, Выборге, Орехово-Зуеве, Пензе, Пскове, Симбирске, Рыбинске и др.¹ Однако объем этих работ, если учесть общее число населенных мест, был невелик; строительству водостоков, как и другим вопросам благоустройства, в царской России уделялось мало внимания.

Характерным для политики того времени являлось «...направление основных средств на благоустройство кварталов, населенных буржуазными и зажиточными элементами, рабочие же кварталы и окраины топили в грязи, были лишены света, воды, канализации, мостовых и самых элементарных удобств, несмотря на то, что главная тяжесть городских поборов падала на трудящиеся массы»².

За годы первой мировой войны несовершенное городское хозяйство царской России пришло в полный упадок.

В первые же годы после Великой Октябрьской социалистической революции начинается восстановление коммунального хозяйства страны. Увеличивается число домов, оборудованных водопроводом и канализацией. Во многих городах и поселках строятся новые системы водопровода и канализации.

¹ З. Н. Шишкин, Я. А. Карелин, С. К. Колобанов, С. В. Яковлев, Г. Л. Зак, Канализация, под редакцией проф. А. И. Жукова, Гос. издательство литературы по строительству и архитектуре, 1951.

² Из резолюции по докладу тов. Л. М. Кагановича на пленуме ЦК ВКП(б) в июне 1931 г. «О Московском городском хозяйстве и о развитии городского хозяйства СССР», «ВКП(б) в резолюциях и решениях съездов конференций и пленумов ЦК», ч. II, Политиздат при ЦК ВКП(б), стр. 463—464.

После окончания восстановительного периода начинается гигантский рост промышленного и связанного с ним коммунального строительства; одновременно большое развитие получает и строительство ливневой канализации.

Исключительное значение для городского строительства в Советском Союзе имели постановление июньского пленума ЦК ВКП(б) 1931 г. «О московском городском хозяйстве и о развитии городского хозяйства СССР» и постановление СНК СССР и ЦК ВКП(б) от 10 июля 1935 г. «О генеральном плане реконструкции Москвы», наметившие пути дальнейшего развития и реконструкции городского хозяйства страны.

За годы сталинских пятилеток было осуществлено исключительное по масштабам промышленное и коммунальное строительство, неузнаваемо изменившее лицо наших городов, промышленных и сельскохозяйственных территорий. В общем комплексе с гражданским и промышленным строительством выполнялись также и работы по благоустройству зданий и территорий.

В небывало широких масштабах производились дорожно-строительные работы, неразрывно связанные с устройством наружных водостоков. Уже к 1940 г. площадь городских территорий с усовершенствованными покрытиями увеличилась в 20 раз по сравнению с 1913 г.

В одной только Москве площадь усовершенствованных мостовых с 1930 г. по 1948 г. выросла более чем в 70 раз¹, при этом значительная часть дорожных работ была проведена на окраинах городских территорий, находившихся до революции в наиболее запущенном состоянии.

Принятый XVIII съездом ВКП(б) в 1938 г. план третьей сталинской пятилетки предусматривал дальнейшее широкое развитие промышленного и коммунального строительства в нашей стране.

Великая Отечественная война задержала реконструкцию городского хозяйства, однако в целом ряде населенных пунктов строительство дорог и водосточных сетей не прекращалось и в военное время.

Грандиозные масштабы восстановительных работ и строительства новых городов и промышленных предприятий определили объем санитарно-технических работ в послевоенные годы.

Законом о пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства СССР на 1946—1950 гг. было намечено,ряду с оборудованием жилых кварталов восстанавливаемых городов основными видами благоустройства, в целях дальнейшего повышения уровня коммунального обслуживания населения развернуть новое коммунальное строительство, построив за пятилетие новый водопровод в 16 городах и канализацию в 13 городах.

¹ А. Е. Страментов, Городские дороги, изд. Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1950.

Успешному выполнению плана послевоенной сталинской пятилетки в значительной мере способствовало развитие строительной индустрии в нашей стране, внедрение передовой строительной техники, максимальное использование сборных конструкций заводского изготовления, высокая механизация строительных работ и скоростные методы строительства.

В настоящее время в связи с исключительным ростом промышленного и гражданского строительства, предусмотренным пятым пятилетним планом развития СССР на 1951—1955 гг., значительно возрастает объем работ по благоустройству и строительству водопроводно-канализационных систем. Выполнение этих работ неразрывно связано с применением передовых и индустриальных методов их производства, основанных на достижениях нашей строительной техники.

Специальные задачи в области проектирования и устройства ливневой канализации поставлены в связи со строительством высотных зданий и осуществлением нового генерального плана реконструкции Москвы.

Ряд задач выдвигается также в связи с широко развернувшимся по всему Советскому Союзу массовым жилищным строительством, строительством колхозных поселков, а также реконструкций городов и населенных мест.

В частности один только капитальные вложения в коммунальное строительство к концу пятилетки увеличатся примерно на 50%.

Основным методом строительства наружных сетей ливневой канализации становится комплексный метод, при котором устройство дорожных покрытий осуществляется единым потоком и по единому графику с укладкой подземных коммуникаций.

В исключительном по масштабам строительстве, осуществляемом в Советском Союзе, проявляется великая жизненная сила социалистического строя и его преимущества перед капиталистическим строем.

В то время как благоустройство наших населенных мест и промышленных территорий благодаря повседневной заботе партии и правительства растет с каждым днем, городское хозяйство в капиталистических странах приходит все в больший упадок.

Рабочие кварталы капиталистических городов не благоустроены: улицы зачастую не замощены и содержатся в антисанитарном состоянии; бытовые и жилищные условия трудящихся исключительно тяжелы.

Правящие круги этих стран, проводя агрессивную политику и расходуя громадные средства на гонку вооружений и ведение захватнических войн, отказываются от ассигнований даже сравнительно небольших сумм на улучшение бытовых условий жизни населения пренебрегая самыми насущными его нуждами.

Экономике капиталистических стран, идущих по пути милитаризации народного хозяйства, получения наивысших прибы-

лей для капиталистов и дальнейшего обнищания трудящихся, противостоит мирное развитие советской экономики.

Вдохновляемый историческими решениями XIX съезда партии, советский народ успешно выполняет стоящие перед ним задачи и весь свой созидательный труд направляет на осуществление великой программы строительства коммунизма в нашей стране.

3. РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ЛИВНЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Разрешению задач в области благоустройства и санитарно-технического строительства в СССР за годы сталинских пятилеток содействовали успехи науки в нашей стране.

Советские ученые в своих теоретических и экспериментальных исследованиях вопросов, связанных с гидрометеорологическими основами расчета ливневой канализации, далеко превзошли работы иностранных ученых в этом направлении и внесли ценный вклад в практику расчета ливневой сети, дав теоретическое обоснование вопросов ливневого стока.

Научное обоснование этих вопросов имеет исключительно большое технико-экономическое значение, так как позволяет при проектировании и устройстве ливневой канализации выбирать наиболее рациональные решения и конструкции.

В первую очередь это требует наличия соответствующих исходных метеорологических данных.

У нас в стране эта возможность обеспечивается широким применением на метеорологических станциях автоматических приборов-самописцев для измерения, выпавших осадков.

Гениальный основоположник русской науки М. В. Ломоносов еще 200 лет назад отмечал значение автоматических приборов для метеорологических обсерваторий, учреждение которых он считал необходимым во всех частях света.

Систематические наблюдения над погодой велись в России с начала XVIII в. (со времени Петра I). В первой половине прошлого столетия были построены хорошо оборудованные обсерватории в Екатеринбурге, Луганске и других городах.

Еще ранее (в середине XVIII в.) был открыт ряд метеорологических станций в городах Сибири — Тобольске, Енисейске, Томске и др. В середине XIX в. на территории России уже имелось около 150 метстанций и обсерваторий.

Большую роль в создании и развитии метеорологической науки сыграла открытая в 1849 г. в Петербурге Главная геофизическая обсерватория (ныне обсерватория им. А. П. Войкова), положившая начало систематическому изучению процессов выпадения атмосферных осадков¹. Эта обсерватория как по постановке научного дела, так и по оборудованию была одним из

¹ Н. В. Колобков, Погода и ее предвидение, Гос. издательство технико-теоретической литературы, 1949.

крупнейших метеорологических учреждений в Европе и служила образцом для других стран¹.

Однако широкое строительство метеорологических учреждений и развитие метеорологической науки в России начинаются только после Великой Октябрьской социалистической революции, с апреля 1921 г., когда Совет Народных комиссаров под председательством В. И. Ленина принял специальный декрет об организации метеорологического дела в стране.

За годы советской власти благодаря повседневному вниманию партии и правительства к вопросам развития метеорологической службы на огромной территории Советского Союза развернута широкая сеть метеорологических станций.

Метеорологические данные, получаемые от этих станций, позволяют нашим проектным и строительно-монтажным организациям успешно разрешать задачи в области проектирования и строительства ливневой канализации.

В то же время работа метеорологических станций обеспечила научную постановку исследований по вопросам ливневого стока в ряде наших научно-исследовательских организаций. В первую очередь необходимо указать на работы Центрального исследовательского сектора НКПС в области теории поверхностного стока, в результате которых была предложена расчетная формула. Государственный гидрологический институт в итоге анализа огромного метеорологического материала разработал новую расчетную формулу, успешно применяемую в настоящее время при проектировании водостоков. Академия коммунального хозяйства им. Памфилова, Ленинградский научно-исследовательский институт Академии коммунального хозяйства, Всесоюзный научно-исследовательский институт Водгео и др. также плодотворно работали в этой области (преимущественно по исследованию стока в городских условиях).

Все эти успехи были достигнуты в результате крупных открытий, сделанных рядом выдающихся советских метеорологов и климатологов, занявших ведущее место в мировой науке.

Среди специалистов, непосредственно занимавшихся вопросами ливневой канализации, исключительная роль принадлежит проф. П. Ф. Горбачеву.

В результате научного исследования метеорологических явлений проф. П. Ф. Горбачев установил ряд закономерностей, позволивших ему создать стройную «теорию ливней» и на ее основе — оригинальный метод расчета ливневого стока, широко известный в нашей практике под названием «способа предельных интенсивностей».

Во введении к своей работе «Методы расчета ливневого стока» проф. П. Ф. Горбачев писал: «В Союзе ССР... распространился свой способ предельных интенсивностей, который ...исходил не из эмпирического подбора местных метеорологических

¹ А. П. Гальцов, Предсказание погоды, Воениздат, 1950.

данных для каждого проекта ливневой канализации как в Америке, а из общего теоретического обоснования расчетов для всех случаев, т. е. из «теории ливней», позволяя охватить и учесть все многообразие местных и временных условий стока»¹.

Крупные теоретические исследования с постановкой обширных экспериментов проведены проф. д-ром техн. наук Н. Н. Беловым.

Своими исследованиями вопросов поверхностного стока, завершившимися созданием научно обоснованной формулы для определения коэффициента стока застроенных территорий, и разработкой нового, обладающего большими технико-экономическими преимуществами метода расчета ливневых сетей с учетом напорного режима, а также рядом других работ проф. Н. Н. Белов вписал свое имя в историю отечественной науки.

Большое значение для проектирования ливневой канализации имеют работы канд. техн. наук Г. Л. Зака по уточнению ряда расчетных параметров и рационализации расчета.

Значительный вклад в дело исследования вопросов ливневой канализации промышленных территорий внес инж. Е. Д. Швецов, создавший первый специальный труд по этому вопросу.

Если в дореволюционной России изучением вопросов стока занимались отдельные специалисты — и то лишь, главным образом, в узкой области водоотвода в связи с постройкой железных дорог (проф. Ф. Г. Зброжек, проф. Л. Ф. Николаи, инж. Н. Е. Долгов и др.), то за годы советской власти с развитием передовой отечественной науки число исследователей в области ливневой канализации неизмеримо возросло.

Кроме поименованных выше исследователей, следует назвать д-ра техн. наук М. М. Протодьяконова, кандидатов технических наук Л. Т. Абрамова, Л. Г. Демидова, доцента Г. Г. Шигорина, инж. В. Л. Карагодина, М. В. Молокова и многих других.

Научному обоснованию вопросов ливневой канализации во многом способствовали своими работами в области канализации населенных мест и промышленных предприятий профессора П. С. Белов, В. Ф. Иванов, Д. С. Черкес, В. П. Чижов и др.

Разработкой научных основ гидравлики канализационных (в том числе и ливневых) сетей занимались акад. Н. Н. Павловский, профессора П. Ф. Горбачев, В. Г. Лобачев, А. Я. Милович и др.

В области изучения истории техники водоснабжения большую работу провел проф. д-р техн. наук Н. И. Фальковский.

Большую роль в развитии отечественной науки сыграли русские водопроводные съезды и Научное инженерно-техническое общество водоснабжения и санитарной техники.

¹ НККХ РСФСР, Государственная академия коммунального хозяйства, Методы расчета ливневого стока, Издательство «Власть Советов» при Президиуме ВЦИК, Москва, 1937.

Параллельно с научными исследованиями ведущие советские проектные организации (Промстройпроект, Госводоканалпроект, Водоканалпроект, Дормостпроект и др.) проводили большие работы в области типизации и стандартизации отдельных конструктивных элементов и создали ряд рациональных типовых проектов сооружений, широко применяемых в нашей практике¹.

Даже из этого краткого обзора видны те исключительные по своему значению достижения советской науки в области теории расчета и практики строительства ливневой канализации.

¹ Впервые вопросы типизации ливневых сетей были поставлены в России еще в 1805 г., когда в связи со строительством водосточков в Петербурге были выпущены чертежи конструкций типовых водосточных каналов из разных материалов.

Глава I

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

1. СИСТЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ

Для отведения ливневых вод устраиваются специальные системы ливневой канализации, а также могут быть использованы общие системы канализации населенных мест и промышленных предприятий.

Различают три основные системы канализации: общесплавную, полураздельную и раздельную.

Общесплавная система состоит из одной сети труб и коллекторов, по которой отводятся все сточные воды, как хозяйственно-бытовые и производственные, так и ливневые.

В общесплавную систему канализации (рис. 1) обычно входят все основные элементы канализационных систем, в том числе станции перекачки и очистные сооружения.

В целях сокращения объема очистных сооружений, возможности устройства насосных станций меньшей мощности и разгрузки коллекторов от ливневых вод (количество которых во много раз превышает количество других стоков) по трассе берегового коллектора устраиваются ливнеспуски для попутного сброса атмосферных вод в водоем.

Полураздельная система канализации (рис. 2) состоит из двух раздельных сетей: хозяйственно-фекальной (или производственной) и ливневой, соединяемых в специальных соединительных камерах.

Особенностью этой системы является сброс дождевых и поливочных вод, а также первых, наиболее загрязненных порций ливневых вод в коллекторы хозяйственно-фекальной или производственной канализации и отведение их на очистные сооружения. Основная же масса ливневых вод (менее загрязненных) отводится по ливневой сети через специальные соединительные камеры (ливнесбросы) в водные протоки. Конструкция ливнесбросов обеспечивает автоматическое поступление ливневых вод при значительном увеличении их количества и соответствующем уровне воды в ливнеотводную часть камеры. Для этого в месте расположения соединительной камеры сеть хозяйственно-

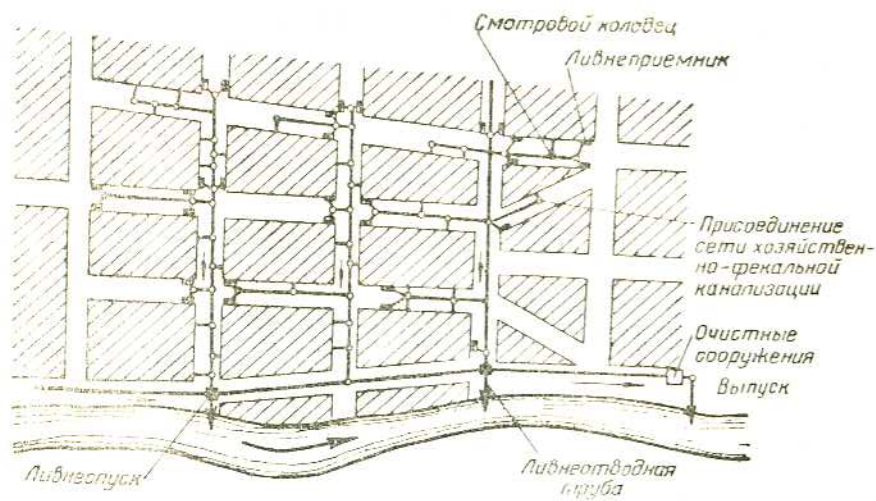


Рис. 1. Схема общесплавной канализации

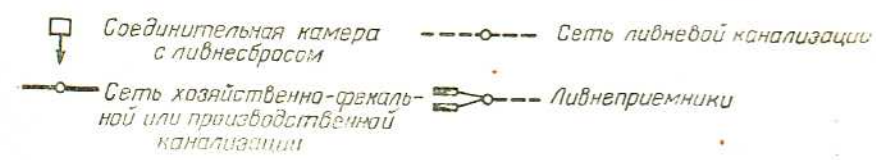
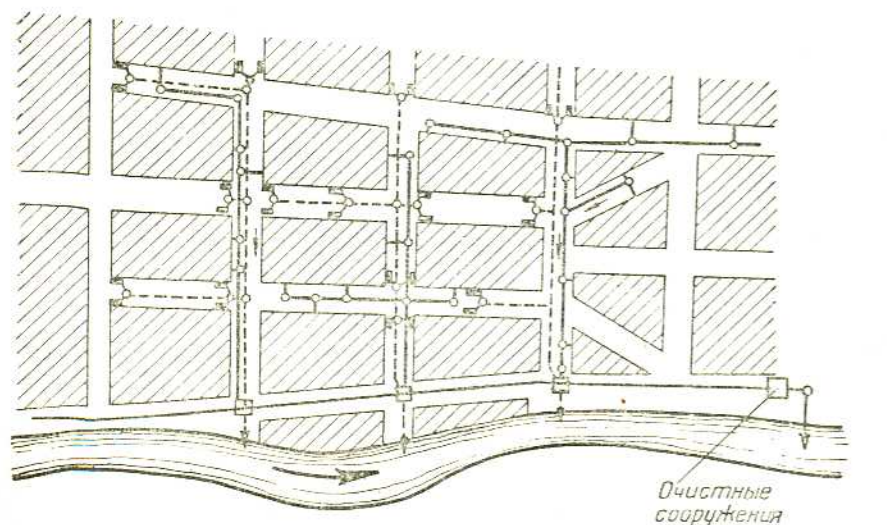


Рис. 2. Схема полураздельной канализации

фекальных или производственных вод должна проходить ниже ливневой сети.
 Раздельная система канализации (рис. 3) состоит из двух (или нескольких) самостоятельных сетей, по одной из которых отводятся ливневые воды, а по другой (или другим) — хозяйственно-фекальные и производственные воды.

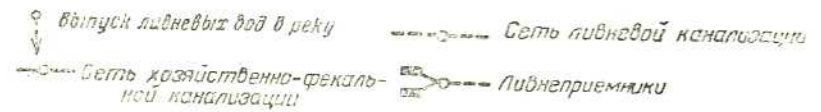
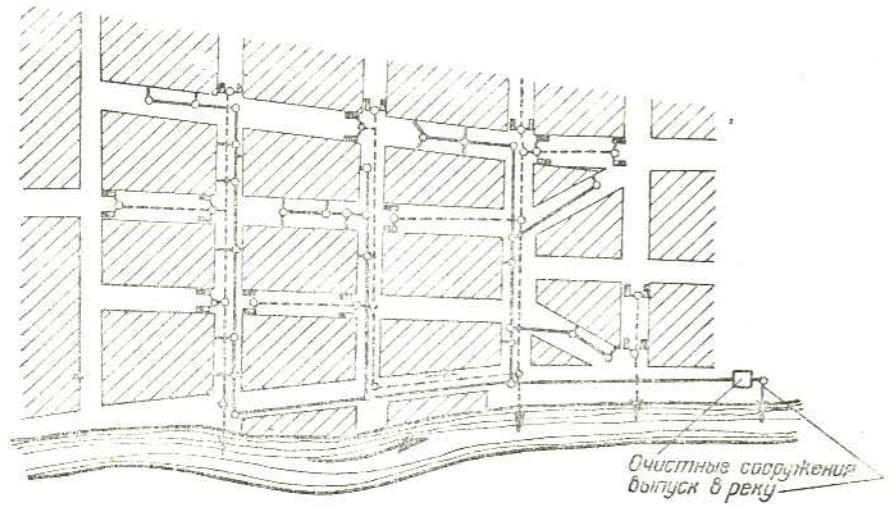


Рис. 3. Схема раздельной канализации

Таким образом, устройство отдельной сети ливневой канализации связано с применением раздельной системы канализования населенного места или промышленного предприятия.

При этом может быть осуществлена полная раздельная система канализования с устройством указанных сетей или же неполная раздельная, при которой в первую очередь устраивается только канализация для удаления хозяйственно-фекальных и загрязненных производственных вод, атмосферные осадки же удаляются в водоем по открытой сети водостоков.

В дальнейшем открытая сеть водостоков может быть заменена подземной сетью ливневой канализации.

Широкое применение на территориях промышленных предприятий получила система производственно-ливневой канализации, при которой атмосферные осадки отводятся по общей сети вместе с условно чистыми производственными водами.

Выбор той или иной системы канализования ливневых вод зависит от местных условий и диктуется схемой планировки, технико-экономическими, климатическими и санитарными соображениями.

Не останавливаясь детально на оценке основных систем канализации, рассмотрим здесь лишь некоторые вопросы, связанные с возможностью использования отдельных систем для удаления ливневых вод.

При выборе системы канализации необходимо учитывать следующие два обстоятельства, имеющие очень большое значение:

1) величина расчетного расхода ливневых вод в несколько десятков раз превышает количество хозяйственно-фекальных вод, поступающих с той же площади в ту же единицу времени;

2) использование канализационной сети для удаления ливневых вод в большинстве географических пунктов СССР составляет по времени менее 10%, поскольку суммарная продолжительность общего выпадения дождевых и ливневых осадков не превышает 20 дней в году.

В настоящее время наибольшее распространение в городах Советского Союза получили раздельные системы канализации, что объясняется, главным образом, технико-экономическими и эксплуатационными их преимуществами по сравнению с другими системами канализования, а также климатическими особенностями большинства населенных пунктов СССР.

Раздельные системы канализации в последнее время широко применяются и в промышленном строительстве, где наряду с устройством сетей хозяйственно-фекальной и производственной канализации (для загрязненных вод) устраивается отдельная сеть ливневой канализации.

К числу положительных особенностей раздельных систем относится возможность их осуществления в несколько очередей по мере развития благоустройства отдельных канализуемых бассейнов. Этому особенно благоприятствует возможность постепенного перехода от неполной раздельной системы (с устройством в первую очередь хозяйственно-фекальной канализации и открытых водостоков) к полному технически совершенному раздельному канализованию сточных вод.

Однако следует отметить высокую стоимость полной раздельной системы канализации и необходимость прокладки двух сетей, что в ряде случаев затрудняет производство работ и осложняет подземное хозяйство. С санитарно-гигиенической точки зрения эта система имеет известные недостатки, к которым в первую очередь относится необходимость сброса атмосферных вод в водоем в пределах населенного пункта, что обуславливается технико-экономическими требованиями размещения выпусков.

В санитарном отношении более целесообразна полураздель-

ная система канализации, при которой первые порции загрязненных дождевых вод поступают в сеть хозяйственно-фекальной канализации и проходят через очистные сооружения, тогда как основное количество ливневых вод сбрасывается непосредственно в водоем.

Однако, как показывают исследования Московского санитарно-гигиенического института им. Эрисмана, загрязнение дождевых вод примесями, смытыми с поверхности улиц и дворов, наблюдаются даже через 30 мин. после начала дождя, т. е. после того, как уже начала работать сеть ливневой канализации¹. Следовательно, обеспечить надлежащие санитарно-гигиенические условия в месте выпуска ливневых вод можно только в том случае, если основное их количество будет сброшено в коллектор хозяйственно-фекальной канализации, а это требует значительного увеличения размеров как коллектора, так и очистных сооружений, и тем самым удорожает строительство и эксплуатацию системы. Вследствие указанных недостатков полураздельные системы не получили у нас распространения.

Наиболее благоприятной в санитарном отношении является общесплавная система канализации с очисткой всех поступающих в нее сточных вод. Однако по экономическим соображениям обычно устраивается общесплавная система с ливнеспусками в пределах канализуемой территории. При такой системе неминуем сброс через ливнеспуски некоторого количества хозяйственно-фекальных сточных вод вместе с ливневыми. Кроме того, при переполнении сети возможно попадание хозяйственно-фекальных стоков вместе с ливневыми водами на поверхность улиц через смотровые колодцы и ливнеприемники. Таким образом, при общесплавной системе с ливнеспусками в значительной степени уменьшаются санитарные преимущества, присущие общесплавной системе канализации в целом.

К тому же, по сравнению с раздельной системой канализации общесплавная система имеет и ряд других недостатков. Из них следует указать на крупные одновременные затраты при строительстве, высокие эксплуатационные расходы вследствие малого использования пропускной способности системы в сухую погоду, а также эксплуатационные затруднения, вызываемые неравномерностью притока ливневых вод и снижением эффекта биологической очистки сточных вод в осеннее и весеннее время².

Поэтому применение общесплавной системы может оказаться целесообразным лишь в тех случаях, когда по условиям благоустройства требуется одновременное удаление хозяйственно-

¹ Л. Г. Демидов, Г. Г. Шигорин, Канализация, изд. Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1950.

² Как указывает доц. А. П. Пономарев, температура поступающей смеси хозяйственно-фекальных и ливневых вод падает до 5—6°, что нарушает нормальный ход биологических процессов очистки сточных вод.

фекальных, производственных и ливневых вод и в то же время могут быть обеспечены минимальная перекачка стоков, возможность применения простейших способов очистки и необходимые санитарные условия в зоне ливнепусков.

Следует отметить, что общесплавная система канализации в большей степени, чем остальные, связана с общим благоустройством обслуживаемых пунктов. Нормальная работа сетей общесплавной канализации может быть обеспечена лишь при соответствующих дорожных покрытиях и их содержании.

2. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ И ЭЛЕМЕНТЫ НАРУЖНОЙ ЛИВНЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

При раздельной системе канализации организованный отвод атмосферных осадков производится по специальной сети (рис. 4).

Ливневые воды, стекающие с поверхности улиц, кварталов, дворов, отводятся сетью открытых канав, лотков или сетью труб и каналов разного размера и различной формы поперечного сечения в ближайшие естественные протоки или овраги.

На практике получили распространение следующие виды ливневых сетей:

- 1) открытые (поверхностные) водостоки в виде открытых канав, лотков и кюветов;
- 2) закрытые (подземные) водостоки в виде подземных труб и каналов;
- 3) смешанный тип, при котором отдельные части обслуживаемого бассейна имеют различные способы водоотведения (открытый или закрытый).

Выбор типа водоотведения производится на основе технико-экономического сравнения отдельных вариантов с учетом условий как осуществления сети, так и последующей ее эксплуатации.

Решающую роль при этом играют характер благоустройства обслуживаемой территории (наличие усовершенствованных мостовых, транспортных сети, подземное хозяйство и т. д.), природные ее условия и перспективы последующего развития.

При выборе типа водоотведения для промышленных площадок дополнительно учитывается ряд факторов, к числу которых относятся:

- а) характер и интенсивность застройки;
- б) наличие зданий с внутренними водостоками;
- в) целесообразность устройства объединенной сети для ливневых и условно чистых производственных вод;
- г) разветвленность сети промышленного транспорта;
- д) схема движения людских потоков¹;
- е) протяженность водосточной сети, ее заглубление и т. д.

¹ На площадках с развитой сетью промышленного транспорта и интенсивным движением устройство открытых водостоков связано с техническими затруднениями и значительными эксплуатационными неудобствами.

Ливневые воды в закрытые (подземные) водостоки поступают через специальные устройства, называемые ливнеприемниками (ждеприемниками).

Для осмотра ливневой сети и ее очистки от засорений на ней устраиваются смотровые колодцы, а в местах соединения крупных коллекторов и каналов—соединительные камеры. В местах резкого изменения уклона водостока, при необходимости гашения

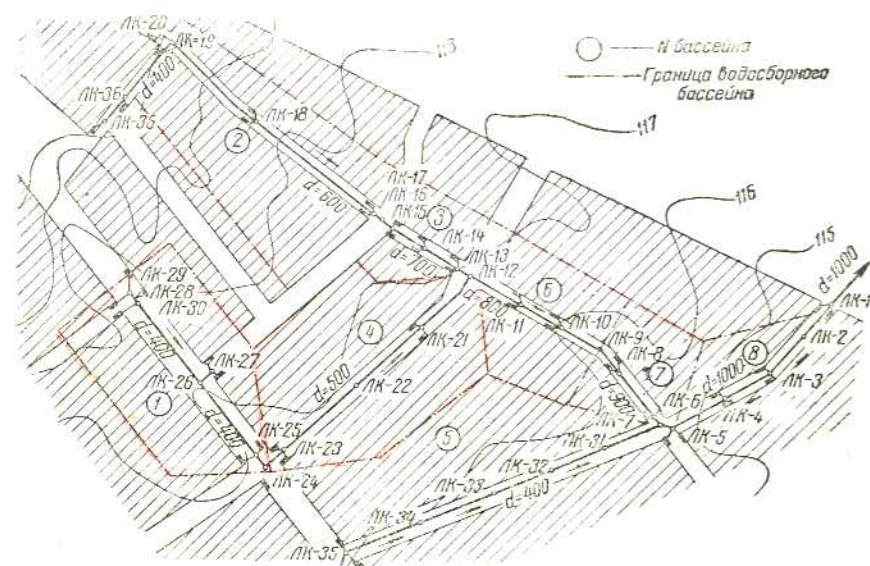


Рис. 4. Схема ливневой сети с показанием водосборных бассейнов

скорости в основном потоке и в местах присоединения боковых линий к глубоко заложеной магистрали, устраиваются перепадные колодцы.

Сбор ливневых вод независимо от принятого типа сети производится в ближайшие естественные протоки. При этом он обычно осуществляется в пределах населенного пункта без предварительной очистки. Действующим санитарным законодательством выпуск ливневых вод не допускается только в районе водозаборных сооружений хозяйственно-питьевого водопровода.

В отдельных случаях, в связи с особыми местными условиями и специальными требованиями благоустройства, может потребоваться очистка ливневых вод перед выпуском в водоем или же устройство отстойников на сети для задержания механических примесей.

Открытые водостоки. Из существующих систем водоотведения наиболее простой и экономичной является сеть открытых водостоков. Однако ее устройство возможно только при весьма благоприятных топографических и планировочных условиях для стока поверхностных вод, а также при соответствующих гидрогеологических условиях.

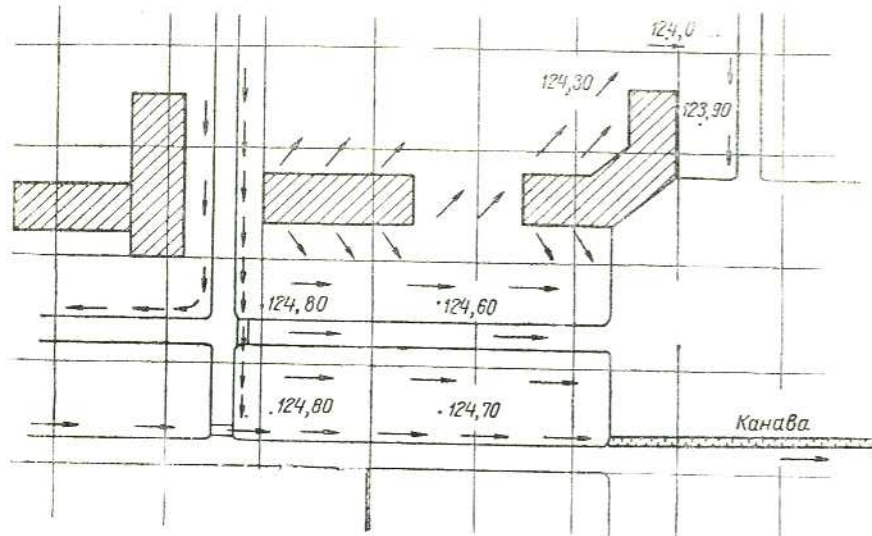


Рис. 5. Схема поверхностного (открытого) водоотвода с участка

В настоящее время открытые водостоки на застроенных территориях обычно устраиваются:

- 1) для обслуживания небольших бассейнов стока;
- 2) в населенных пунктах, топографические и планировочные условия которых обеспечивают надлежащий отвод ливневых вод по системе уличных лотков и кюветов и допускают устройство отводных канав (например, в горных районах);
- 3) для обслуживания отдельных бассейнов населенных мест и промышленных территорий с незначительным среднегодовым количеством осадков (200—250 мм);
- 4) на территории промышленных предприятий при малоразвитой сети промышленного транспорта;
- 5) в городах и поселках с небольшой плотностью застройки, где устройство закрытой сети ливневой канализации вследствие значительной стоимости и размера первоначальных капиталовложений запланировано во вторую очередь;
- 6) в населенных пунктах с развитой сетью арыков (города Средней Азии и др.).

План участка, обслуживаемого открытыми водостоками, показан на рис. 5.

В зависимости от топографических и гидрогеологических условий, а также назначения объекта и характера его благоустройства водоотведение может быть осуществлено при помощи лотков и кюветов (как придорожных, так и специальных), открытых канав и т. п.

Водоотведение из кварталов в этих случаях осуществляется по лоткам внутриквартальных проездов, а на улицах (так же как и при закрытой сети) на возможно большем расстоянии по лоткам проезжей части или же кюветам (если расход воды превышает пропускную способность лотков).

Следует, однако, указать, что водоотведение по лоткам и кюветам улиц может иметь место только при небольших бассейнах стока и на коротких расстояниях; длина этих участков ограничивается пропускной способностью водоотводящей уличной сети. При несоблюдении этого условия происходит растекание воды по прилегающей площади.

Границы растекания воды для различной глубины протока (заполнения лотков) при соответствующих поперечных уклонах приведены в табл. 1 (по А. Е. Сираментову).

Таблица 1

Род мостовых	Границы растекания в м при глубине протока в см							
	2	5	8	10	12	14	16	18
Булыжник	0,25	0,62	1,00	1,40	1,80	2,85	3,25	5,00
Щебеночная								
Брусчатая	0,50	1,85	3,35	4,35	5,35	6,35	7,35	8,35
Торцовая	1,08	3,50	6,00	7,70	9,32	11,00	12,60	14,30
Асфальтовая	1,70	4,60	7,30	9,30	11,30	13,30	15,30	17,30

Несмотря на простоту устройства открытых водостоков, им присущ ряд санитарно-гигиенических и эксплуатационных недостатков. К числу их относятся:

- 1) неудобства для движения транспорта и пешеходов;
- 2) большая площадь водоотводных кюветов и канав, необходимость устройства переездных и переходных мостиков или труб в местах пересечения с улицами;
- 3) необходимость регулярного ухода и значительных эксплуатационных расходов, связанных с содержанием открытой сети в надлежащем санитарном и техническом состоянии.

Кроме того, применение открытых водостоков ограничивается и гидрогеологическими условиями территории. Так, при высоком стоянии грунтовых вод затрудняется устройство и усложняются условия эксплуатации открытой сети и ухудшается санитарное состояние окружающей местности (распространение запаха, цветение воды и пр.).

Поэтому применение открытых водостоков при строительстве новых городов и крупных промышленных объектов может иметь место лишь в качестве временного решения (как наиболее экономичного при строительстве первой очереди) с последующей их заменой закрытыми. Возможность такой замены должна быть предусмотрена при проектировании открытых водостоков.

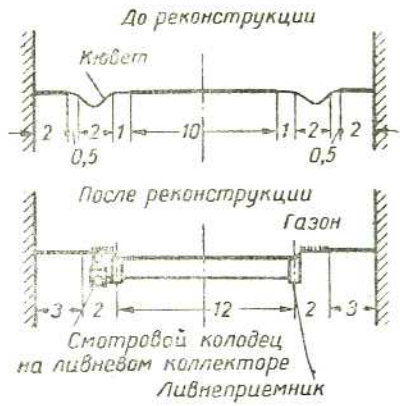


Рис. 6. Переустройство открытой водосточной сети в закрытую

Схема устройства открытой сети с последующим ее переустройством в закрытую приведена на рис. 6.

Закрытые водостоки. Ввиду недостатков, присутствующих открытым водостокам, широкое применение в практике нашего строительства в последние годы получили закрытые (подземные) сети ливневой канализации.

Особенно распространены они в крупных благоустроенных городах и промышленных объектах с усовершенствованными дорожными покрытиями, надлежащее содержание которых уже предопределяет устройство подземной сети водостоков.

Устройство этих сетей в свою очередь обеспечивает как организованный прием в сеть ливневой канализации так называемых общественных вод (от поливок, фонтанов и пр.), так и удаление их.

План городского участка с подземной сетью ливневой канализации приведен на рис. 7. Общий вид городской магистрали, оборудованной ливнеприемниками, показан на рис. 8.

К закрытой системе ливневой канализации относятся и поверхностные водоотводные лотки уличной сети (входящие в основную конструкцию городских дорог), по которым вода стекает в ливнеприемники. Отдельные виды лотков показаны на рис. 9.

Иногда вместо открытых лотков обычного типа применяют полузакрытые лотки, выполняемые вместе с бортовым устройством (рис. 10).

При проектировании обычно стремятся обеспечить возможность использования лотков уличной сети на максимальном протяжении, в зависимости от их пропускной способности, способствуя тем самым уменьшению длины подземной сети.

Для уменьшения сечения подземной сети, проходящей вдоль незастроенных территорий, на расстоянии 100–150 м от трассы

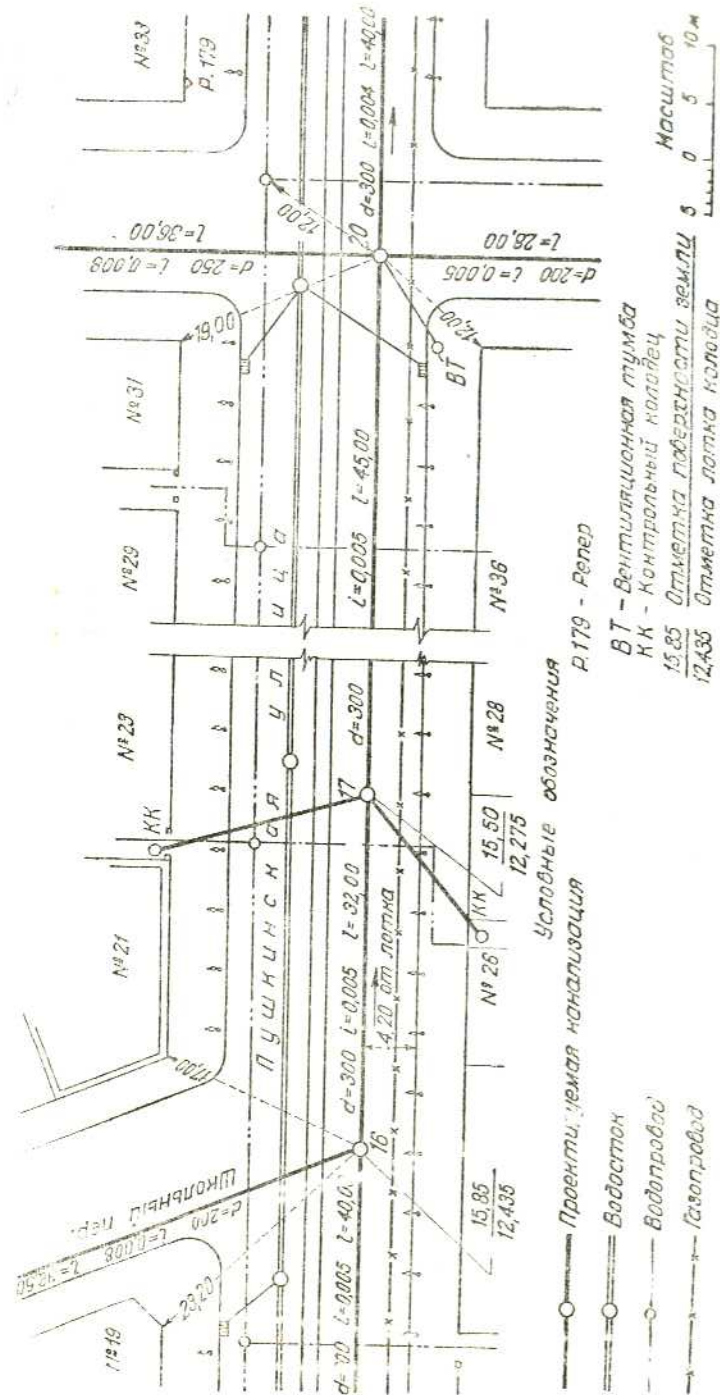


Рис. 7. План расположения санитарно-технических сетей на проезде

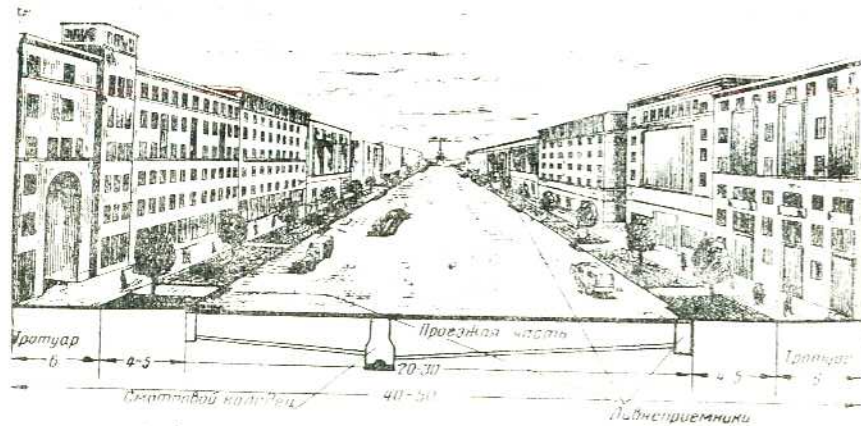


Рис. 8. Схема ливневой канализации на городской магистрали

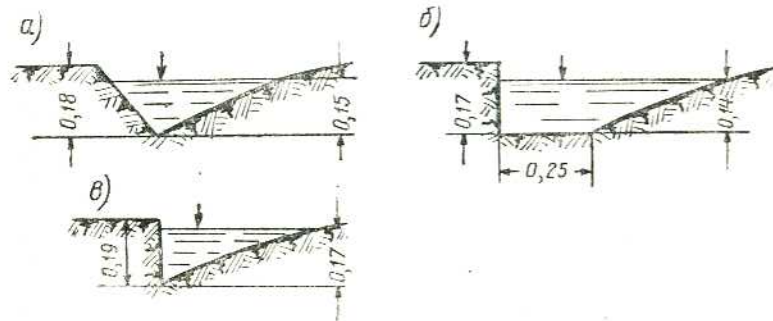


Рис. 9. Открытые водосточные лотки

а — лотки булыжной мостовой; б — лотки брусчатой мостовой; в — лотки асфальтовой мостовой

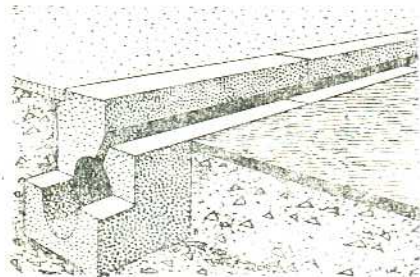


Рис. 10. Схема открытого лотка из сборных бетонных бордюрных блоков

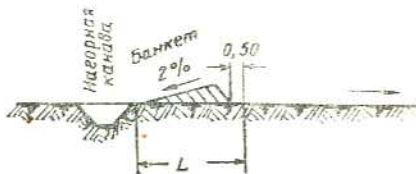


Рис. 11. Нагорная канава

устраивают нагорные каналы (рис. 11) для перехвата и отвода воды, притекающей с верховой стороны.

При наличии на промышленной площадке условно чистых производственных вод и необходимости устройства закрытых

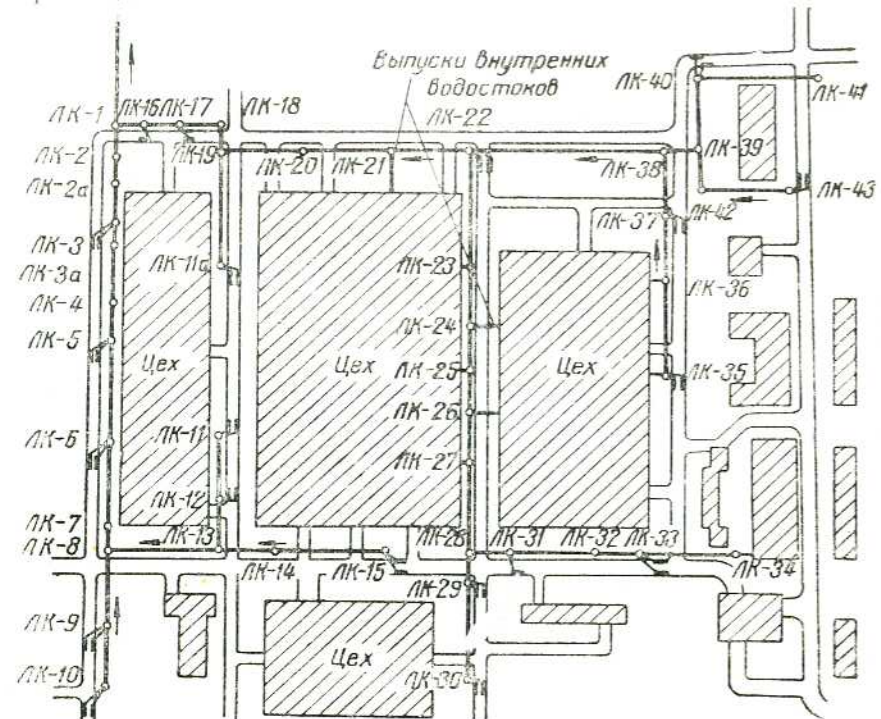


Рис. 12. План заводской площадки с сетью ливневой канализации

водостоков, как правило, применяется объединенная производственно-ливневая канализация.

План заводской площадки с подземной закрытой сетью ливневой канализации показан на рис. 12.

Смешанный тип водостоков. В тех случаях, когда отдельные районы города или части промышленных территорий имеют различную степень благоустройства, устраиваются смешанные системы водостоков. При этом наиболее благоустроенные части, а также участки с неблагоприятным рельефом оборудуются закрытой сетью ливневой канализации, тогда как на остальной территории (городские участки с неинтенсивной застройкой, районы вспомогательных и складских промышленных территорий и т. д.) устраиваются открытые водостоки. Применение элементов открытого и закрытого водоотвода может иметь место и в границах одного бассейна (переход подземных коллекторов в открытые каналы, присоединение кюветов к подземной сети и т. д.).

АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ И ВОДЫ, ПРИНИМАЕМЫЕ ЛИВНЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИЕЙ

1. ОСНОВНЫЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Принимаемые ливневой канализацией атмосферные осадки выпадают на земную поверхность в виде дождей, ливней и снега.

Рассмотрение физических явлений, связанных с образованием и выпадением атмосферных осадков, не входит в задачу настоящей книги.

Однако для того, чтобы сознательно оперировать с исходными гидрометеорологическими данными, которыми приходится пользоваться при проектировании ливневой канализации, необходимо иметь представление об основных процессах формирования и выпадения атмосферных осадков¹.

Атмосферные осадки, или, как их иначе называют, гидрометеоры, представляют собой продукты конденсации водяных паров в атмосфере². В зависимости от высоты и температуры, при которых происходит конденсация, а также от температуры надземных слоев воздуха, гидрометеоры выпадают в жидком (дожди, ливни) или твердом (снег, град) виде.

Кроме названных атмосферных осадков, в более широком смысле к гидрометеорам относятся также туман, водяные и ледяные облака, роса, крупа, иней и пр., количество которых составляет всего лишь 1—3% от общего годового количества осадков.

Насыщение атмосферы водяным паром происходит в результате испарения воды с земной поверхности. Водяной пар распространяется в атмосфере как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях и переносится на огромные пространства воздушными течениями, образующимися вследствие неравномерного нагрева земной поверхности.

Испарение водяных паров в атмосферу происходит до тех пор, пока не произойдет полного (предельного для данной температуры и давления) насыщения воздуха, находящегося над испаряющейся поверхностью. При этом чем выше слой воздуха, тем меньше содержание в нем водяных паров, а следовательно, и количество влаги, насыщающей воздух.

Процесс испарения с водяной поверхности протекает довольно

¹ Более подробные сведения по этому вопросу приводятся в книгах по метеорологии.

² Осадки образуются за счет водяных паров, которые приходят на данную территорию, с одной стороны, извне (внешний влагооборот) и, с другой, за счет испарения на данной территории (внутренний влагооборот). См. А. Б. Шпичинский, К вопросу о внутреннем влагообороте, Известия АН СССР, Серия географическая № 6, 1952.

равномерно и зависит от степени ее нагрева, а также состояния окружающей атмосферы.

Более сложно протекает процесс испарения с суши, так как на него оказывают также влияние рельеф местности, почвенные условия, наличие растительности и сила ветра.

При превышении количества водяных паров, требуемого для насыщения воздуха, или при охлаждении полностью насыщенного парами воздуха (условие, при котором образуется туман) излишние водяные пары в воздухе переходят в капли воды, а при температуре ниже нуля — в кристаллы снега или льда.

Таким образом, осадки образуются только в том случае, когда упругость водяных паров становится выше критической; явление это носит название процесса конденсации.

Температура воздуха понижается с высотой; уже на высоте около 2 км в умеренных широтах и 4—5 км в экваториальных широтах в течение круглого года отмечается отрицательная температура.

При перемещении воздушных масс и вторжении более холодных масс воздуха,двигающихся со скоростью 40—50 км/час и более, в массы теплого воздуха последний интенсивно поднимается вверх и, охлаждаясь, образует крупные облака и грозовые тучи. Происходит это потому, что теплый воздух как менее плотный, поднимаясь вверх, в более разреженные слои атмосферы с пониженным давлением, расширяется и при этом отдает свое тепло. Поскольку же при более низкой температуре для насыщения воздуха требуется меньшее количество водяного пара, излишки его начинают сгущаться в облака.

Таким образом, в результате охлаждения и сгущения водяных паров в более высоких слоях атмосферы образуются облака, которые переносятся воздушными течениями. Если охлаждение и сгущение водяных паров происходит у земной поверхности, то появляется туман.

В тех случаях, когда сгущение водяных паров протекает быстро, число первичных мельчайших капелек в водяном облаке увеличивается; капельки сливаются, укрупняются, становятся тяжелыми и выпадают из облака в виде дождя.

Однако, для того чтобы из облака выпал дождь, необходимо наличие среди составляющих облако водяных капелек хотя бы мельчайших кусочков льда соответствующих размеров (ледяных кристалликов)¹, соединяющихся друг с другом, что увеличивает вес капелек и заставляет их падать вниз.

При прохождении через слои воздуха с положительной температурой образовавшиеся из кристалликов снежинки тают и на

¹ Согласно последним исследованиям появление ледяной фазы может только ускорить выпадение осадков; для образования осадков более существенную роль играет наличие достаточно длительных и мощных восходящих потоков.

землю летят дождевые капли. Следовательно, дожди и ливни, как правило, образуются из снежинок, которые при прохождении через нижние теплые слои атмосферы тают и выпадают на поверхность земли в виде жидких осадков.

В слоях с отрицательными температурами и в зимнее время таяния кристалликов не происходит, и они, соединяясь, выпадают на землю в виде снежинок разнообразной формы.

Иногда жидкие и твердые осадки выпадают одновременно, образуя осадки смешанного типа (дождь со снегом и т. д.).

Различают три вида жидких осадков:

1) моросящий дождь, состоящий из очень мелких многочисленных капелек, падающих крайне медленно и долго носящихся в воздухе;

2) обложные дожди, состоящие из сравнительно крупных капелек; эти дожди продолжительны по времени (от нескольких часов до нескольких дней) и захватывают значительные территории;

3) ливневые дожди — весьма обильные, но кратковременные, обычно выпадающие полосами, сопровождаются часто грозой и градом. Ливневые дожди часто вызывают затопление пониженных мест.

Наибольшее количество атмосферных осадков выпадает в виде дождей и ливней; удаление этих осадков и является задачей ливневой канализации.

2. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ

Измерением количества выпадающих атмосферных осадков занимаются многочисленные метеорологические станции, находящиеся в ведении единой метеорологической службы Советского Союза и отдельных ведомств. Результаты своих наблюдений станции оформляют в виде сводок.

Определение количества выпавших осадков производится при помощи специальных приборов — дождемеров (ливнемеров).

Количество жидких осадков определяется толщиной слоя воды (в миллиметрах), выпавшей на горизонтальную водонепроницаемую поверхность (при отсутствии стока).

Разнообразные конструкции дождемеров, применяемых в метеорологической практике, могут быть подразделены на два основных типа: дождемеры простого и автоматического (самописущие) действия.

Простые дождемеры, применяемые уже свыше ста лет, представляют собой металлические сосуды (чаще всего из оцинкованной стали) цилиндрической формы в виде ведра или лейки¹.

¹ Дождемеры в виде леек имеют укороченный носик (обычно закрытый колпачком) для слива воды в измерительный сосуд.

(рис. 13) с верхним краем, выполненным из стали или латуни. Площадь приемного отверстия в целях стандартизации установок принимается одинаковой и равной (согласно принятому для метеорологической сети СССР эталону) 500 см², что соответствует диаметру сосуда 23—25 см.

Внутри дождемера, примерно на половине его высоты, устанавливается конусообразная перегородка, выполненная из кровельной стали, в виде воронки с рядом отверстий в центре для стока воды в нижнюю часть дождемера. Перегородку ставят для того, чтобы ослабить испарение воды и предотвратить попадание в дождемер посторонних предметов.

Простые дождемеры устанавливают на столбе на высоте 2 м от верхнего края дождемера до поверхности земли.

Для большей устойчивости столб снабжают подставкой специальной конструкции, на которую опирается дно дождемера. Установка дождемера показана на рис. 14.

Для защиты от выдувания из дождемера осадков, главным образом снега, вокруг дождемера устанавливают конусообразный щит (с углом в 60° при вершине) широким основанием кверху, имеющим диаметр 710 мм. (рис. 15).

С этой же целью широко применяется и планочная защита конструкции Третьякова.

Приемные отверстия дождемера и защитного конусообразного щита должны находиться в одной горизонтальной плоскости.

Дождемерная установка должна быть снабжена запасным прибором, который устанавливают сразу же вместо снятого, так как выпадение осадков может происходить в любое время.

Для измерения количества воды дождемер, закрытый крышкой, вносят в помещение.

Измерение поступивших в дождемер жидких осадков производят путем слива их в измерительный градуированный сосуд (типа мензурки), шкала которого позволяет легко производить отсчет количества выпавшей воды. Каждое деление мензурки соответствует слою выпавшей воды в 0,1 мм, т. е. при площади приемного отверстия дождемера 500 см² — смости в 5 см³.

Для более точного замера небольших количеств воды нижняя часть измерительных сосудов имеет коническую форму.

Простые дождемеры не фиксируют самого процесса выпадения осадков и позволяют судить лишь о суммарной высоте слоя осадков за определенный (в зависимости от режима наблюдений) отрезок времени, не связанный непосредственно с выпадением.

Для более правильного прогноза и установления расчетных расходов, близких к действительным необходимо иметь точные данные о продолжительности ливней и количестве выпавших при этом осадков.

Основным параметром для рационального расчета ливневой канализации является интенсивность самого ливня, определяемая как частное от деления высоты выпавшего слоя осадков в миллиметрах на время, в течение которого это выпадение произошло, в минутах.

Такие данные могут быть получены только со станций, оборудованных приборами, автоматически регистрирующими весь ход выпадения осадков.

В настоящее время такими приборами оборудованы все ливневые станции I разряда. На станциях II разряда время начала и конца каждого дождя обычно фиксирует наблюдатель и на основе полученных данных и измерения количества собранных за это время осадков определяет среднюю интенсивность ливней. На станциях III разряда (гидрометпостах) количество выпавшей воды измеряют,

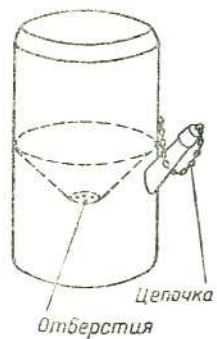


Рис. 13. Дождемер простейшего типа

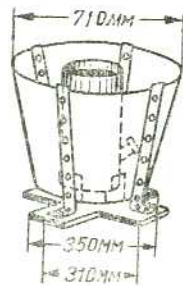


Рис. 15. Щит для защиты дождемера от выдувания осадков

как правило, два раза в сутки (обычно в 8 час. и в 20 час.), вне зависимости от времени самого выпадения дождя.

Основным недостатком данных, полученных с ливнемерных станций, оборудованных простыми дождемерами, по сравнению с записями автоматических приборов, является недостаточная

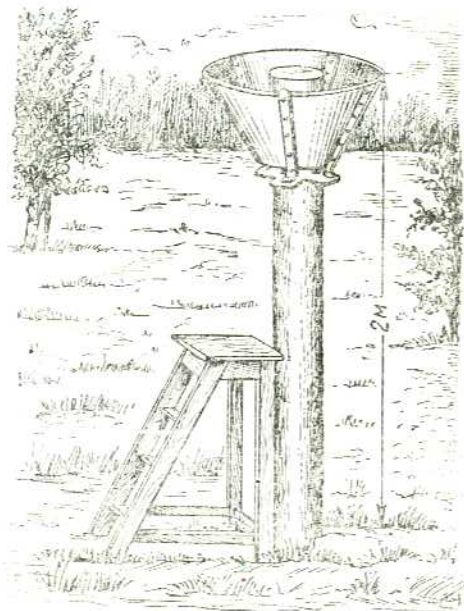


Рис. 14. Установка дождемера простейшего типа

точность, зависящая от индивидуального подхода наблюдателя даже при самых тщательных его наблюдениях. Поэтому необходимо самое широкое применение автоматических приборов.

Из конструкций самопишущих приборов в нашей практике наибольшее применение получили дождемеры (ливнемеры) объемного поплавкового типа. Общий вид одного из таких дождемеров приведен на рис. 16.

Атмосферные осадки через приемный сосуд поступают в измерительный цилиндр (резервуар), снабженный поплавком со штоком. На штоке укреплено перо, автоматически вычерчивающее график (восходящую кривую) на бумажной ленте, накрученной на барабан, приводимый в движение часовым механизмом. Последний имеет суточный завод, обеспечивающий полный оборот барабана в течение суток.

При заполнении резервуара, соответствующем верхнему положению пера на ленте, осадки по сифонной трубке сбрасываются в специальный сосуд, устанавливаемый в нижней части прибора. В этот момент перо спускается до своего нижнего положения, и затем запись продолжается тем же порядком.

На ленте барабана (разделенной на отрезки, соответствующие 10 мин.) по горизонтали фиксируется время суток (1 час соответствует 15,6 мм длины ленты), а по вертикали — высота слоя выпавших осадков в миллиметрах. Величина продолжительности практически определяется с точностью до 2 мин.

В обычное время (при отсутствии дождя) перо вычерчивает прямую линию. Кривая записи ливня самопишущим ливнемером приведена на рис. 17.

По данным записей самопишущих приборов можно установить начало и конец каждого дождя, т. е. продолжительность, а также количество выпавших осадков как за весь период дождя, так и за любой промежуток времени его выпадения.

Кроме приборов описанного типа, существует ряд других конструкций (весовые, опрокидывающиеся и другие приборы).

В приборах весового типа осадки, попадая в приемный сосуд, расположенный на одном из концов коромысла весов, нарушают положение равновесия, и связанное с коромыслом перо вычерчивает на ленте линию.

Определение количества выпавшего снега производят простыми дождемерами описанного ранее типа. Для этого дождемер с твердыми осадками вносится в помещение, в котором снег тает, а количество полученной в результате таяния воды измеряется обычным способом.

3. СТОКИ, ПРИНИМАЕМЫЕ СЕТЬЮ ЛИВНЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Сеть ливневой канализации служит для удаления выпадающих на земную поверхность дождевых и ливневых осадков, а также некоторых других видов сточных вод, состав и характер которых допускают их сброс в ливневые сети.

Наряду с атмосферными водами в сеть ливневой канализации могут быть сброшены:

- 1) талые воды, получаемые в результате естественного или искусственного таяния снега¹;
- 2) воды от поливки улиц, площадей, зеленых насаждений, от фонтанов, а также от мытья усовершенствованных покрытий специальными машинами и агрегатами²;

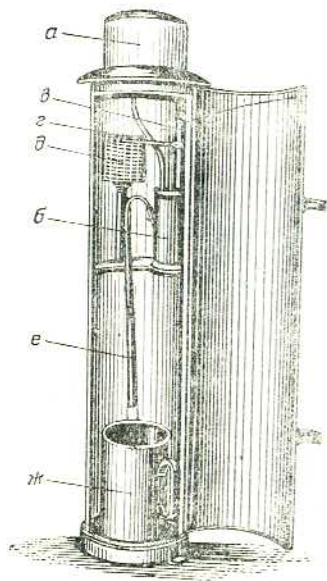


Рис. 16. Дождемер объемного поплавкового типа

а — приемный сосуд; *б* — измерительный цилиндр (резервуар); *в* — шток; *г* — перо; *д* — барабан с бумажной лентой; *е* — сифонная трубка; *ж* — сосуд, в который переливается вода из сифонной трубки

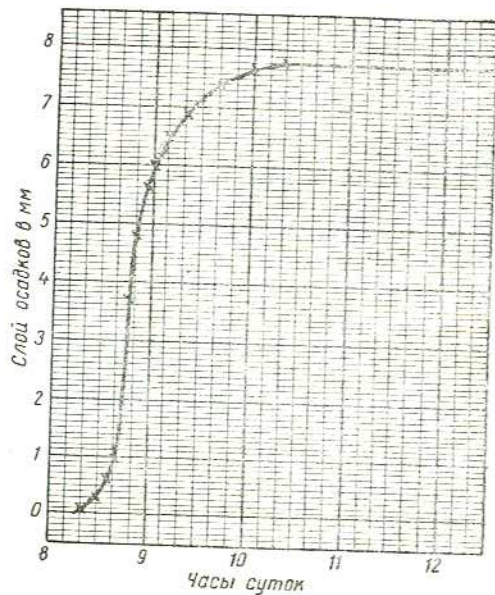


Рис. 17. Кривая записи выпадения осадков самопишущим дождемером

3) воды от тушения пожаров, а также от испытания пожарного оборудования;

4) дренажные воды при условии защиты водосточных сетей от выноса в них грунта;

5) некоторые виды загрязненных промышленных стоков после соответствующей их очистки, например, сточные воды из гаражей, прошедшие через отстойник и бензиноуловитель, промывные воды после обогащения угля, руды, инертных строительных материалов и др., прошедшие предварительное отстаивание до сброса в сеть ливневой канализации;

¹ Воды от стационарных снеготаялок принимаются после пропускания через отстойный колодец.

² При отсутствии подземных сетей ливневой канализации удаление вод от мытья и поливки усложняется.

приятней: конденсационные воды, воды от охлаждения агрегатов и производственной аппаратуры и т. п.

Сброс условно чистых вод в ливневую канализацию позволяет разгрузить очистные сооружения производственной и городской канализации и не устраивать для этих вод специальной сети.

При проектировании следует учитывать вредное влияние воды с высокой температурой на материал труб. Вследствие этого воды, сбрасываемые в ливневую сеть, должны иметь температуру не выше 40—50°.

Сброс условно чистых вод допускается только в закрытые сети ливневой канализации: использование для этой цели открытой сети в пределах застройки в зимнее время не допускается из-за опасности замерзания в лотках и канавах и образования туманов.

При выпадении атмосферных осадков на территории некоторых видов промышленных предприятий (химические и нефтеперегонные заводы, угольные склады и др.) эти воды загрязняются специфическими примесями. Поэтому до сброса в водоем эти воды должны пройти предварительную обработку или должны быть удалены по сети загрязненных производственных вод.

В процессе эксплуатации сеть ливневой канализации может быть использована также для гидросплава по ней снега при помощи водопроводной или же незагрязненной отработанной воды.

В отдельных случаях в загородные участки ливневой сети направляют хозяйственно-фекальные воды после соответствующей очистки и обезвреживания¹.

Глава III

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА ЛИВНЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Для определения расчетного расхода ливневых вод требуется разрешить две самостоятельные задачи:

- 1) определить количество ливневых вод, выпавших на поверхность канализуемого бассейна;
- 2) установить расчетные расходы воды для отдельных участков сети.

Первая задача решается на основе анализа исходных метеорологических данных об осадках, обработки сводок и ливнеграмм (лент самопишущих дождемеров), определения основных физи-

¹ З. Н. Шишкин, Я. А. Карелин, С. К. Колобанов, С. В. Яковлев, Г. Л. Зак, Канализация, Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1951.

ческих параметров ливня; его интенсивности, продолжительности и повторяемости.

Вторая задача заключается в установлении расчетных параметров: предельной интенсивности и продолжительности ливня с учетом местных климатических и геофизических условий, требований благоустройства, инженерного оборудования, строительного производства и эксплуатации. В эту же задачу входит определение условий стока по поверхности канализуемой территории, установление расчетной величины добегания (концентрации) и коэффициентов стока для расчетных бассейнов.

В результате решения этих задач определяются расчетные расходы ливневых вод для отдельных участков ливневой сети.

После этого обычными методами, принятыми для расчета канализационных сетей, производится гидравлический расчет ливневой сети, заключающийся в определении диаметров и сечений труб и каналов при соответствующих гидравлических показателях (скорости, заполнения, уклоны).

Для определения расчетных параметров применяются как аналитические, так и графические способы (построение кривых, графиков и т. д.).

При применении некоторых из этих методов в основу расчета принимается среднегодовое количество осадков, при других (более совершенных) — данные самопишущих приборов о ливнях, выпавших в рассматриваемом пункте за возможно более длительный период времени.

В настоящее время в нашей практике преимущественно применены получили методы определения расчетных расходов, основанные на так называемом «способе предельных интенсивностей», разработанном проф. П. Ф. Горбачевым.

При всех этих методах требуется всесторонний учет местных метеорологических данных, а также природных условий обслуживаемой территории и инженерной ее организации.

При методах, основанных на способе предельных интенсивностей, исходным положением является расчет отдельных участков сети по приходящим на них нагрузкам с определением для каждого расчетного участка соответствующего ему расчетного расхода.

Таким образом, количество воды, притекающей к тому или иному сечению сети со всей обслуживаемой им расчетной площади, определяется по соответствующей данному сечению расчетной интенсивности, определяемой в свою очередь по продолжительности стока воды от наиболее удаленных частей площади участка до рассматриваемого сечения.

Поэтому значительное влияние на величину расчетного расхода оказывают длина пути стекающей воды и скорость ее протекания (период добегания).

Расчет отдельных участков сети по соответствующим им расчетным ливням (интенсивностям) выгодно отличает современные

методы расчета от применявшихся ранее в практике проектирования способов, при которых для всей площади (а тем самым и для всего коллектора) принималась общая расчетная интенсивность, не связанная ни с продолжительностью, ни с повторяемостью ливней.

При этом следует указать, что замедление стока и условия добегания учитывались путем введения соответствующих коэффициентов только в более поздних способах расчета.

2. ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ДОЖДЯ (интенсивность, продолжительность, повторяемость)

Основными показателями, характеризующими дождь, являются: интенсивность, продолжительность и повторяемость, связанные между собой определенной зависимостью.

Интенсивность ливня характеризует количество осадков, выпавших в единицу времени, и, как указывалось выше, определяется как частное от деления высоты выпавшего слоя осадков (h мм) на его продолжительность (t мин.).

Различают среднюю интенсивность, т. е. вычисленную для всей продолжительности дождя, и частную интенсивность, т. е. вычисленную для любого периода дождя (середины или начала его).

При помощи дождемеров производят измерение всех дождей, выпадающих в данной местности. Однако для расчета ливневых сетей представляют интерес лишь данные о наиболее сильных дождях со значительной интенсивностью и сравнительно небольшой продолжительностью (так называемых ливневых дождей).

Минимальные значения интенсивностей, определяющие ливень, колеблются в следующих пределах.

Э. Ю. Берг относит к ливням¹ дожди, интенсивность которых при соответствующей продолжительности равна или превышает значения, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Продолжительность ливня в мин.	Количество осадков в мм	Интенсивность ливня в мм/мин	Продолжительность ливня в мин.	Количество осадков в мм	Интенсивность ливня в мм/мин
5	2,5	0,50	45	10,25	0,23
10	3,8	0,38	50	11,0	0,22
15	5,0	0,33	60	12,0	0,20
20	6,0	0,30	120	18,0	0,15
25	7,0	0,28	180	22,25	0,12
30	8,0	0,27	240	27,0	0,11
40	9,6	0,24			

¹ Э. Ю. Берг, О ливневых и обильных дождях, выпавших в короткие промежутки времени в 1903—1904 гг. в Европейской России, СПб, 1905.

На основе специальных исследований Центральный научно-исследовательский институт транспортного строительства (ЦИС) НКПС относит к категории сильных дождей (ливневых) дожди с интенсивностью и продолжительностью не менее приведенных в табл. 3.

Этими данными обычно и руководствуются при проектировании¹.

Таблица 3

Продолжительность ливня в мин.	Интенсивность ливня в мм/мин	Продолжительность ливня в мин.	Интенсивность ливня в мм/мин
5	0,50	45	0,23
15	0,33	60	0,20
30	0,27	120	0,15

Как показали исследования инж. Н. Е. Долгова, ливни с большой интенсивностью обычно выпадают на сравнительно небольшой площади, что иллюстрируется табл. 4*.

Таблица 4

Средняя интенсивность ливней в мм/мин	0,8—0,5	0,9—0,8	1—0,9	2,0—1,0	2,2—2
Площадь распространения ливней в км ²	65—350	50—65	25—30	8—2,5	4—8

Специальными наблюдениями над ливнями установлено, что максимальная интенсивность имеет место в центре выпадения ливня, а по мере удаления от него падает до нуля (у границы площади орошения).

Для учета этого фактора предложен ряд значений так называемого коэффициента простираемости (работы Ленинградского научно-исследовательского института Академии коммунального хозяйства и др.). Однако следует отметить, что надлежащая точность этого учета может быть достигнута только в том случае, если рассматриваемые пункты находятся недалеко от метеорологических станций. Ввиду этого, а также вследствие сравнительно малой величины коэффициента, а тем самым и вносимых им поправок, обычно при расчетах коэффициент простираемости не вводят.

При определении интенсивности для всего ливня получают среднее ее значение. Наряду с этим для отдельных периодов ливня могут быть найдены частные значения интенсивности, иногда значительно превышающие среднее значение для ливня в целом.

¹ Как это видно из сравнения табл. 2 и 3, приведенные в них данные совпадают.

* Исследования проводились в южной части Украины в 1907—1914 гг.

Интенсивность ливней зависит от сложных физических явлений в атмосфере и резко изменяется в процессе выпадения ливня, что можно видеть из расшифровки лент самопишущих приборов. Однако установлено, что с увеличением продолжительности ливней интенсивность их значительно уменьшается.

Кратковременные ливни, как правило, характеризуются высокой интенсивностью, тогда как длительным дождям свойственны малые значения интенсивности. В одном и том же районе интенсивность ливней продолжительностью, например, в 5—10 мин. достигает нескольких миллиметров в 1 мин., тогда как интенсивность дождей продолжительностью в 2 часа падает до 1 мм/мин и даже ниже.

Особенно наглядно подтверждают эту зависимость весьма продолжительные по времени морозящие дожди, интенсивность которых не превышает 0,1—0,2 мм/час.

Тем не менее следует отметить, что общее количество выпавшей воды при дождях малой интенсивности в отдельных случаях может превысить общий сток от выпадения сильных, но менее продолжительных по времени ливней.

Физическая интенсивность или интенсивность выпадения осадков по слою i определяется по формуле:

$$i = \frac{h}{t} \text{ мм/мин}, \quad (1)$$

где h — высота слоя выпавших осадков в мм;

t — продолжительность выпадения осадков в мин.

Значения h и t могут быть получены как путем расшифровки лент самопишущих дождемеров, так и на основе записей наблюдателей о продолжительности дождя и количестве осадков при установке простых дождемеров.

Общий вид зависимости $i=f(t)$ графически показан на рис. 18.

При расчете ливневых сетей необходимо знать расход ливневых вод (в м³/сек или в л/сек), поступающий в сеть с единицы площади (в га), т. е. так называемую техническую интенсивность, или интенсивность выпадения осадков по объему.

Для перевода физической интенсивности (по слою) в интенсивность техническую (по объему) применяют формулу:

$$q = \frac{iam}{b \cdot 60} = \frac{i \cdot 10\,000 \cdot 1\,000}{1\,000 \cdot 60} = 166,7 i = 166,7 \frac{h}{t} \text{ л/сек с 1 га}, \quad (2)$$

где i — интенсивность по слою в мм/мин;

a — количество квадратных метров в 1 га;

m — количество литров в 1 м³;

b — количество миллиметров в 1 м;

60 — количество секунд в 1 мин.

Таким образом, величина 166,7 л/сек с 1 га является переводным коэффициентом, или модулем перехода от (физической) интенсивности к (технической.) *по таблице*

К числу гидрометеорологических характеристик относится также повторяемость ливней, показывающая вероятность повторения ливней с одинаковой продолжительностью или интенсивностью.

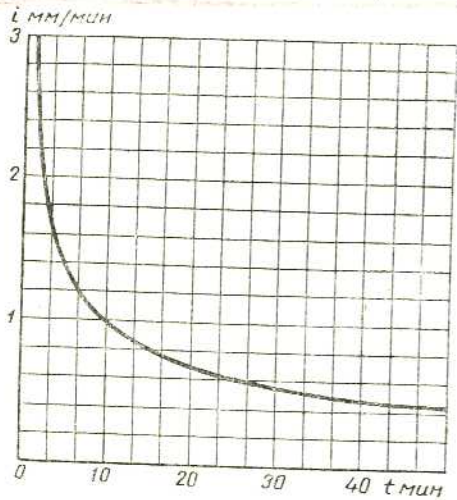


Рис. 18. Диаграмма зависимости $i = f(t)$

Ливни различной интенсивности характеризуются различной повторяемостью, при этом чем сильнее ливни и чем выше их интенсивность, тем реже они повторяются.

Для определения повторяемости пользуются следующим приемом. Ливни систематизируют по интенсивности (обычно в убывающем порядке), по количеству осадков или по продолжительности, затем путем деления общего количества ливней соответствующей интен-

сивности или продолжительности на число лет, в течение которых произошло их выпадение, находят их повторяемость. Чем длительнее период наблюдений (желательно не менее 20 лет), тем полученные результаты ближе к действительным.

Установление вероятности повторения ливней имеет большое практическое значение, так как позволяет производить расчет сооружений на ливни не с максимальной интенсивностью (имеющие крайне редкую повторяемость¹), а с уменьшенной. В последнем случае в течение расчетного периода возможна работа системы с повышенной нагрузкой (однократное превышение).

3. ПЕРИОД ОДНОКРАТНОГО ПРЕВЫШЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ И ПЕРЕПОЛНЕНИЯ СЕТИ

Как уже указывалось, было бы совершенно нецелесообразным определять размеры ливневых сетей по максимальным интенсивностям, имевшим место в течение всего периода, за который собраны метеорологические данные. Поэтому обычно при расчете допускают возможность превышения расчетных интенсивностей (а тем самым и расчетного расхода). Частота таких

¹ Повторение абсолютного максимума, как указывает проф. П. Ф. Горбачев, происходит примерно через каждые 70 лет.

превышений устанавливается в зависимости от величины принятого периода однократного превышения (P) расчетного ливня более сильным ливнем.

Таким образом, одной из основных задач при проектировании является установление частоты или вероятности повторения расходов, превышающих принятый расчетный расход.

Поскольку превышение расчетных интенсивностей ливня для сетей с самотечным движением жидкости, рассчитанных на полное заполнение, практически связано с их переполнением, в качестве расчетного параметра периода однократного превышения расчетных интенсивностей обычно принимают период переполнения сети. Период однократного переполнения сети показывает, за какой период времени можно ожидать одного переполнения сети или выпадения ливня с интенсивностью выше расчетной¹.

При этом следует указать, что в сетях, работающих под напором (см. ниже), превышение расчетной интенсивности может даже привести к выходу воды на поверхность земли.

В связи с этим некоторые авторы считают более целесообразным учитывать «период затопления (подтопления)», принимая большие значения P .

Согласно НИТУ-12-49 рекомендуются следующие расчетные периоды однократного переполнения для сетей промышленных территорий и поселков при них²:

для закрытой сети водостоков	1—3 года
для открытой сети водостоков	0,5—1 год
для нагорных канав	1—5 лет

Данные эти могут рассматриваться только как средние значения, причем низшие из них рекомендуются для более благоприятных условий.

Для промышленных площадок, расположенных в неблагоприятных условиях, значение P может быть увеличено до $P=5$, а в некоторых случаях (весьма неблагоприятный рельеф территории, ответственные объекты и др.) — до $P=10$ и более.

Для определения периода однократного переполнения сети в городах и поселках пользуются также следующими практическими нормами, приведенными проф. А. Е. Страментовым³ (табл. 5).

¹ Для большей четкости делают допущение, что интенсивность расчетного ливня на 0,1 меньше интенсивности превышающего его ливня, которая приравнивается к расчетной. Более правильным было бы сказать, что за расчетный расход принимается расход, который может иметь место один раз за период P .

² Министерство строительства предприятий тяжелой индустрии СССР, Техническое управление, Нормы и технические условия проектирования наружной канализации промышленных предприятий и поселков при них (Н и ТУ-12-49), Госстройиздат, 1949.

³ А. Е. Страментов, Городские дороги, изд. Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1950.

Характер населенного пункта	Тип водостоков	P
Поселки Небольшие города и неосновные улицы больших городов	Открытая сеть	0,33—0,50
	Закрытая сеть	0,33—1,0
Центральные улицы больших городов Особо ответственные места столич- ных городов	То же	1—5,0
	"	5—10
Замкнутые котловины	"	10—20

Период переполнения сети P устанавливают на основе всестороннего учета местных климатических, геофизических, планировочных и эксплуатационных условий. При этом в первую очередь должны быть выявлены участки территории, где создается опасность местного затопления, и выбраны для них соответствующие значения P .

Топографические условия местности (в частности уклон улиц и проездов) оказывают большое (а иногда и решающее) влияние на выбор величины P . При плоском рельефе поверхностная вода распространяется по значительной площади небольшим слоем и быстро стекает; при этом сток с соседних (плоских) участков также относительно невелик. При пересеченном и резком рельефе, особенно при замкнутых котловинах, слой воды может достигнуть значительной высоты и привести к затоплению отдельных окружающих участков и даже нарушить движение транспорта.

Все это говорит о том, что при разнообразных топографических условиях, которыми характеризуются, как правило, все населенные пункты, не следует принимать единой величины P , а в каждом отдельном случае учитывать местные естественные условия и возможные последствия от переполнения сети и в соответствии с ними принимать частные значения P для отдельных бассейнов. Это необходимо еще и потому, что в одном случае может иметь место заполнение колодцев и образование небольших лужиц у ливнеприемников, тогда как при неблагоприятных местных условиях может произойти подтопление прилегающих участков.

Как велико влияние топографических условий на значение P , можно видеть из следующего примера. Согласно проекту ливневой канализации Ленинграда для отдельных районов города, различных по рельефу и характеру застройки, периоды однократного превышения P приняты от 0,33 до 1 года. В то же время для большинства районов Москвы, характеризующихся другими топографическими условиями, приняты периоды от 1 до 5 лет, а для некоторых участков даже 10 лет.

Продолжительность расчетного ливня и условия эксплуатации также оказывают значительное влияние на выбор величины P .

4. ИСХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РАСЧЕТЕ ПО СПОСОБУ ПРЕДЕЛЬНЫХ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ (сила дождя, климатическая постоянная)

Способ предельных интенсивностей, на котором, как уже указывалось, базируются применяемые в нашей практике методы определения расчетного расхода, основан на разработанной проф. П. Ф. Горбачевым теории ливней, устанавливающей ряд закономерностей в метеорологических явлениях выпадения осадков.

Расчет ливневого стока по этому способу основан на двух уравнениях, определяющих:

- 1) взаимозависимость интенсивности ливня и его продолжительности, выраженную через так называемую силу дождя;
- 2) величину силы дождя в зависимости от ее повторяемости и значения так называемой климатической постоянной.

Сила дождя. Каждый из указанных выше гидрометеорологических параметров: интенсивность, продолжительность и повторяемость, взятый отдельно, не характеризует мощности отдельных ливней. В частности высота слоя осадков h выражает общее их количество, выпавшее в определенный отрезок времени, но не дает представления о напряженности выпадения. Между тем, как известно, напряженность убывает с увеличением времени выпадения.

Интенсивность хотя и характеризует это явление, но не показывает общего количества выпадающих осадков.

Таким образом, каждый из этих параметров в отдельности не дает всего необходимого для сравнительной оценки ливней и не может быть непосредственно использован для расчета.

Взаимозависимость этих параметров на основе анализа обширного метеорологического материала была установлена (в 1922 г.) проф. П. Ф. Горбачевым, который выразил ее через так называемую силу дождя¹:

$$\Delta = \sqrt{h i}. \quad (3)$$

Подставляя в формулу вместо интенсивности соответствующее ей значение слоя выпавших осадков ($h = it$), имеем:

$$\Delta = \sqrt{h \frac{h}{t}} = \frac{h}{\sqrt{t}},$$

или иначе

$$\Delta = \sqrt{i \cdot it} = i\sqrt{t}. \quad (4)$$

¹ В данном случае более подходил бы термин «сила ливня».

Эта формула позволяет определить расчетную интенсивность по силе дождя и критической продолжительности ливня. При $t = 1$ мин.

$$\Delta = i,$$

т. е. под силой дождя можно понимать интенсивность дождя в миллиметрах при продолжительности его, равной 1 мин.

Обратную зависимость между интенсивностью и продолжительностью ливня П. Ф. Горбачев выражает в виде корня квадратного из значения продолжительности, т. е.:

$$i = \frac{\Delta}{\sqrt{t}} = \frac{\Delta}{t^{0,5}}. \quad (5)$$

В результате изучения метеорологических данных о формировании облаков проф. П. Ф. Горбачев пришел к выводу, что из метеорологически равноценных облаков, т. е. образовавшихся при одинаковых метеорологических условиях, будут выпадать различные по интенсивности и продолжительности, но одной и той же силы серии ливней, названные им «равновозможными».

Для каждой из этих серий сила дождя есть величина постоянная ($\Delta = \text{const}$), точно так же и все ливни, равновозможные по частоте своего выпадения, имеют одинаковую силу дождя.

Для ливней с одинаковой силой (равновозможных) может быть написано равенство:

$$i_1 \sqrt{t_1} = i_2 \sqrt{t_2} = \dots = i_n \sqrt{t_n} = \Delta,$$

где i — интенсивность ливней по слою в мм/мин;

t — продолжительность ливней в минутах;

Δ — сила дождя, характеризующая относительную мощность данного ливня в ряде других ливней, могущих выпасть в рассматриваемом пункте.

Таким образом, для ливней одинаковой силы произведение интенсивности i на корень квадратный из значения его продолжительности \sqrt{t} есть величина постоянная.

Исходя из этого, можно найти силу дождя по средней интенсивности и продолжительности ливня.

Пользуясь приведенной выше формулой, можно по величине Δ определить количество выпавших на единицу площади осадков, выразив его через интенсивность по объему, т. е.:

$$q = i \cdot 166,7 = \frac{\Delta \cdot 166,7}{\sqrt{t}}. \quad (6)$$

Обозначив $166,7 \Delta$ через A , можно написать:

$$q = \frac{A}{t^{0,5}}. \quad (7)$$

Для лучшего уяснения дальнейшего следует указать, что при современных методах расчета (ЛНИИКХ и др.), базирующихся на расшифровке показаний самопишущих приборов по частным (максимальным) интенсивностям, в основу расчета принимается формула:

$$q = \frac{A}{t^n}, \quad (8)$$

где $A = 166,7 \Delta$.

Эта формула является уравнением прямой, проведенной на логарифмическом графике согласно расположению точек, полученных при расшифровке ливнеграмм, и выражает (так же как и в формуле П. Ф. Горбачева) общую зависимость $i=f(t)$.

Как видим, формулы (7) и (8) различаются лишь тем, что показатель n во второй формуле имеет переменное значение; это больше отвечает данным наблюдений.

Из формулы (7) следует, что каждой расчетной продолжительности ливня соответствует определенная расчетная интенсивность, являющаяся для данного случая предельной, отсюда и название способа — «способ предельных интенсивностей».

На основе анализа явлений, вызываемых выпадением осадков, проф. П. Ф. Горбачев предложил классификацию дождей по их силе (табл. 6).

Таблица 6

Категории осадков	Характер стока	Сила дождя
Мелкие дожди	Поверхностного стока нет	До 1,0
Обыкновенные дожди	Сток по замощенным местностям	1,1—3,0
Умеренные проливные дожди	Сток по естественным склонам	3,1—5,0
Большие проливные дожди	Сильные потоки	5,1—7,0
Значительные ливни	Затопление улиц в городах	7,1—9,0
Сильные ливни	Наводнение в небольших реках	9,1—12,0
Горные ливни	Преобразование горных ручьев в реки	12,1—16,0

Наличие такой классификации дает возможность производить условную оценку и сравнение ливней, корректировать исходные данные об осадках и более точно подходить к определению их количества.

Необходимо указать, что чем больше сила ливня, тем реже такой ливень повторяется в данной местности.

По данным Э. Ю. Берга, предельная сила дождя для Европейской части СССР обычно не превышает: для северных райо-

восточных—5,0, юго-восточных—6 и юго-западных—8,4.

Выбор расчетной силы ливня при проектировании производится с учетом повторяемости ливней одинаковой силы в течение рассматриваемого периода.

Естественно, что принятие для расчета абсолютной максимальной силы нецелесообразно с технико-экономической точки зрения, не говоря уже о том, что данными за столь длительный период (соответствующий абсолютному максимуму) при проектировании обычно не располагают.

Установив повторяемость ливней одинаковой силы, принимают тот или иной период повторяемости, допуская однократное превышение расчетной силы (или интенсивности), являющейся для данного периода максимальной (расчетной). При этом чем длительнее принятый период повторяемости, тем больше величина расчетной силы.

Климатическая постоянная. На основе детального анализа многочисленных сводок выпавших дождей в различных географических пунктах проф. П. Ф. Горбачев установил зависимость расчетной силы дождя от климатических условий местности, а также от периода однократного превышения.

При построении названных параметров в осях координат и нанесении по оси абсцисс величины Δ , а по оси ординат значений P проф. П. Ф. Горбачевым были получены кривые, характеризующие уравнением:

$$\Delta = \mu \sqrt[3]{P}, \quad (9)$$

где Δ — расчетная сила дождя;

μ — так называемая климатическая постоянная, выражающая совокупность влияния климатических, метеорологических и геофизических условий местности;

P — период однократного превышения расчетной силы (или интенсивности) дождя.

Число случаев превышения данной силы Δ может быть найдено из формулы:

$$\frac{\sum m}{n} = \frac{1}{P}, \quad (10)$$

где $\sum m$ — число случаев превышения;

n — число лет, в течение которых эти превышения имели место (наблюдаемый период);

P — величина, выражающая период однократного превышения расчетной силы ливня.

Климатическая постоянная может быть определена по данным метеорологических сводок за многолетний период, исходя

из наблюдавшегося количества осадков, средней их интенсивности и общей продолжительности ливня, без построения каких-либо искусственных моделей. Последние, как указывает проф. П. Ф. Горбачев, воспроизводят естественные физические явления обычно в несколько искаженном виде. Установив на основе этих данных силу дождя и исходя из определенного периода однократного превышения, можно найти соответствующую им величину климатической постоянной.

При отсутствии исходных метеорологических данных климатическую постоянную приближенно определяют по среднегодовому количеству осадков за многолетний период.

5. ОБРАБОТКА И РАСШИФРОВКА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Одним из наиболее ответственных процессов при проектировании ливневой канализации являются обработка и анализ полученных от метеорологических станций данных об осадках.

Материалы, получаемые со станций, оборудованных простыми дождемерами, представляют собой сводки данных о всех дождях (высота слоя воды в миллиметрах), выпавших за определенный период. В материалах дождемерных станций II разряда указывается также и продолжительность дождей.

Сводки со станций, оборудованных самопишущими дождемерами, содержат данные об интенсивности отдельных ливней и их продолжительности, полученные на основе расшифровки записей на лентах. При необходимости детальной расшифровки записей, требующейся принятым методом расчета, обработка лент производится в процессе проектирования.

Кроме того, могут быть получены данные о среднесуточном, среднемесечном и среднегодовом количестве осадков, о величине абсолютных максимумов и минимумов и пр.

Для определения необходимых расчетных параметров требуется наличие метеорологических данных за наиболее длительный период времени. Только в этом случае может быть правильно рассчитана и рационально запроектирована ливневая канализация, так как чем продолжительнее период наблюдений, тем ближе к действительным данные обработки результатов этих наблюдений.

Обычно в основу расчета принимаются данные записей самопишущих дождемеров не менее чем за 10—12 лет и данные о среднегодовом слое осадков не менее чем за 20—25 лет. Менее продолжительный период наблюдений не охватывает наиболее характерных ливней, не позволяет судить о частоте их превышения и не характеризует средних гидрометеорологических условий в рассматриваемом пункте. Все это отрицательно сказывается на результатах расчета.

Совершенно очевидно, что точность полученных результатов тем выше, чем исходные метеорологические данные ближе к действительным. Наиболее точные результаты дают материалы метеорологических станций, расположенных в непосредственной близости к рассматриваемому объекту, так как даже в весьма близко расположенных географических пунктах наблюдаются различные микроклиматические и метеорологические условия. В тех случаях, когда при проектировании приходится пользоваться данными, полученными с отдаленных станций, пользуются методом аналогии и делают ряд допущений.

Обработка метеорологических данных является весьма ответственной задачей, так как величина принятых расчетных параметров во многом зависит от того, насколько правильно и точно проведена расшифровка исходных данных. Поэтому особое внимание при обработке метеорологических данных обращают на критическую оценку полученных материалов, с тем чтобы исключить отдельные возможные неточности (неправильные показания приборов во время сильных ливней, описки в записях наблюдателей и т. д.). Особенно это важно в тех случаях, когда отдельные величины нарушают общую закономерность явлений, следствием чего может явиться преувеличение или преуменьшение расчетных расходов.

Для облегчения пользования метеорологическими данными их обычно сводят в таблицы, систематизируя в определенном порядке (по продолжительности, интенсивности и т. д.).

Приемы обработки и расшифровки метеорологических данных зависят от принятых методов расчета (см. ниже).

При применении облегченных методов расчета: по заранее вычисленным расчетным параметрам, изолиниям и т. д. (методы Гидрологического института, Гидрологического института — Ленинградского научно-исследовательского института коммунального хозяйства), пользуются готовыми данными, и специальной обработки метеорологических материалов не требуется.

При применении приближенных методов расчета, например, по среднегодовому количеству осадков (метод П. Ф. Горбачева), пользуясь сводками, полученными от метеорологических станций, определяют средний годовой слой осадков по данным за весь период наблюдений.

При аналитическом методе расчета (по способу предельных интенсивностей) пользуются данными метеорологических сводок, составленных на основе записей самопишущих приборов, с определением средних интенсивностей, продолжительностей ливней и периода их повторяемости (превышения).

С наиболее сложными и специальными приемами обработки лент самопишущих приборов связаны применяемые в нашей практике графоаналитические методы расчета (ЛНИИКХ и др.).

В этом случае производится детальная и весьма трудоемкая расшифровка полученных метеорологических данных с определе-

нием для всех расчетных ливней максимальных частных интенсивностей и разбивкой их по определенным категориям продолжительностей и с построенным искусственных моделей ливней.

Расшифровке подвергают только данные о наиболее сильных дождях¹.

Для расчета обычно принимают дожди с $\Delta > 1$, так как согласно приведенной выше классификации при $\Delta = 1$ уже происходит сток по замощенной поверхности².

При этом в расчет принимается только тот интервал продолжительности, в течение которого наблюдается известная закономерность в выпадении осадков. Начало или конец дождя, если они имеют резко сниженную (по сравнению со средней) интенсивность, могут не учитываться. Если же по этим соображениям не учитывается середина ливня, то для расчета в этом случае принимают два условных ливня (соответствующих началу и концу).

Как указывает проф. Н. Н. Белов, ливни, выпавшие на протяжении небольшого отрезка времени, должны быть рассмотрены как один ливень, так как создаваемый ими вместе расход в низовых участках сети может оказаться значительным даже при сравнительно небольшой интенсивности каждого из них.

Необходимость детальной расшифровки данных о каждом ливне и определения частных интенсивностей для отдельных интервалов продолжительности вытекает из самой сущности наблюдаемых явлений, что было еще в свое время отмечено проф. П. Ф. Горбачевым.

Протекающие все время в атмосфере сложные физические явления оказывают непосредственное влияние на формирование дождя, вследствие чего в отдельные промежутки времени на протяжении всего процесса выпадения дождя интенсивность его имеет свои частные значения, обычно превышающие величину средней интенсивности дождя.

Это легко проследить по показаниям на лентах самопишущих приборов, где различные участки кривых (промежутки времени) имеют разные уклоны; при этом чем больше крутизна линии, тем выше интенсивность на данном участке.

Для расчета ливневых сетей необходимо определить максимальные расходы, которые могут иметь место при данном ливне, т. е. определить максимальные интенсивности для различных промежутков времени в процессе выпадения дождя. При этом представляют интерес только абсолютные значения этих величин независимо от того, в какое время от начала ливня они получены.

Необходимо подчеркнуть, что максимальные частные значения интенсивности не являются абсолютно максимальными для рассматриваемого пункта, а представляют собой максимальные

¹ При расчете общесплавных систем канализации учитываются и дожди, выпадающие десятки раз в год.

² Проф. Д. С. Черкес рекомендовал учитывать ливни с $\Delta > 2$.

величины средних значений интенсивности для принятых интервалов продолжительности и принятого расчетного периода.

Таким образом, основной задачей при расшифровке и обработке метеорологических данных при графоаналитическом методе является определение частных величин интенсивности и отбор из них максимальных для различных значений продолжительности.

Для этого пользуются следующим приемом. Задавшись определенными промежутками времени, обычно с интервалом в 5 или 10 мин., определяют для них по лентам самопишущих дождемеров частные значения интенсивности и из них выбирают максимальные для каждого принятого промежутка.

Полученные данные сводят в таблицу, в которой для определенных интервалов продолжительности приводят соответствующие им максимальные значения интенсивности, располагая их в убывающем порядке.

Ниже приводится образец такой сводки, составленной на основе расшифровки одной из ливнеграмм¹ (табл. 7).

Таблица 7

Продолжительность ливня в мин.	Количество осадков в мм	Интенсивность	
		в мм/мин	в л/сек с 1 га
5	4,52	1,130	188
10	7,60	0,760	127
15	9,10	0,607	101
20	10,70	0,535	89
25	11,30	0,452	75
30	11,95	0,398	66
35	12,65	0,361	60
40	13,45	0,338	56

Данные сводки подтверждают отмеченную выше закономерность — уменьшение интенсивности ливня с увеличением его продолжительности.

На основе этих данных на логарифмическом графике² может быть построена искусственная модель ливня, для чего по оси абсцисс откладываются логарифмы продолжительностей, а по оси ординат соответствующие значения интенсивности. Соединяя нанесенные на графике точки, получают ломаную линию, характеризующую искомую зависимость интенсивности данного ливня от его продолжительности. Точки перелома на линии являются границами участков с резко различающимися интенсивностями.

¹ Канд. техн. наук Л. Т. Абрамов, Новые формулы и номограммы для расчета ливневой сети промпредприятий и населенных мест, Госстройиздат, 1949.

² Эта зависимость может быть наглядно представлена и на обычном графике в системе координат, где на оси абсцисс указываются значения t , а на оси ординат — найденные величины i .

Таким образом, при построении моделей ливней по частным значениям интенсивности каждый из них будет представлен рядом точек, характеризующих отдельные периоды ливня и охватываемых кривой (ломаной линией), которая выражает основную зависимость $q = f(t)$.

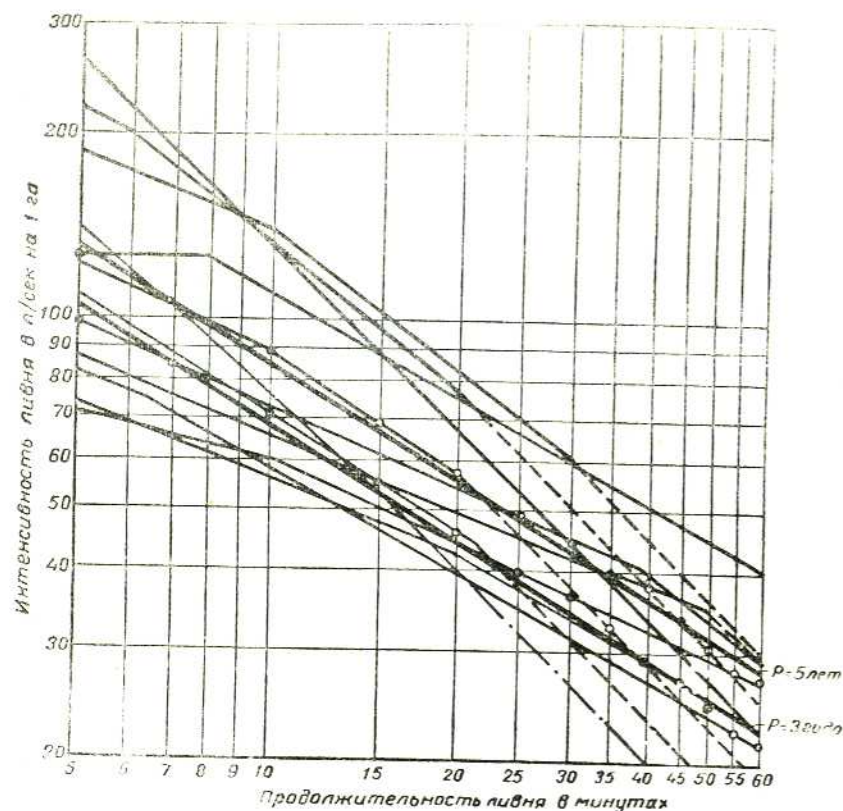


Рис. 19. Кривые интенсивностей отдельных ливней

Пример такого графика приведен на рис. 19.

В основу применявшихся ранее в нашей практике графоаналитических методов расчета были положены данные о средней интенсивности всего ливня, а для ливней, отличавшихся резкой неравномерностью, отдельные частные интенсивности рассматривались как средние интенсивности отдельных кратковременных ливней.

При нанесении на график в этом случае ливень изображался в виде точки, характеризовавшей его среднюю интенсивность и продолжительность (рис. 20).

Тем самым допускалась известная неточность, поскольку значения отдельных частных интенсивностей для интервалов продолжительности в 5 мин. имеют расхождение на 10—15% и более.

При расшифровке записей на лентах самопишущих приборов следует иметь в виду, что от точности отсчета времени зависит точность определения расчетной интенсивности.

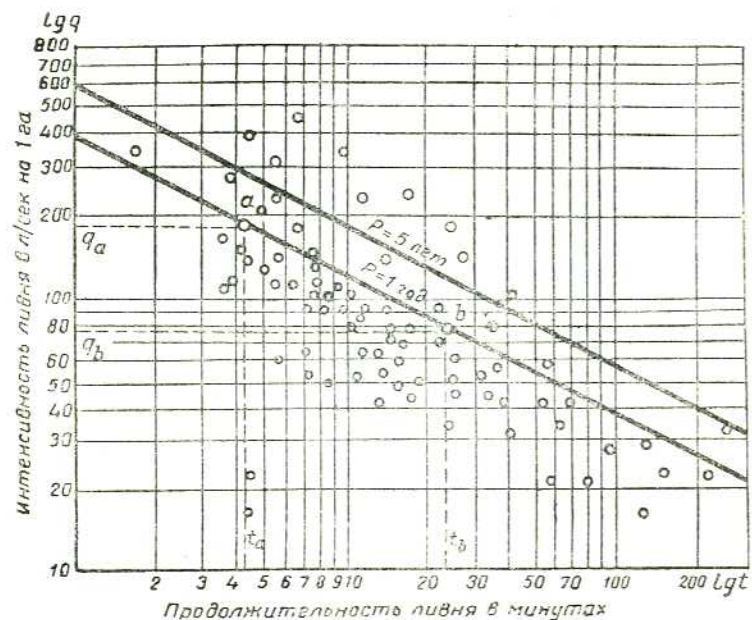


Рис. 20. Общий вид логарифмического графика $q-t$

Применяемые в нашей практике самопишущие приборы плавкового типа позволяют производить отсчеты продолжительности с точностью до 1—2 мин. и интенсивности — с точностью до 0,05 мм/мин. При ливнях продолжительностью до 10 мин. погрешность в отчетах достигает 10%, а при ливнях продолжительностью 1 час. и более — 2—3%.

6. КОЭФФИЦИЕНТ СТОКА

Из общего количества выпадающих атмосферных осадков в ливневую сеть поступает только та часть их, которая стекает по поверхности (поверхностный сток). Остальное количество воды задерживается в неровностях почвы, в травяном покрове, частично просачивается в грунт, частично испаряется.

Следовательно, для того чтобы определить фактическое количество воды, поступающей в сеть, необходимо при определении расчетного расхода ввести специальный поправочный коэффи-

циент ($\psi < 1$), называемый коэффициентом поверхностного стока (или просто коэффициентом стока).

Определяется этот коэффициент из отношения количества воды Q_c , поступающей в сеть, к общему количеству воды Q_n , выпавшей на ту же площадь в единицу времени:

$$\psi = Q_c : Q_n. \quad (11)$$

Таким образом, максимальный расчетный расход, по которому подбирается сечение ливневых сетей, определяется как произведение расчетной технической интенсивности (предельной) на некоторый коэффициент (обычно менее единицы), отвечающий условиям данной поверхности стока:

$$q_{\text{расч}} = q \psi. \quad (12)$$

Правильный выбор коэффициента стока имеет большое технико-экономическое значение, так как его величина непосредственно влияет на величину расчетного расхода, а тем самым и на размеры сооружений.

Особенно большое значение это имеет для городских территорий, где общая величина стока определяется размерами водонепроницаемых поверхностей (усовершенствованных покрытий мостовых, площадей и т. д.). В качестве примера можно указать, что при усовершенствованных покрытиях расчетный расход увеличивается более чем в 2 раза, по сравнению с неусовершенствованными, что видно из соотношения соответствующих коэффициентов:

$$\psi_y : \psi_{ny} = 0,90 : 0,40 = 2,25.$$

В связи с этим при выборе коэффициента стока следует учитывать все факторы, влияющие на условия стока, т. е.: а) характер и плотность застройки; б) род покрова и его физическое состояние; в) топографические, климатические и метеорологические условия (продолжительность и интенсивность ливней) и т. д.

Предложенные различными авторами значения коэффициентов стока могут быть подразделены на три основные группы:

группа I — коэффициенты стока, определяемые в зависимости от типа и характера застройки и плотности расселения;

группа II — коэффициенты стока, определяемые в зависимости от рода инженерных покрытий (дорожные одежды, их уклоны и т. д.) и естественного покрова бассейна (зеленые насаждения, площадки и пр.);

группа III — уточненные коэффициенты стока, определяемые как коэффициенты группы II, но с учетом влияния метеорологических факторов.

Коэффициенты стока группы I (укрупненные) могут быть применены лишь как ориентировочные. Отдельные их значения (по П. Ф. Горбачеву) приведены в табл. 8.

Таблица 8

Степень застройки	Коэффициенты стока при уклонах поверхности		
	слабых (до 0,01)	умеренных (0,01—0,05)	сильных (более 0,05)
Кварталы, мало застроенные	0,5	0,6	0,7
Кварталы, нормально застроенные	0,6	0,7	0,8

Коэффициенты стока, входящие в группу II (так называемые частные коэффициенты стока) и определяемые по одному или двум факторам, например, по роду поверхности и ее уклону и т. п., также не отражают всех действительных условий стока. В настоящее время они применяются, главным образом, на стадии проектного задания.

Таблица 9

Наименование поверхности	Коэффициенты стока при средних уклонах поверхности
Крыши	0,90—0,95
Мостовые асфальтовые	0,85—0,90
Мостовые каменные и торцовые (с заливкой швов)	0,80—0,85
Мостовые булыжные	0,40—0,50
Дорожки гравийные	0,15—0,30
Незаощенные поверхности	0,20—0,30
Парки, сады	0,05—0,25

Таблица 10

Наименование поверхности	Коэффициенты стока при уклонах поверхности		
	слабых (до 0,01)	умеренных (0,01—0,05)	сильных (более 0,05)
Шоссе	0,25	0,30	0,35
Мостовые булыжные	0,30	0,40	0,50
Мостовые торцовые и кубиковые (с заливкой швов)	0,65	0,75	0,85
Мостовые асфальтовые	0,75	0,85	0,95
Сады, парки и рощи	0,10	0,15	0,20
Отдельные участки, покрытые травой	0,15	0,20	0,25
Незастроенные участки	0,20	0,25	0,30

Средние значения коэффициентов этой группы для отдельных поверхностей приведены в табл. 9, а для таких же поверхностей, но с учетом рельефа местности,—в табл. 10.

Наиболее обоснованными являются коэффициенты стока группы III, названные общими в отличие от частных коэффициентов группы II и широко применяемые в настоящее время при проектировании. Уточнению коэффициентов стока этой группы во многом способствовали работы Ленинградского научно-исследовательского института Академии коммунального хозяйства (ЛНИИКХ) и Полевой стоковой лаборатории.

Экспериментальная часть работы ЛНИИКХ проводилась под руководством проф. Н. Н. Белова на специальной площадке, где искусственно воспроизводились ливни соответствующей интенсивности, имевшие место за предшествующие 35 лет (с периодом однократного превышения P от 2 лет и более), и изучался сток с поверхности пяти видов. Опытные площадки были оборудованы бетонным лотком для сброса стекающей воды и измерительной камерой с треугольным водосливом. Для определения расходов от воспроизводимых ливней (стока) применялся самописец-лимниграф. Количество выпадавших естественных осадков измерялось при помощи самопишущих дождемеров поплавкового типа.

Работа по обработке исходных метеорологических данных проводилась ЛНИИКХ совместно с Главной геофизической обсерваторией.

В результате проведенных исследований проф. Н. Н. Беловым была предложена формула для определения коэффициента стока:

$$\psi = Zq^{0,2}t^{0,1}, \quad (13)$$

где Z — эмпирический коэффициент, характеризующий вид покрытия (так называемый коэффициент покрова);
 q — интенсивность ливня в л/сек с 1 га;
 t — продолжительность ливня в минутах.

Приведенная формула позволяет определить коэффициент стока в зависимости от трех главнейших факторов, влияющих на его величину: рода поверхности, интенсивности ливня и его продолжительности.

Числовые значения коэффициентов Z при различных величинах параметров A и n для водонепроницаемых покрытий (крыш, асфальтовых мостовых, диабазовых мостовых с цементным швом, бетонных мостовых, тротуаров и др.) приводятся в табл. 11, а для водопроницаемых — в табл. 12.

С увеличением A коэффициент покрова уменьшается, что может быть объяснено меньшей вероятностью выпадения в этих случаях ливней на поверхность, смоченную ранее прошедшим дождем.

Таблица 11

A	Значения Z при		A	Значения Z при	
	n=0,5 : 0,6	n > 0,65		n=0,5 : 0,6	n > 0,65
300	0,319	0,334	1000	0,254	0,263
400	0,302	0,316	1100	0,246	0,258
500	0,288	0,302	1200	0,242	0,253
600	0,278	0,291	1300	0,238	0,249
700	0,269	0,282	1400	0,234	0,245
800	0,262	0,274	1500	0,231	0,243
900	0,256	0,268			

Таблица 12

Род поверхности	Значения Z
Мостовые торцовые	0,240
Мостовые диабазовые (с песча- ными швами)	0,224
Мостовые булыжные	0,145
Шоссе	0,125

Вводя в формулу (13) значение q из формулы (8), получаем¹:

$$\psi = Z \frac{A^{0,2}}{t^{0,2n}} t^{0,1} = ZA^{0,2} t^{0,1-0,2n}. \quad (14)$$

Как видно из формулы, при показателе степени $n=0,5$ указанная зависимость коэффициента стока от продолжительности ливня нарушается; при $n > 0,5$ показатель степени получает отрицательное значение.

Продолжая работы проф. Н. Н. Белова по определению коэффициентов стока, канд. техн. наук Л. Т. Абрамов на основе проведенных им экспериментальных исследований в Полевой стоковой лаборатории предложил следующую формулу для определения коэффициента стока:

$$\psi = \xi i^{0,2} t_1^{0,1} = 0,36 \xi q^{0,2} t_1^{0,1}, \quad (15)$$

где ξ — эмпирический коэффициент, принимаемый в зависимости от влажности грунтового покрова;

t_1 — период добегания дождевых вод, принятый равным продолжительности ливня t .

¹ Проф. Н. Н. Белов подчеркивает необходимость критической оценки величины ψ в том случае, если она при больших величинах P и Z становится больше единицы.

Обозначив $0,36 \xi$ через Z , Л. Т. Абрамов получил формулу¹:

$$\psi = Z q^{0,2} t_1^{0,1},$$

полностью совпадающую с ранее приведенной формулой Н. Н. Белова.

В целом проведенные Л. Т. Абрамовым исследования подтвердили правильность предложенных Н. Н. Беловым коэффициентов стока для водонепроницаемых поверхностей с малыми коэффициентами шероховатости.

Что же касается коэффициентов стока для водопроницаемых поверхностей с высокими коэффициентами шероховатости, то на их величину значительное влияние оказывает учет периода добегания, влажности и впитывания покрова² и т. д.

Как указывает Л. Т. Абрамов, наиболее часто наблюдаемая влажность грунтов для средней полосы не превышает 50—55% (от полного влагонасыщения), причем это может быть отнесено и к периоду наибольшего выпадения осадков.

Однако, поскольку эти данные базируются не на длительных наблюдениях и не исключены случаи превышения этих величин, Л. Т. Абрамов устанавливает зависимость расчетной влажности от принятого периода однократного превышения, с увеличением которого принимаются и повышенные значения влажности.

Для поверхностей с повышенной шероховатостью взамен ранее предложенных Н. Н. Беловым значений величины Z рекомендованы уточненные ее значения, приводимые в табл. 13*.

Таблица 13

Род покрытия	Влажность грунта в %	Расчетный период однократного переподнения в годах	Коэффициент шероховатости	Коэффициент Z для				
				сулеса	легкого суглинка	среднего суглинка	тяжелого суглинка	глины
Плотно утрамбованная грунтовая поверхность без дернового покрова	55	До 1	0,0065	0,120	0,127	0,135	0,143	0,150
	65	1—3		0,150	0,157	0,165	0,172	0,180
	70	3—5		0,167	0,175	0,182	0,190	0,197
Грунтовая поверхность с хорошо развитым дерновым покровом (луг, газон)	55	До 1	0,135	0,060	0,065	0,070	0,075	0,080
	65	1—3		0,074	0,085	0,095	0,100	0,105
	70	3—5		0,080	0,090	0,100	0,110	0,120

¹ Здесь Z — коэффициент, характеризующий в данном случае водопоглощающую способность покрытия грунтовой водосборной площади.

² Следует указать, что ливни с интенсивностью в 0,08 мм/мин и менее вообще не дают стока и целиком впитываются почвой.

* Данные таблицы нуждаются в дальнейшем уточнении.

Вследствие значительного разнообразия местных геофизических и инженерных условий детальный расчет всех элементов бассейна стока по соответствующим значениям коэффициентов стока является весьма трудоемкой задачей. Поэтому на практике пользуются более простым способом расчета, при котором площадь бассейна условно разбивают на ряд зон, однородных по типу и характеру застройки и виду покрытий. Для этого пользуются генеральными планами населенных мест и промышленных предприятий или инвентарными планами (для существующих объектов).

Площади отдельных поверхностей типовых кварталов определяют в абсолютных величинах или процентах от всей площади и на основе принятых для них коэффициентов стока находят общий (средний) коэффициент стока для квартала по формуле¹:

$$\psi_{\text{ср}} = \frac{\sum F_n \psi_n}{\sum F_n}, \quad (16)$$

где $F_{1,2,3,\dots}$ — площади однородных поверхностей в абсолютных величинах или в процентах от общей площади;

$\psi_{1,2,3,\dots}$ — коэффициенты стока для соответствующих поверхностей.

В тех случаях, когда территория имеет типовую застройку, для нее принимается средний коэффициент стока.

Для участков с различными по планировке кварталами и для промышленных площадок коэффициенты стока определяют обычно в каждом отдельном случае.

С увеличением продолжительности ливня коэффициент стока, как правило, увеличивается². В частности при выпадении ливня на поверхность, смоченную ранее прошедшим дождем, количество стекающей воды превышает количество воды, стекающей с сухой поверхности, где происходит постепенное впитывание воды в процессе стока.

В отдельных случаях может быть смешанный сток (в результате снеготаяния и дождя, выпавшего на неоттаявшую почву), который также может дать повышенные коэффициенты стока.

7. ПОВЕРХНОСТНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ЛИВНЕВОГО СТОКА И КРИТИЧЕСКАЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЛИВНЕЙ

Особенностью современных методов расчета является определение расчетных интенсивностей для каждого отдельного участка сети на основе установленной зависимости $q=f(t)$.

¹ Аналогичным путем может быть найдено и среднее значение коэффициента покрова.

² В действительности такая прямая пропорциональность не всегда имеет место. Как указывает проф. Н. Н. Белов, увеличение коэффициента стока с продолжительностью ливня ослабляется более значительным снижением за этот период интенсивности; при значительной продолжительности ливня коэффициент стока даже уменьшается.

Каждой расчетной продолжительности соответствует определенная расчетная интенсивность. Это объясняется следующим.

В начальный период выпадения ливня к рассматриваемому сечению водостока притекает вода с прилегающего к нему участка сети. По мере выпадения ливня приток воды увеличивается за счет стока с более отдаленных участков, и в конечном счете наступает такой момент, когда к рассматриваемому сечению поступает вода со всей площади бассейна.

Естественно, что чем длиннее путь стекающей воды, тем больше требуется времени для ее стока. Поэтому для каждого участка сети принимают соответствующую ему расчетную интенсивность, определяемую продолжительностью притока воды из самой отдаленной части бассейна до рассматриваемого сечения¹. Эта продолжительность в расчетной практике называется критической продолжительностью.

На рис. 21 приведена графическая схема расчетной продолжительности ливня.

Атмосферные воды не сразу попадают в подземную ливневую сеть; до поступления в ливнеприемники они некоторое время стекают по поверхности бассейна стока. Затрачиваемое на это время, называемое временем поверхностной (начальной) концентрации t_1 (или иначе — периодом добегаания), зависит от размеров бассейна, рельефа местности, видов покрытий, типа применяемого водоотвода.

Критическая продолжительность ливня t определяется как сумма времени поверхностной концентрации t_1 (т. е. времени, требуемого для стока от самой удаленной точки бассейна до первого ливнеприемника) и времени t_2 , затрачиваемого на протекание воды по самой сети до расчетного сечения коллектора (включая сюда и участки от ливнеприемника), по формуле²:

$$t = t_1 + \sum \frac{l}{v} = t_1 + t_2, \quad (17)$$

где l — длина отдельных участков сети;

v — скорость пробега в них воды.

Принятая величина критической продолжительности оказывает непосредственное влияние на величину расчетного стока и, таким образом, имеет большое технико-экономическое значение.

Так, например, для ливня силой $\Delta = 3$ и периода добегаания $t_1 = 4$ мин. расчетная интенсивность q равна 250 л/сек с 1 га, тогда как при увеличении периода добегаания до 10 мин. интенсивность уменьшается до 158 л/сек с 1 га. При этом чем

¹ Обычно принимают, что расчетный расход в сечении водостока в данном случае получается наибольшим (см. ниже).

² Согласно Н и ТУ-12-49, расчетная продолжительность ливня определяется как сумма времени протекания воды: а) по поверхности до лотка проезда t'_1 (время, необходимое для образования стока по лотку); б) по лоткам проезда t''_1 и в) по закрытой сети t_2 .

короче сеть и меньше величина t_2 , тем большее влияние оказывает при расчете значение t_1 .

В условиях застроенных территорий сток воды с кварталов до первого ливнеприемника происходит по поверхности лотков, мостовых и других покрытий, имеющих очертание определенной формы и соответствующую инженерную конструкцию. Поэтому

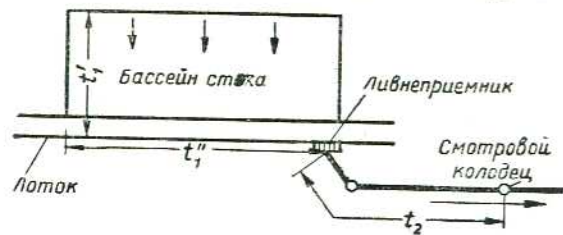


Рис. 21. Графическая схема расчетной продолжительности ливни

определение времени поверхностной концентрации в таких случаях не представляет затруднений и производится по общей формуле:

$$t = \frac{l}{v},$$

где v — расчетная скорость протекания воды, принятая для данной поверхности.

Значительно более сложную задачу представляет определение периода добега с поверхности отдельных кварталов и дворовых участков с неорганизованным водоотводом и особенно с незастроенных и мало застроенных территорий, также обслуживаемых в ряде случаев подземной сетью ливневой канализации. Поверхность этих территорий может отличаться исключительным разнообразием и иметь свособразную форму очертания; неорганизованный сток воды в этих случаях происходит обычно по долине неопределенной ширины.

При определении периода добега для таких бассейнов необходимо учитывать ряд факторов, к числу которых относятся: а) физические свойства и состояние поверхности, по которой происходит сток (микрорельеф, уклоны, характер покрова, условия впитывания, длина пути стока воды и т. д.); б) размеры и величина бассейна; в) характер застройки; г) влияние метеорологических факторов (условия выпадения осадков, интенсивность и продолжительность ливней и т. д.).

Это сильно затрудняет расчет поверхностного стока, не говоря уже о том, что точный гидравлический расчет вообще может быть произведен только при наличии строго определенных значений гидравлических показателей (площадь поперечного сечения, смоченный периметр, гидравлический радиус).

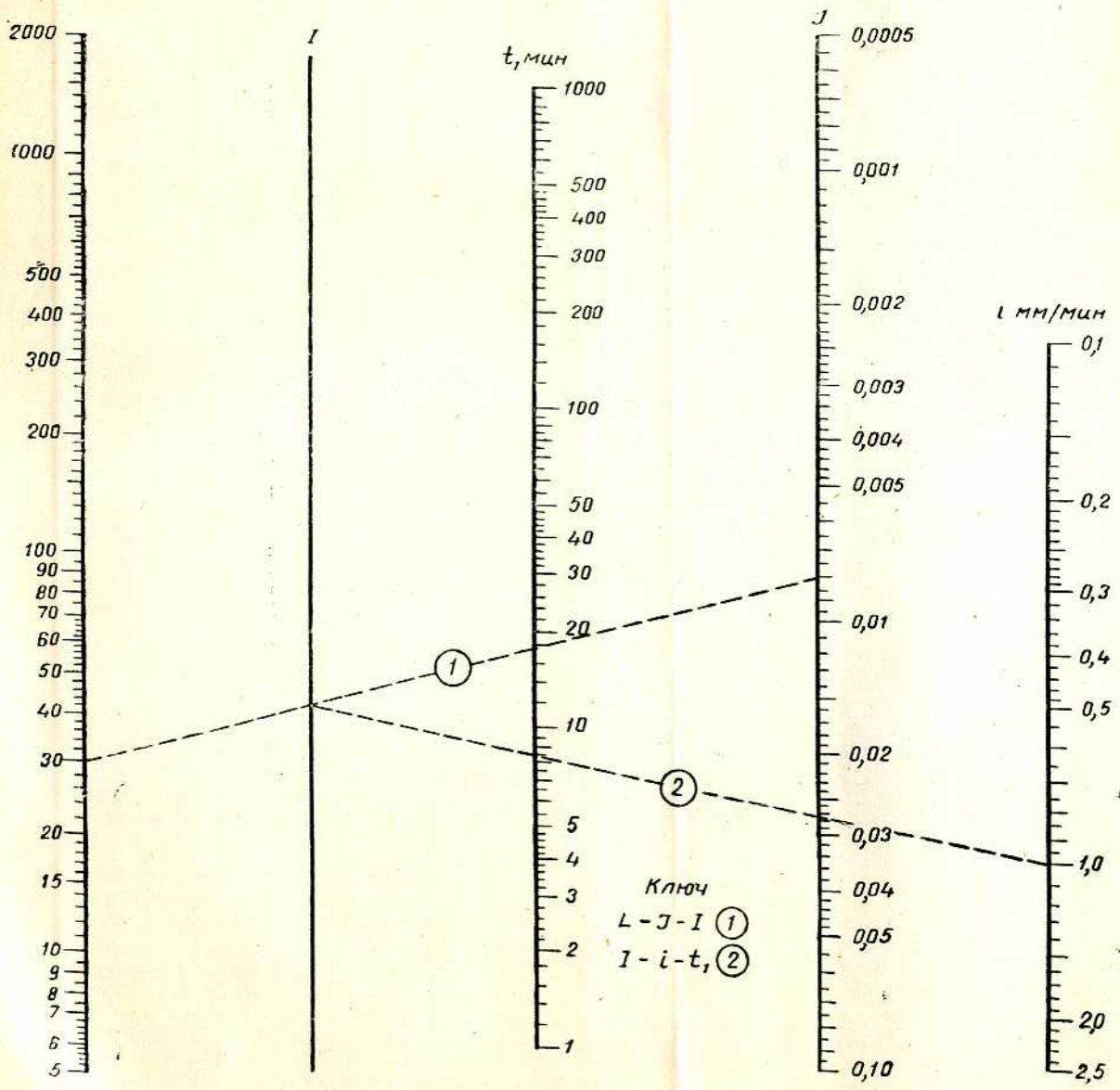


Рис. 22. Номограмма Л. Т. Абрамова для определения времени добега ливневых вод по водосбору [составлена по формуле (18) при $n = 0,020$, $Z = 0,145$]

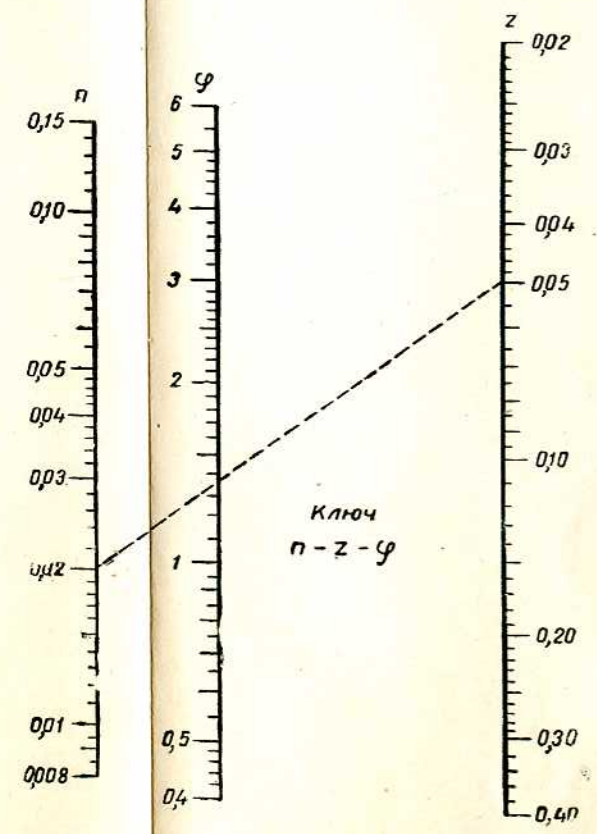


Рис. 23. Вспомогательная номограмма для определения поправочного коэффициента φ для значений n и Z (к номограмме рис. 22)

короче
вае п
В
до пе
мост
формь

опред
чаях
формь

где σ

Зн
ние п
дворо
но с
служи
лизап
чител
ния;
обыч
П
необх
сятя
торой
ва, ус
меры
метес
тенси
Э
ря ус
жет
значе
чени

Ввиду этого при расчете неорганизованного стока в ряде случаев пользуются теми же приемами и принимают те же коэффициенты стока и периоды добегания, что и при расчете стока с застроенных территорий. Это приводит к резкому завышению расчетных расходов, а следовательно, и к неоправданному увеличению диаметров трубопровода.

На основе детального анализа этого вопроса канд. техн. наук Л. Г. Демидов приходит к выводу, что большинство применяемых в настоящее время методов расчета не отражает специфических условий стока при неплотной застройке и при отсутствии усовершенствованных покрытий, так как не учитывает значительного впитывания стекающей воды почвой, имеющего место в указанных условиях.

Необходимость учета впитывания Л. Г. Демидов связывает с предложенной проф. П. Ф. Горбачевым классификацией дождей по их силе, величина которой характеризует также и условия поверхностного стока.

Следует напомнить, что сток по поверхности (кроме крыш) при $\Delta = 1,0$ вообще отсутствует, а при $\Delta = 1,1 - 3,0$ зависит от природных и инженерных условий территории.

Между тем в ряде случаев в общий расчетный расход включают приток воды (и довольно значительный) с территорий, фактически не дающих стока. В связи с этим при проектировании канализации для бассейнов с неорганизованным стоком должна приниматься в расчет также и сила дождя. Наряду с этим Л. Г. Демидов считает нецелесообразным определять период добегания, исходя из условия, что сток происходит по поверхности, подготовленной заранее прошедшим ливнем.

Как показывает расшифровка лент самопишущих дождемеров, почти не встречается случаев, когда расчетному ливню непосредственно предшествовал бы ливень, равный по силе и способный произвести соответствующее насыщение почвы. Следовательно, подготовку поверхности производит сам расчетный ливень и сток с нее начинается только тогда, когда интенсивность расчетного ливня превысит интенсивность поглощения воды почвой.

Все это непосредственно сказывается на периоде добегания, величина которого фактически намного превышает средние данные, обычно принимаемые при расчете.

Экспериментальным исследованием вопросов поверхностного стока применительно к ливневой канализации занимался ряд наших научно-исследовательских организаций и отдельных специалистов.

Из работ в этой области в первую очередь должны быть отмечены работы канд. техн. наук Л. Т. Абрамова (Полевая стоковая лаборатория), а также работы института Водгео. Этим работам предшествовали аналогичные (особенно по методике проведения) исследования ЛНИИКХ по определению коэффициента стока, проведенные под руководством проф. Н. Н. Белова.

На основе проведенных институтом Водгео экспериментальных работ по определению ливневого стока с приусадебной площадки с булыжным покрытием канд. техн. наук Г. Л. Зак предложил номограмму для определе-

ния периода добегания в зависимости от длины бассейна стока, его уклонов, коэффициентов, характеризующих застройку, и силы дождя.

Для этого, пользуясь опытными данными института Водгео, Г. Л. Зак определял период добегания по разности времени между началом периода ливня с максимальной частной интенсивностью и началом максимального стока (как правило, не совпадающих по времени).

Поскольку период добегания относится к начальной стадии ливня, определение его по максимальным значениям интенсивности является вполне закономерным.

На основе найденного таким образом периода добегания были определены величины расчетной интенсивности q и ливневого стока S , а также средняя скорость движения воды по длине рассматриваемого участка.

Далее производилось сопоставление полученных расходов с расходами, вычисленными для тех же условий стока (уклоны, поверхности и др.) на основании общих формул гидравлики.

Для этого, принимая различную высоту слоя стекающей воды h и различные уклоны местности и приравнивая $h = R$, Г. Л. Зак составил вспомогательные расчетные гидравлические таблицы для определения расходов и скоростей движения воды на площадке с коэффициентом шероховатости $n = 0,020$ (для булыжной мостовой).

Обобщив эти данные и произведя анализ условий стока по площадке неограниченной длины и ширины, Г. Л. Зак пришел к выводу, что средние значения скорости должны быть приняты для расходов, составляющих $0,5 Q_{\text{макс}}$. Что же касается максимальных расходов, то им соответствуют максимальные значения скоростей, превышающие средние скорости в 1,31 раза, т. е.:

$$\frac{v_{\text{макс}}}{v_{\text{ср}}} = 1,31 = K_v$$

По вспомогательной таблице Г. Л. Зак определял расход воды, исходя из максимальной скорости, находимой по уравнению

$$v_{\text{макс}} = 1,31 v_{\text{ср}}$$

При сопоставлении найденных по таблице расходов с расчетными расходами, вычисленными ранее указанным путем (т. е. по основной формуле для найденного периода добегания), оказалось, что данные таблицы превышают расчетные данные почти в 6 раз; такие же результаты дали и специальные расчеты института Водгео.

Ввиду этого при построении номограммы был принят метод приближенных пробных определений искомых величин двумя различными путями:

- 1) по таблицам, исходя из максимальной скорости движения воды (при $K_v = 1,31$);
- 2) по формуле для определения ливневого стока в транскрипции Г. Л. Зак:

$$S = 462,5 Z \Delta^{1,2} : i^{0,5} \text{ л/сек с } 1 \text{ га,}$$

где Z — коэффициент, характеризующий застройку.

В том случае, когда вычисленные различными путями величины расчетного расхода оказывались близкими, принятый период добегания рассматривался в качестве окончательного и принимался для построения номограммы.

Описанный метод сыграл положительную роль в изучении вопросов, связанных с периодом добегания; однако приведенная выше формула и основанная на ней номограмма широкого применения не нашли. По мнению канд. техн. наук Л. Т. Абрамова, это объясняется тем, что период добегания определялся в данном случае не путем непосредственных наблюдений, а на основе ряда теоретических допущений. В частности при составлении таблиц и определении времени добегания было принято, что вода движется

по площади стока параллельными струйками. Между тем в действительности движение воды происходит по извилистым направлениям с концентрацией отдельных струек по пути в небольшие ручейки, что приводит к значительному увеличению гидравлического радиуса и скорости движения и к уменьшению времени добегания.

Наиболее точные результаты могут быть получены при непосредственном определении времени добегания в реальных условиях.

Такого рода исследовательскую работу провел канд. техн. наук Л. Т. Абрамов¹ в период 1939—1946 гг., изучавший поверхностный сток от искусственно воспроизведенных дождей интенсивностью от 0,18 до 2,70 мм/мин.

Экспериментальные исследования проводились на специально сооруженных для этой цели опытных площадках с естественным покровом и инженерными покрытиями площадью до 450 м².

При помощи короткоструйной дождевальной установки было воспроизведено 444 ливня. Учет подаваемой для дождевания воды производился при помощи водомера. Ливневой сток с отдельных площадок определялся по расходу воды, проходившей через треугольный водослив измерительной камеры, оборудованной лимниграфом.

Для облегчения вычислений были составлены таблицы расходов при различных величинах напора H с интервалом в 1 мм.

Расшифровка лент лимниграфа (лимниграмм) производилась аналогично расшифровке лент самопишущих дождемеров для равных промежутков времени, от 2,5 до 1 мин., в зависимости от рода покрытий.

Основной задачей исследования было уточнение динамики ливневого стока и времени добегания (поверхностной концентрации).

Наряду с этим устанавливалась зависимость этих параметров от интенсивности и продолжительности ливня, характера грунтовых покровов и покрытий и их уклона, влажности грунтов и условий впитывания (водопоглощения).

В результате проведенных работ Л. Т. Абрамовым предложен ряд формул для определения времени добегания ливневых вод по участку применительно к отдельным методам расчета (П. Ф. Горбачева, ГГИ и др.).

Одна из этих формул имеет вид:

$$t_1 = \frac{1,50 n^{0,6} L^{0,6}}{Z^{0,3} i^{0,5} I^{0,3}} \quad (18)$$

где n — коэффициент шероховатости, принимаемый в зависимости от рода поверхности бассейна равным от 0,010 (для асфальтированных поверхностей) до 0,135 (для грунтовых поверхностей с дерновым покровом, газоном и пр.);

L — длина водосбора в м;

Z — коэффициент, характеризующий застройку; значения его приведены в табл. 11, 12, 13;

i — интенсивность ливня в мм/мин.;

I — средний уклон водосбора.

На основе этой формулы Л. Т. Абрамовым составлены номограммы для определения времени добегания и максимальной скорости протекания при $n=0,02$ и $Z=0,145$ (рис. 22), а также и при других значениях n и Z (рис. 23). В последнем случае по номограмме (рис. 23) определяют поправочные коэффициенты для значений, найденных по номограмме, изображенной на рис. 22.

Однако, как отмечают и сами исследователи, вопросы поверхностного стока еще изучены недостаточно, и в этой области необходимо проведение дальнейших исследований, как теоретических, так и экспериментальных.

¹ Канд. техн. наук Л. Т. Абрамов, Новые формулы и номограммы для расчета ливневой сети промпредприятий и населенных мест, Госстройиздат, 1949.

При проектировании обычно пользуются следующими приближенными данными:

для населенных мест время поверхностной концентрации в зависимости от местных условий принимают от 2 до 10 мин. (включая и время стока по лоткам до первого ливнеприемника), в большинстве случаев порядка 5 мин.;

для промышленных территорий принимают те же значения, но отдельно учитывают время протекания по сети внутренних водостоков.

Время поверхностной концентрации для отдельных видов поверхностей принимают в пределах следующих средних величин:

1) для отдельных участков до лотка проезда — 5 мин. (Н и ТУ-12-49);

2) для приусадебных участков с небольшой растительностью при средних уклонах — 7 мин.;

3) для дворов до уличных ливнеприемников — 5—10 мин. (по П. Ф. Горбачеву);

4) для дворовых участков с булыжным замощением — 3—5 мин. (ЛНИИКХ);

5) для крыш и водосточных желобов — 0,25—0,50 мин. (по П. Ф. Горбачеву) и 0,10—0,30 (ЛНИИКХ).

В табл. 14 приведены предложенные проф. П. Ф. Горбачевым значения средних скоростей и уклонов для приближенного определения времени поверхностной концентрации.

Таблица 14

Тип водостока или вид поверхности	Средние уклоны	Средние скорости в м/мин
Ложбины земляные	0,01—0,02	10—14
Участки загородные с растительностью	0,03	16
Овраги и грунтовые канавы шириной по дну 0,20—0,65 м	0,02	44
Канавы замощенные шириной по дну 0,50—1,20 м	0,003	90
Лотки мостовых с бордюрами	0,01—0,05	48—80

Как уже указывалось ранее, продолжительность периода добегания тесно связана с размерами трубопроводов ливневой сети, поэтому величину его следует принимать с учетом последующего развития сети и применения усовершенствованных видов покрытий.

В тех случаях, когда фактическая продолжительность ливней больше расчетной, действительный расход воды, притекающей к рассматриваемому сечению, как правило, будет ниже расчетного. Объясняется это тем, что хотя сток происходит со всей площади бассейна, его фактическая интенсивность ниже расчетной, так как связана с большей продолжительностью.

И, наконец, когда выпадение ливня заканчивается раньше, чем сток со всей площади поступит к рассматриваемому сечению, максимальным расходом для данного сечения будет сток с той части бассейна, с которой вода успеет стечь до окончания ливня.

8. МЕТОДЫ И ФОРМУЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РАСЧЕТЕ ЛИВНЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Наибольшее распространение в практике проектирования получили приводимые ниже методы и формулы, применяемые при расчете ливневой канализации.

1. Способ предельных интенсивностей, предложенный проф. П. Ф. Горбачевым. Этот способ, на котором базируется большинство применяемых в настоящее время методов расчета, сыграл большую роль в развитии теории и техники расчета ливневой канализации.

Величина расчетной интенсивности при этом способе определяется по приведенной ранее формуле:

$$q = \frac{166,7 \Delta}{\sqrt{t}} \text{ л/сек с 1 га.}$$

Эта формула устанавливает зависимость для отдельных расчетных участков между предельной (расчетной) интенсивностью и критической продолжительностью ливня, под которой понимается время, необходимое для притока воды к рассматриваемому сечению.

Расчетная величина силы дождя Δ определяется в зависимости от принятого периода P и среднего значения климатической постоянной местности μ .

Последняя устанавливается на основе детальной обработки метеорологических сводок, составленных по записям самопишущих приборов за период наблюдений не менее 10 лет.

Исходя из полученных значений средних интенсивностей отдельных ливней, можно вычислить соответствующие им силы дождя по формуле:

$$\Delta = i \sqrt{t}.$$

Располагая значения сил Δ в ряд в убывающем порядке и подставляя под ними число случаев повторения ливней данной силы за рассматриваемый период, можно установить период однократного превышения той или иной силы ливня за этот период.

Для облегчения отбора нужных величин Δ все ливни за рассматриваемый период наблюдений систематизируют по продолжительности в возрастающем порядке ($t=5; 10; 15$ мин.) и по интенсивности в убывающем порядке. Как указывает проф. П. Ф. Горбачев, для определения искомых параметров вполне достаточно иметь количество величин Δ , равное числу лет периода наблюдений.

Приняв тот или иной период однократного переполнения сети, соответствующий периоду однократного превышения расчетных сил дождя, по полученным значениям Δ , можно определить соответствующие значения климатической постоянной местности по формуле:

$$\mu = \Delta : \sqrt[3]{P}.$$

Определяя из них среднее значение климатической постоянной для данного периода однократного переполнения, можно вычислить расчетную силу дождя:

$$\Delta = \mu \sqrt[3]{P},$$

характеризующую серию равновозможных ливней для рассматриваемого пункта.

На основе полученного значения Δ по приведенной ранее формуле определяется расчетная интенсивность ливня.

Расчет по этому способу распадается на следующие этапы.

1. На основе сводок метеорологических станций, оборудованных самопишущими дождемерами, и расшифровки лент устанавливают средние интенсивности и продолжительности отдельных ливней и вычисляют соответствующие им силы дождя.

2. По найденным силам дождя (для принятого периода однократного их превышения) определяют среднее значение климатической постоянной местности.

3. По среднему значению климатической постоянной и допускаемому периоду переполнения сети определяют расчетную силу дождя и соответствующую ей техническую интенсивность ливня.

4. Определяют геометрические площади бассейнов стока, тяготеющих к тому или иному расчетному участку сети.

5. Устанавливают коэффициент стока и определяют расчетные площади бассейнов стока.

6. Исходя из предварительно принятой скорости течения и длины расчетного участка, определяют время протекания по нему воды. Суммируя это время с принятым периодом поверхностной концентрации (добегания), определяют общее время концентрации стока, которое приравнивают к критической продолжительности ливня для данного расчетного участка.

7. На основе вычисленной критической продолжительности определяют расчетную предельную интенсивность ливня, а затем и максимальный расчетный расход для данного участка¹.

Для облегчения вычислений определение расчетной интенсивности производят по вспомогательному графику зависимости q от t .

¹ При этом расчетный расход на любом последующем участке не должен быть меньше расхода на предыдущем участке, а в тех случаях, когда он оказывается меньше, принимают равенство расходов.

8. По найденному расходу определяют сечение ливневой сети для принятых уклонов и наполнений.

9. При значительном расхождении между величиной расчетной скорости и ранее принятой производят перерасчет до получения требуемых результатов.

Описываемые ниже расчетные методы базируются (с теми или иными видоизменениями) на способе предельных интенсивностей. При пользовании ими расчетные предельные интенсивности определяются по критической продолжительности ливня и по полученным данным вычисляются расчетные расходы для отдельных участков сети.

2. Приближенный метод проф. П. Ф. Горбачева. При отсутствии подробных сводок метеорологических станций, оборудованных самопишущими приборами, расчет ливневой сети производят по среднегодовому количеству осадков.

В этом случае особого внимания заслуживает предложенный проф. П. Ф. Горбачевым приближенный метод¹ (впервые применен в 1915 г. для расчета водостоков Днепропетровска), позволяющий установить искомую функцию $q=f(t)$, исходя из среднегодового количества осадков.

При разработке этого метода проф. П. Ф. Горбачев подвергнул детальному анализу данные о среднегодовых количествах осадков, выпадающих в отдельных географических пунктах.

В результате им было установлено, что наряду с резким колебанием количества выпадающих осадков в одном и том же пункте по отдельным годам величина среднегодового количества их, установленная по данным многолетних наблюдений, сравнительно мало изменяется (для Европейской части СССР это изменение не превышает 15%). Это позволило проф. Горбачеву положить в основу приближенного метода величину среднегодового количества осадков.

Как видно из приведенных в приложении 1 данных для большинства населенных пунктов Европейской части СССР, величина среднегодового слоя составляет от 300 до 600 мм.

В общем же распределение среднегодового количества осадков по территории Союза неравномерно, хотя и подчинено вполне определенной закономерности. Так, среднегодовое количество осадков постепенно возрастает с севера на юг и убывает с северо-запада на юго-восток².

¹ Описываемый метод сыграл исключительно большую роль в первые годы сталинских пятилеток при проектировании и устройстве водостоков в ряде населенных мест СССР.

² З. Н. Шишкин, Я. А. Карелин, С. К. Колобанов, С. В. Яковлев, Г. Л. Зап, Канализация, Гос. издательство литературы по строительству и архитектуре, 1951.

В средней полосе Европейской части СССР выпадает около 500—600 мм осадков в год; наиболее дождливым местом являются юго-западные склоны Кавказа, где выпадает до 2 500 мм в год.

Наименьшее количество осадков выпадает в пустынных районах Средней Азии (местами менее 100 мм)¹.

Следует отметить, что в местностях, расположенных в различных географических широтах, среднегодовое количество осадков может резко колебаться в зависимости от высоты над уровнем моря, путей перемещения воздушных масс и климатических условий. Так, на склонах высоких гор, пересекающих пути воздушных масс, а также при метеорологических условиях, благоприятствующих выпадению осадков, годовое количество их достигает значительных величин.

В качестве примера можно привести Батуми, где годовое количество осадков достигает 2 500 мм, Сочи, где оно составляет около 2 000 мм, и т. д. При этом уже в Баку годовое количество осадков резко уменьшается, что свидетельствует о значительном влиянии топографических условий (через Кавказский хребет проходит только сухой воздух — фён).

Характеризуя общие условия выпадения осадков, можно указать, что в середине материков годовое количество осадков составляет от 200 до 600 мм; в жарких песчаных пустынях оно уменьшается до 100 мм, а в приморских местностях с умеренным климатом увеличивается до 4 000 мм. Наибольшая высота слоя выпавших за год осадков (16 300 мм) наблюдалась в Индии (Черрапунджи, 1899 г.)².

Предложенная проф. П. Ф. Горбачевым³ приближенная формула для определения климатической постоянной μ имеет вид:

$$\mu = \alpha \sqrt[3]{H^2}, \quad (19)$$

где α — климатический коэффициент, принятый одинаковым для всех географических пунктов ($\alpha = 0,046$);

H — среднегодовое количество осадков за многолетний период (примерно 20 лет), выраженное высотой слоя в мм.

На основании установленной зависимости между силой дождя Δ , периодом однократного превышения P и климатической постоянной местности:

¹ М. С. Аверкиев, Метеорология, Издательство Московского университета, 1951.

² В этом же пункте наблюдался и исключительно высокий суточный максимум выпадения осадков — 1 036 мм, приближающейся по своей величине к абсолютному зарегистрированному суточному максимуму — 1 168 мм (Филиппинские острова).

³ Проф. П. Ф. Горбачев, О расчете дождевых водостоков, Труды XII Всероссийского водопроводного и санитарно-технического съезда, 1922.

$$\Delta = \mu \sqrt[3]{P}$$

была выведена формула для расчетной технической интенсивности:

$$q = \frac{\alpha \sqrt[3]{H^2} \sqrt[3]{P} \cdot 166,7}{\sqrt{t}} = \frac{166,7 \alpha H^{2/3} \sqrt[3]{P}}{t^{0,5}}, \quad (20)$$

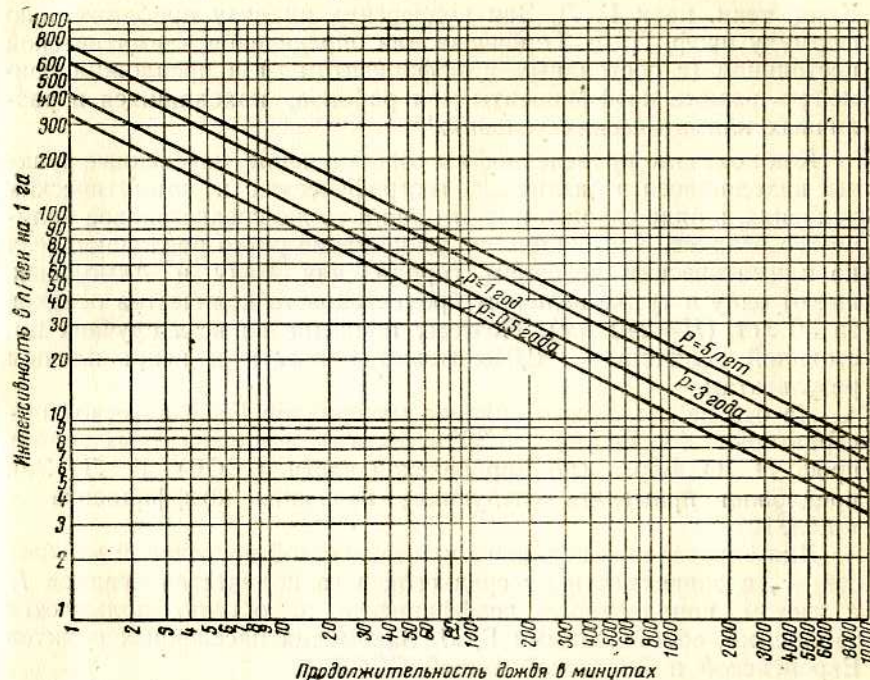


Рис. 24. Логарифмический график интенсивности ливней при различных значениях P (по П. Ф. Горбачеву)

или после подстановки значения $\Delta = \alpha \sqrt[3]{H^2} \sqrt[3]{P}$

$$q = \frac{\Delta \cdot 166,7}{\sqrt{t}} = \frac{\mu \sqrt[3]{P} \cdot 166,7}{\sqrt{t}}$$

H и ТУ-12-49 рекомендуют пользоваться этой формулой при отсутствии данных записей автоматических приборов.

При необходимости сравнения полученных величин q при разных значениях P результаты подсчета целесообразно представлять на логарифмическом графике, общий вид которого изображен на рис. 24.

Сила дождя может быть также выражена формулой:

$$\Delta = \mu \sqrt[3]{P} = \alpha \sqrt[3]{H^2 P}. \quad (21)$$

Определить силу дождя Δ можно по номограмме (рис. 25), составленной канд. техн. наук Л. Т. Абрамовым.

Климатические коэффициенты Г. Л. Зака. Канд. техн. наук Г. Л. Зак подвергнул анализу приближенную формулу проф. П. Ф. Горбачева для определения климатической постоянной (с постоянным коэффициентом α) и предложил применять разные коэффициенты для районов, находящихся в различных климатических условиях¹.

Как показало проведенное им сопоставление, населенные пункты, находящиеся в различных географических и климатических условиях, в ряде случаев имеют одно и то же среднегодовое количество осадков. Так, например, даже такие резко различающиеся по климатическим условиям города, как Баку и Акмолинск, имеют одну и ту же величину среднегодового количества осадков за 30 лет ($H=240$ мм). Поэтому принятие во всех случаях постоянной величины $\alpha = 0,046$ может привести к неправильным результатам.

На основе детального анализа материалов Геофизической обсерватории (более чем по 300 пунктам) и специальных работ проф. Э. Ю. Берга (по Европейской части СССР) Г. Л. Зак предложил применять следующие величины коэффициента α (табл. 15).

Для определения величины климатической постоянной местности μ , в зависимости от среднегодового количества осадков H с учетом поправочного коэффициента α , обычно пользуются таблицами, составленными Г. Л. Заком для населенных пунктов Европейской и Азиатской частей СССР.

Пример. Требуется определить, пользуясь приближенным методом проф. П. Ф. Горбачева, расчетные расходы на отдельных участках ливневой сети промышленного предприятия, расположенного в районе Воронежа.

Участок, на котором проектируется сеть, представляет собой площадку с небольшим равномерным уклоном.

Исходные данные для расчета сети приведены в гр. 1—8 табл. 16.

Допускаемый период однократного переполнения сети с учетом назначения и условий размещения объекта принят равным 1 году. Время поверхностной концентрации стока (до первого ливнеприемника) принято 3 мин.

Ввиду отсутствия детальных метеорологических данных (записей самопишущих приборов) о продолжительности и интенсивности ливней расчет сети производим по приближенному методу проф. П. Ф. Горбачева.

Согласно таблице (приложение I) среднегодовое количество осадков для Воронежа составляет $H = 528$ мм.

Для определения величины климатической постоянной с учетом поправочного коэффициента, предложенного Г. Л. Заком, находим по табл. 15 климатический коэффициент α для данного района, $\alpha = 0,0407$.

¹ Проф. П. Ф. Горбачевым установлена зависимость $\mu = 0,5 \rho$, где ρ — климатическая постоянная района, принимаемая в пределах 3,05—6,41.

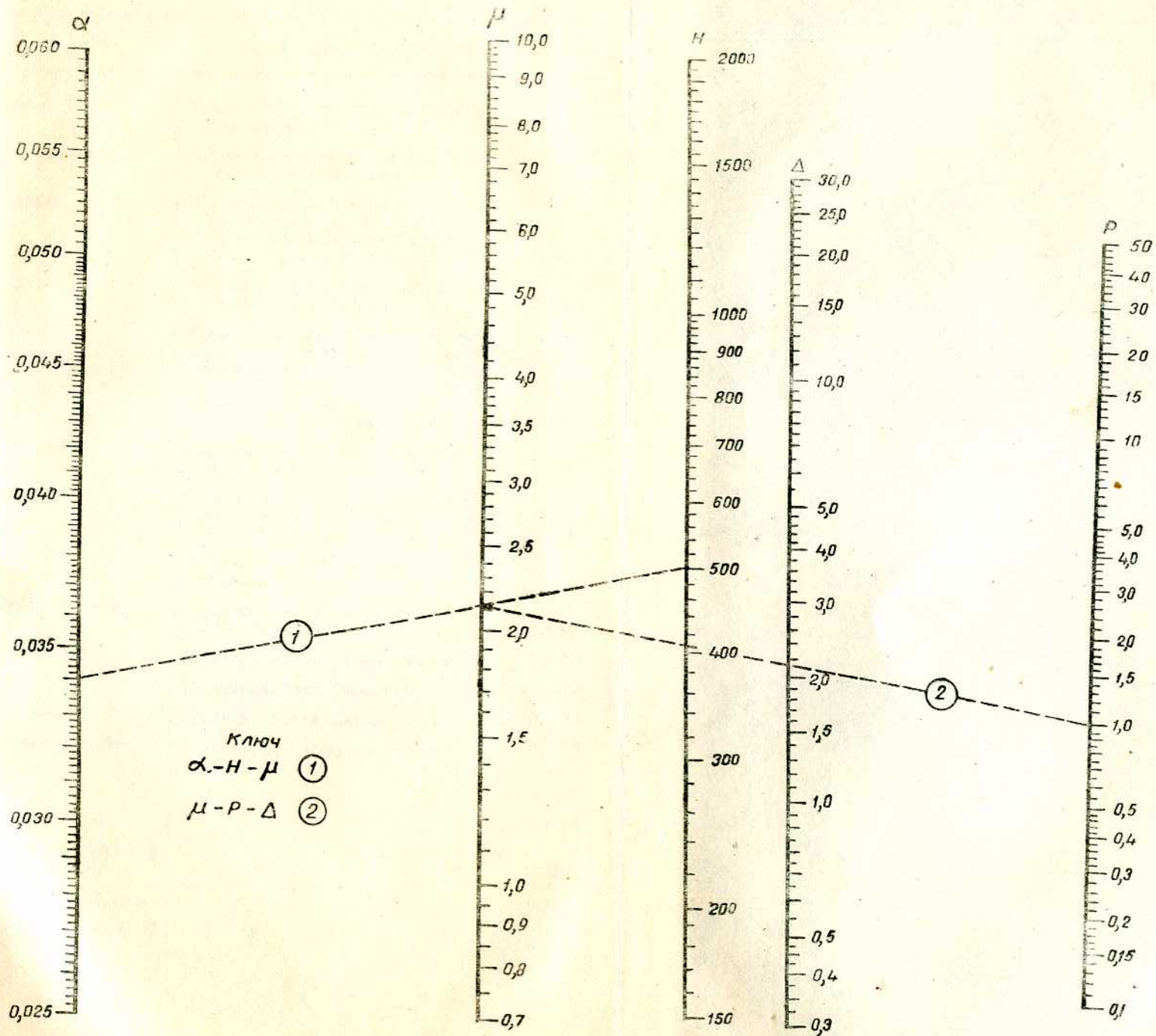


Рис. 25. Номограмма Л. Т. Абрамова для определения силы дождя

Зоны, края	Республики, области и пункты СССР	Климатический коэффициент
Северная	Архангельская, Олонецкая, Вологодская области	0,0253
Северо-западная	Ленинградская, Новгородская, Псковская, Витебская области	0,0315
Восточная	Кировская область, Татарская АССР, Ульяновская, Куйбышевская (северная часть) области, Башкирская АССР, Чкаловская область	0,0340
Западная	Минская, Волынская, Могилевская, Черниговская области	0,0384
Центральная	Калининская, Ярославская, Костромская, Смоленская, Московская, Владимирская, Горьковская, Калужская, Орловская, Тульская, Рязанская, Тамбовская, Пензенская, Курская, Воронежская области	0,0407
Юго-восточная	Саратовская, Куйбышевская (южная часть) области, Астрахань	0,0487
Юго-западная	Подольская, Киевская, Полтавская, Харьковская, Днепропетровская области, Молдавская ССР	0,044
Приазовская	Ростовская, Херсонская, Одесская области	0,046
Северо-Кавказская	Армавир, Минеральные воды, Грозный, Дзауджикау	0,0465
Прикаспийская	Махач-Кала, Баку, Красноводск	0,0290
Крым	Евпатория, Ялта, Феодосия	0,0395
Закавказье	Тбилиси, Ереван, Севан	0,0386
Черноморское побережье	Туапсе, Сочи, Сухуми, Батуми	0,0275
Урал		0,0365
Западная Сибирь		0,0333
Восточная Сибирь и Якутская АССР		0,0272
Дальневосточный край		0,0295
Среднеазиатская часть СССР		0,0271

№ участка	Длина участка в м	Площадь стока в натуре в га		Инженерная характеристика площади стока	Коэффициент стока ψ
		прилегающая к данному участку	притоков		
1	2	3	4	5	6
1—2	165	0,5	—	Незастроенная территория	0,20
—	—	1,0	—	Крыши зданий с внутренними водостоками	0,90
2—3	240	0,8	1,5	Бульжная мостовая	0,50
3—4	200	1,0	2,3	То же	0,55
4—5	200	1,5	4,8	Крыши зданий	0,95
		0,9		Бульжная мостовая	0,50
		0,2		Асфальтовая мостовая	0,80

Подставляя найденные значения H и α в формулу (19), определяем климатическую постоянную местности:

$$\mu = \alpha \sqrt[3]{H^2} = 0,0407 \sqrt[3]{528^2} \approx 2,67.$$

При принятом значении $P=1$ сила дождя Δ будет равна:

$$\Delta = \mu \sqrt[3]{P} = 2,67 \sqrt[3]{1} = 2,67.$$

Расчетная интенсивность определяется по формуле:

$$q = \frac{\Delta \cdot 166,7}{\sqrt{t}} = \frac{2,67 \cdot 166,7}{\sqrt{t}} = \frac{446}{\sqrt{t}},$$

где t — критическая продолжительность расчетного ливня

$$(t = t_1 + t_2).$$

Величину t_2 находим по формуле $t_2 = \frac{l}{v}$, для чего задаемся прибли-

женными скоростями протекания воды на рассматриваемом участке.

По найденным величинам q определяем расчетные расходы на отдельных участках сети по формуле:

$$Q = \psi q F,$$

где F — площадь бассейна стока, обслуживаемая данным участком сети, в га;

ψ — коэффициент стока.

¹ Величины μ и Δ для заданных условий могут быть получены и непосредственно из таблиц, составленных канд. техн. наук. Г. Л. Заком.

Данные гидрометеорологического расчета

Расчетная площадь стока в га		Предварительная скорость протока в м/мин	Критическая продолжительность			Расчетная техническая интенсивность q в л/сек с 1 га	Расчетный расход на участке в л/сек
прилегающая к данному участку	суммарная, обслуживаемая данным участком		t_2	$t = t_1 + t_2$	\sqrt{t}		
7	8	9	10	11	12	13	14
0,10							
0,95	1,05	50	3,3	6,3	2,5	178,7	187,6
0,40	1,45	60	4,0	10,3	3,2	138,6	200,4
0,50							
1,45	3,40	66	3,0	13,3	3,6	123,6	420,2
0,45							
0,15	4,00	72	2,7	16,0	4,0	111,5	446,0

После определения по полученным значениям расходов диаметров трубопроводов производим сопоставление соответствующих им скоростей с ранее принятыми приближенными. В случае значительного расхождения решаем задачу методом последовательного приближения.

Данные расчета сведены в таблицу (табл. 16 графы 7—14).

3. Метод ЛНИИКХ¹, Разработанный в ЛНИИКХ под руководством и при непосредственном участии проф. Н. Н. Белова графоаналитический метод расчета основан на детальной расшифровке лент самопишущих дождемеров и построении искусственных моделей ливней по частным интенсивностям.

Метод ЛНИИКХ получил широкое применение в нашей практике и согласно Н и ТУ-12-49 является одним из основных методов расчета при наличии записей автоматических приборов.

Основным достоинством этого метода является то, что он дает более высокую точность расчета по сравнению с другими методами, но пользование им требует весьма трудоемкой расшифровки исходных метеорологических данных.

На основе проведенных исследований и обработки гидрометеорологических сводок детально по каждому ливню проф. Н. Н. Белов пришел к выводу, что уменьшение расчетной интенсивности с увеличением периода критической продолжительности в действительности происходит более резко, чем это получается по формуле (7) проф. П. Ф. Горбачева. Поскольку же кривые выпадения осадков должны строго соответствовать местным метеорологическим условиям, расчетные формулы [в отличие от формулы (7)] могут иметь различные числовые значения показателя степени n .

¹ Ленинградский научно-исследовательский Институт Академии коммунального хозяйства им. Памфилова.

Таким образом, формула, предложенная проф. Н. Н. Беловым, получает вид:

$$q = \frac{A}{t^n},$$

где n — показатель степени переменного значения, принимаемый в пределах $0,6=0,8$. (0,55 до 0,75)

Основная формула предельных интенсивностей (7) с постоянным значением $n=0,5$ по сравнению с приведенной формулой дает расхождение в сторону увеличения значений q на 30—40%*.

Указанная формула выведена проф. Н. Н. Беловым путем графоаналитического метода расчета. По этому методу полученные при расшифровке ливнеграмм значения максимальных частных интенсивностей различной повторяемости для различных категорий продолжительностей наносят на логарифмическую сетку, откладывая по оси абсцисс продолжительность, а по оси ординат — соответствующие им интенсивности ливней. В этом случае отдельные ливни изображаются на сетке ломаными линиями, каждая из которых характеризует зависимость между интенсивностью и продолжительностью ливня определенной повторяемости (см. рис. 19). При этом для кратковременных ливней условно увеличивают продолжительность, что позволяет учитывать их наряду с другими расчетными ливнями.

Естественно, что общее число линий на логарифмической сетке будет соответствовать числу ливней, для которых определены максимальные значения частных интенсивностей. При этом чем выше расположена линия на сетке, тем более высокие значения интенсивностей она охватывает и тем реже возможность их превышения.

Таким образом, верхние точки на ординатах, относящиеся к определенным категориям продолжительностей, соответствуют ливням, не имевшим в течение рассматриваемого периода равных себе по интенсивности; точки, лежащие непосредственно под ними, — вторые, считая сверху, соответствуют ливням той же продолжительности, но уже однажды превышенным; третьи точки — ливням, которые были превышены дважды, и т. д.

Следовательно, на каждой ординате графика (если принять, что расчетные интенсивности отнесены к строго определенным интервалам времени) будет находиться ряд точек, каждая из которых соответствует интенсивности ливня определенной продолжительности из числа ливней, выпавших за рассматриваемый период времени.

По порядку расположения точек на ординате (считая сверху вниз) можно видеть, сколько в данном пункте за рассматриваемый

* Еще более значительные расхождения (до 200%) получаются при сравнении результатов, полученных по формуле (7), с результатами, полученными по формуле М. В. Молокова (метод ГГИ—ЛНИИКХ) и др.

мый период выпало ливней, интенсивность которых выше интенсивности ливней, представленных лежащими ниже точками.

Исходя из этого, можно определить искомые параметры A и n в расчетной формуле интенсивности для принятого периода однократного превышения расчетных интенсивностей (периода допускаемого переполнения сети). Для этого, установив расчетную величину периода переполнения P , вычисляют допускаемое число a превышений расчетных интенсивностей для данного периода наблюдений N по формуле:

$$a = \frac{N}{P}. \quad (22)$$

Очевидно, что число этих превышений будет соответствовать числу ливней, интенсивность которых будет выше расчетной.

Для нахождения искомых величин на каждой ординате, относящейся к данной продолжительности, отсчитывают сверху число линий (или точек, характеризующих ливни), соответствующее принятому периоду однократного превышения. Очевидно, что следующая за ними порядковая линия дает при пересечении на ординатах ряд точек, выражающих искомые расчетные интенсивности ливня, которые могут быть превышены за период наблюдений a раз.

Таким образом, выше каждой линии, являющейся как бы границей соответствующих интенсивностей, на графике будет находиться ряд точек, характеризующих ливни более высокой интенсивности.

Число этих точек показывает число возможных превышений расчетных интенсивностей за рассматриваемый период.

Следовательно, если период наблюдений (за который имеются метеорологические данные) составляет, например, $N=20$ лет, а период допускаемого переполнения принят $P=5$ лет, то число ливней, превышающих расчетный, составит:

$$a = \frac{N}{P} = 4.$$

В этом случае на графике отсчитывают на каждой ординате сверху 4 точки, лежащие на соответствующих порядковых линиях, тогда следующие за ними по порядку пятые точки уже будут выражать расчетные интенсивности ливня, принятого для данного однократного превышения $P=5$.

Соединяя все полученные таким образом точки расчетных интенсивностей, получают кривую, характеризующую по закону параболы изменение расчетных интенсивностей в зависимости от продолжительности ливней, имеющих данные интенсивности.

Аналитически эта кривая может быть представлена уравнением:

$$q = \frac{A}{t^n}.$$

Таким образом, формула, предложенная проф. Н. Н. Беловым, получает вид:

$$q = \frac{A}{t^n},$$

где n — показатель степени переменного значения, принимаемый в пределах $0,6=0,8$. (0,55 до 0,45)

Основная формула предельных интенсивностей (7) с постоянным значением $n=0,5$ по сравнению с приведенной формулой дает расхождение в сторону увеличения значений q на 30—40%*.

Указанная формула выведена проф. Н. Н. Беловым путем графоаналитического метода расчета. По этому методу полученные при расшифровке ливнеграмм значения максимальных частных интенсивностей различной повторяемости для различных категорий продолжительностей наносят на логарифмическую сетку, откладывая по оси абсцисс продолжительность, а по оси ординат — соответствующие им интенсивности ливней. В этом случае отдельные ливни изображаются на сетке ломаными линиями, каждая из которых характеризует зависимость между интенсивностью и продолжительностью ливня определенной повторяемости (см. рис. 19). При этом для кратковременных ливней условно увеличивают продолжительность, что позволяет учитывать их наряду с другими расчетными ливнями.

Естественно, что общее число линий на логарифмической сетке будет соответствовать числу ливней, для которых определены максимальные значения частных интенсивностей. При этом чем выше расположена линия на сетке, тем более высокие значения интенсивностей она охватывает и тем реже возможность их превышения.

Таким образом, верхние точки на ординатах, относящиеся к определенным категориям продолжительностей, соответствуют ливням, не имевшим в течение рассматриваемого периода равных себе по интенсивности; точки, лежащие непосредственно под ними, — вторые, считая сверху, соответствуют ливням той же продолжительности, но уже однажды превышенным; третьи точки — ливням, которые были превышены дважды, и т. д.

Следовательно, на каждой ординате графика (если принять, что расчетные интенсивности отнесены к строго определенным интервалам времени) будет находиться ряд точек, каждая из которых соответствует интенсивности ливня определенной продолжительности из числа ливней, выпавших за рассматриваемый период времени.

По порядку расположения точек на ординате (считая сверху вниз) можно видеть, сколько в данном пункте за рассматриваемый

* Еще более значительные расхождения (до 200%) получаются при сравнении результатов, полученных по формуле (7), с результатами, полученными по формуле М. В. Молокова (метод ГГИ—ЛНИИКХ) и др.

мый период выпало ливней, интенсивность которых выше интенсивности ливней, представленных лежащими ниже точками.

Исходя из этого, можно определить искомые параметры A и n в расчетной формуле интенсивности для принятого периода однократного превышения расчетных интенсивностей (периода допускаемого переполнения сети). Для этого, установив расчетную величину периода переполнения P , вычисляют допускаемое число a превышений расчетных интенсивностей для данного периода наблюдений N по формуле:

$$a = \frac{N}{P}. \quad (22)$$

Очевидно, что число этих превышений будет соответствовать числу ливней, интенсивность которых будет выше расчетной.

Для нахождения искомых величин на каждой ординате, относящейся к данной продолжительности, отсчитывают сверху число линий (или точек, характеризующих ливни), соответствующее принятому периоду однократного превышения. Очевидно, что следующая за ними порядковая линия дает при пересечении на ординатах ряд точек, выражающих искомые расчетные интенсивности ливня, которые могут быть превышены за период наблюдений a раз.

Таким образом, выше каждой линии, являющейся как бы границей соответствующих интенсивностей, на графике будет находиться ряд точек, характеризующих ливни более высокой интенсивности.

Число этих точек показывает число возможных превышений расчетных интенсивностей за рассматриваемый период.

Следовательно, если период наблюдений (за который имеются метеорологические данные) составляет, например, $N=20$ лет, а период допускаемого переполнения принят $P=5$ лет, то число ливней, превышающих расчетный, составит:

$$a = \frac{N}{P} = 4.$$

В этом случае на графике отсчитывают на каждой ординате сверху 4 точки, лежащие на соответствующих порядковых линиях, тогда следующие за ними по порядку пятые точки уже будут выражать расчетные интенсивности ливня, принятого для данного однократного превышения $P=5$.

Соединяя все полученные таким образом точки расчетных интенсивностей, получают кривую, характеризующую по закону параболы изменение расчетных интенсивностей в зависимости от продолжительности ливней, имеющих данные интенсивности.

Аналитически эта кривая может быть представлена уравнением:

$$q = \frac{A}{t^n}.$$

На логарифмической сетке искомая линия изображается прямой, вокруг которой группируются найденные точки и для которой ранее приведенное степенное уравнение после его логарифмирования преобразуется в уравнение:

$$\lg q = \lg A - n \lg t, \quad (23)$$

где n и A — постоянные величины для каждой линии на графике.

В итоге задача сводится к нанесению этой прямой на логарифмический график и к определению значений A и n .

Величина n равна тангенсу угла, характеризующего крутизну линии и наклон ее к горизонту.

Величина A является функцией периода однократного превышения и численно может быть выражена в виде технической интенсивности ливня продолжительностью $t=1$ мин. При этом с уменьшением величины P значение A также уменьшается. Проф. Н. Н. Белов выражает эту зависимость формулой:

$$A = \mu P^m, \quad (24)$$

где m — показатель степени, принимаемый в пределах 0,36—0,38 вместо постоянного значения $m=0,33$, принятого в соответствующей формуле проф. П. Ф. Горбачева;

μ — климатическая постоянная ($\mu \cdot 166,7$), принимаемая Н. Н. Беловым для Москвы $\mu = 705$ и для Ленинграда $\mu = 383$;

P — период однократного превышения расчетных интенсивностей или переполнения сети.

Следовательно, каждому периоду однократного превышения соответствует своя прямая на логарифмической сетке; построив ряд этих линий, можно определить искомые значения расчетных интенсивностей для того или иного периода переполнения.

Искомую прямую на логарифмической сетке в ряде случаев наносят на глаз (по способу «натянутой нити»).

Однако такой графический прием неточен и дает отклонение линии от оптимального ее положения; следовательно, и определенные расчетных параметров A и n таким методом будет неточным.

Между тем, как отмечает проф. Н. Н. Белов, увеличение крутизны линии влечет за собой повышение показателя степени n , что приводит к увеличению расчетных интенсивностей в верховьях сети и к уменьшению их в низовых участках. При искусственном уменьшении крутизны линии имеет место обратное явление.

Поэтому для определения A и n в ряде случаев пользуются более сложным, но более точным приемом так называемого линейного интерполирования по способу наименьших квадратов, применяя для этого формулы:

$$\lg A = \frac{\sum \lg q + n \sum \lg t}{m}, \quad (25)$$

$$n = \frac{\sum \lg q \sum \lg t - m \sum \lg q \lg t}{m \sum \lg^2 t - (\sum \lg t)^2}, \quad (26)$$

где m — число точек, по которым строится линия;

q и t — техническая интенсивность и продолжительность отдельных ливней (соответствующие названным точкам);

n — показатель степени при t .

После нанесения расчетной прямой на логарифмическую сетку по координатам характерных ее точек находят искомые параметры в основной расчетной формуле.

Метод ЛНИИКХ выгодно отличается от применявшихся ранее в практике графоаналитических методов расчета (проф. В. П. Чижова, Д. П. Рузского и др.), при которых выбор наклона прямой и расположение на логарифмической сетке носили произвольный характер, что влияло на точность получаемых результатов.

При отсутствии записей самопишущих приборов величины A и n могут быть найдены по картам изолиний, составленным ЛНИИКХ на основе обработки материалов о дождях, собранных Государственным гидрологическим институтом и ЛНИИКХ более чем по 150 метеорологическим станциям (см. ниже).

Следует указать, что ливни, которые представлены на логарифмической сетке линиями, расположенными выше соответствующих линий интенсивности (для принятого периода однократного превышения), т. е. имеющие интенсивности, повышенные по сравнению с расчетными, обычно называют «опасными ливнями» (по терминологии проф. П. Ф. Горбачева).

Проф. М. М. Протодьяконов¹ относит к «опасным ливням»:

а) ливни, продолжительность которых t больше или равна времени t_0 , необходимого для стока воды из самой отдаленной части бассейна, а интенсивность q которых больше или равна принятой расчетной интенсивности q_1 ;

б) ливни, продолжительность которых меньше времени t_0 , необходимого для стока воды, но общее количество даваемой ими воды qt превышает расчетное количество $q_1 t_0$.

В первом случае, когда $t > t_0$, площадь максимального стока охватывает весь бассейн и максимальный расход равен $Q_{\max} = Fq$.

Отсюда превышение расчетного расхода $Q = Fq_1$ будет иметь место, если $Fq > Fq_1$, или, иначе, если $q > q_1$.

Во втором случае, когда $t < t_0$, площадь одновременного стока равна $F \frac{t}{t_0}$.

В этих условиях превышение расчетного расхода может иметь место при

$$F \frac{t}{t_0} q > F q_1, \text{ т. е. при } \frac{t}{t_0} q > q_1$$

или

$$t q > t_0 q_1.$$

Пример. Определить величину расчетной интенсивности для участка сети заводской площадки, расположенной в районе Ленинграда.

Длина участка, величины предварительной скорости протекания воды и критической продолжительности принимаются те же, что в предыдущем примере (табл. 16, участок 4—5).

Расчетный период переполнения P принят равным 1 году.

¹ М. М. Протодьяконов, Теория стока поверхностных вод, Трансжелдориздат, 1932.

В данном случае ввиду наличия для рассматриваемого пункта детальных записей самопишущих приборов расчет производим по формуле:

$$q = \frac{A}{t^n}.$$

Согласно данным ЛНИИКХ, вычисленным для условий $P=1$, на основе расшифровки ливнеграмм городской метеорологической станции, $A=402$ и $n=0,64$.

Отсюда:

$$q = \frac{402}{t^{0,64}}.$$

При значении критической продолжительности $T=16$ мин. (см. табл. 16) расчетная интенсивность равна:

$$q = \frac{402}{5,9} = 78 \text{ л/сек с 1 га.}$$

Полученную величину целесообразно сопоставить с величиной расчетной интенсивности, получаемой по приближенному методу проф. П. Ф. Горбачева.

Расчетный среднегодовой слой осадков для Ленинграда $H=635$ мм. Значение климатической постоянной определяется по формуле:

$$\mu = 0,0315 \sqrt[3]{635^2} = 2,33.$$

Сила дождя при $P=1$ равна:

$$\Delta = \mu \sqrt[3]{P} = 2,33.$$

Отсюда величина расчетной интенсивности составит:

$$q = \frac{166,7 \Delta}{t^{0,5}} = \frac{388,4}{\sqrt{16}} = 97,1 \text{ л/сек.}$$

Таким образом, при расчете по приближенному методу получаем завышение значения расчетной интенсивности.

4. Метод ГГИ. Наряду с описанными выше методами расчета при проектировании ливневой канализации (особенно загородных бассейнов) применяется также метод Государственного гидрологического института¹, основанный на теории вероятности.

В основу этого метода положены результаты научной обработки большого количества метеорологических данных (десятки тысяч записей самопишущих дождемеров) и расшифровки частных интенсивностей для отдельных интервалов ливня продолжительностью 5 мин.

Для определения величины расчетной интенсивности Г. А. Алексеевым была предложена формула:

$$i = \frac{A + B \lg P}{(t+1)^n}, \quad (27)$$

¹ Метод разработан в ГГИ в 1938—1941 гг. научными сотрудниками Г. А. Алексеевым, З. П. Богомазовой и З. П. Петровой под общим руководством проф. Д. Л. Соколовского.

где i — максимальная (из средних) интенсивность ливня, выпадающего 1 раз в P лет, в мм/мин;

A — общий ливневой коэффициент¹ для данного географического пункта;

B — коэффициент, характеризующий повторяемость ливней в данном пункте (величины A и B вычислены ГГИ для большинства населенных пунктов Европейской части СССР и приведены в приложении 1);

P — число лет, в продолжение которых ливень данной интенсивности выпадает 1 раз; иначе — период переполнения сети;

t — продолжительность ливня в минутах;

n — показатель степени, характеризующий ход ливня.

По своей структуре приведенная формула сходна с формулой, применяемой для гидрологических расчетов. Предназначается она в основном для расчета поверхностного стока со значительных по площади загородных бассейнов, но Н и ТУ-12-49 разрешают применять ее и для наружной ливневой канализации закрытого типа. Однако для расчета последней эта формула почти не применяется, так как в основу ее были положены данные, характеризующие только ливневую часть дождя (в интервале продолжительности 5—20 мин.) с условно принятым значением P .

Пример. Определить величину расчетной интенсивности для случая, рассмотренного в предыдущем примере, пользуясь формулой (27) ГГИ².

Расчет обычно производят по ранее приведенной (несколько упрощенной) формуле, имеющей вид:

$$i = \frac{A + B \lg P}{t^n}.$$

Из этой формулы видно, что

$$i t^n = A + B \lg P,$$

а поскольку $i t^n = \Delta$, то приравняем:

$$A + B \lg P = \Delta. \quad (28)$$

По таблицам ГГИ (приложение 1) находим для Ленинграда значения $A=3,56$, $B=3,00$, а по карте изолиний (см. далее рис. 26) $n=0,64$.

¹ Было бы более правильным общий ливневой коэффициент обозначать через A' , поскольку через A обозначен основной параметр в расчетной формуле интенсивности.

² Расчет производится по ранее найденному значению критической продолжительности $t=16$ мин. (см. табл. 16).

Следует указать, что расчетную продолжительность ливня в формуле ГГИ определяют обычно по формуле З. П. Богомазовой:

$$t^n = A_1 + B_1 \lg P_1,$$

где A_1 и B_1 — постоянные параметры, вычисленные для ряда пунктов;

P_1 — число лет, в течение которых ливень данной продолжительности выпадает 1 раз (вероятность ливня данной продолжительности);

остальные обозначения приведены выше.

Подставляя эти значения, получаем:

$$\Delta = 3,56 + 3,00 \lg 1 = 3,56.$$

Отсюда, пользуясь основной формулой

$$q = \frac{A}{t^n} = \frac{\Delta \cdot 166,7}{t^n},$$

можно определить:

$$q = \frac{3,56 \cdot 166,7}{t^{0,64}} = \frac{593}{5,9} = 100 \text{ л/сек с 1 га.}$$

В данном случае также получаем увеличенное значение q против значения, получаемого при расчете по основному методу ЛНИИКХ.

5. Метод ЛНИИКХ-ГГИ. Этот метод представляет собой развитие основного метода ГГИ применительно к расчету ливневой канализации и в настоящее время широко применяется в расчетной практике¹.

Так же как и основной метод ГГИ, метод ЛНИИКХ-ГГИ не требует при проектировании детальной обработки данных по осадкам и расшифровки записей самопишущих приборов, что является одним из основных его достоинств.

При этом методе общая формула ЛНИИКХ:

$$q = \frac{A}{t^n}$$

принимает вид:

$$q = \frac{20^n q_{20} (1 + C \lg P)}{t^n}, \quad (29)$$

где C — параметр, представляющий собой отношение $\frac{B}{A}$;

n — показатель степени, характеризующий ход ливней и принимаемый в зависимости от географического положения объекта: для Европейской части СССР — в пределах от 0,50 (северо-запад) до 0,80 (юго-восток); по другим данным — от 0,55 до 0,72*;

$C \lg P$ — отношение искомой интенсивности с периодом однократного превышения P к интенсивности q_{20} с периодом однократного превышения $P=1$ (по Г. Г. Шигорину).

Параметр A в данном случае определяется из основной формулы ГГИ:

$$q = \frac{(A + B \lg P) 166,7}{(t + 1)^n},$$

¹ При площади бассейнов от 200 га и более может быть принята поправка η к интенсивности ливня, учитывающая неравномерность осадков по площади бассейна; η колеблется в пределах от 1,00 до 0,73 (для бассейнов в 2000 га).

* Величина n , как указывают проф. Д. Л. Соколовский и Г. А. Алексеев, с известным допущением может быть принята для всех пунктов постоянной и равной 0,67.

причем выражается он через техническую интенсивность ливня продолжительностью 20 мин. (q_{20}) при периоде допускаемого переполнения сети P , равной 1 году.

Величины C (по данным ГГИ) приведены в табл. 17.

Таблица 17

Районы	Величина C
Европейская территория СССР (за исключением северного побережья Черного моря, Крыма и Приуралья); Черноморское побережье Кавказа и Закавказье	0,85
Дальний Восток	0,90
Северное побережье Черного моря, Ростов-на-Дону, Северный Кавказ, Приуралье, западные склоны Урала, Сибирь	1,00
Средняя Азия	1,20
Западное побережье Каспийского моря	1,30
Крым	1,20—1,50

Величины n могут быть получены непосредственно с составленных для Европейской и Азиатской частей СССР карт изолиний, соединяющих пункты с одинаковыми значениями n . На тех же картах нанесены и изолинии q_{20} (рис. 26 и 27).

В настоящее время основной принцип способа предельных интенсивностей (расчет по критическим продолжительностям) используется также и при расчете элементов открытых водостоков и естественных русел (в особенности, при небольших бассейнах стока).

Относя эти случаи к общей, более сложной задаче — расчету разветвленных сетей, можно рассматривать методы ГГИ и ГГИ-ЛНИИКХ (основанные на этом принципе) в качестве комплексных методов расчета как поверхностного стока, так и закрытой сети ливневой канализации.

Пример. Для ранее рассчитанного по приближенному методу проф. П. Ф. Горбачева участка 4—5 (см. табл. 16) определить величину расчетного стока по формуле (29) ЛНИИКХ-ГГИ и произвести сравнение полученных в обоих случаях величин.

Пользуясь приведенной на рис. 26 картой изолиний q_{20} и n , находим приближенные их значения для Воронежа:

$$n = 0,7 \text{ и } q_{20} = 85.$$

При этих значениях и принятой величине однократного переполнения $P=1$ расчетная формула (29) получит вид:

$$q = \frac{20^n q_{20}}{t^n} = \frac{20^{0,7} \cdot 85}{t^{0,7}} = \frac{693}{t^{0,7}}.$$

Величина расчетной интенсивности для участка 4—5 составит:

$$q = \frac{693}{16^{0,7}} = 100 \text{ л/сек с 1 га.}$$



Рис. 26. Карта изолиний t и q_{20} для Европейской части СССР

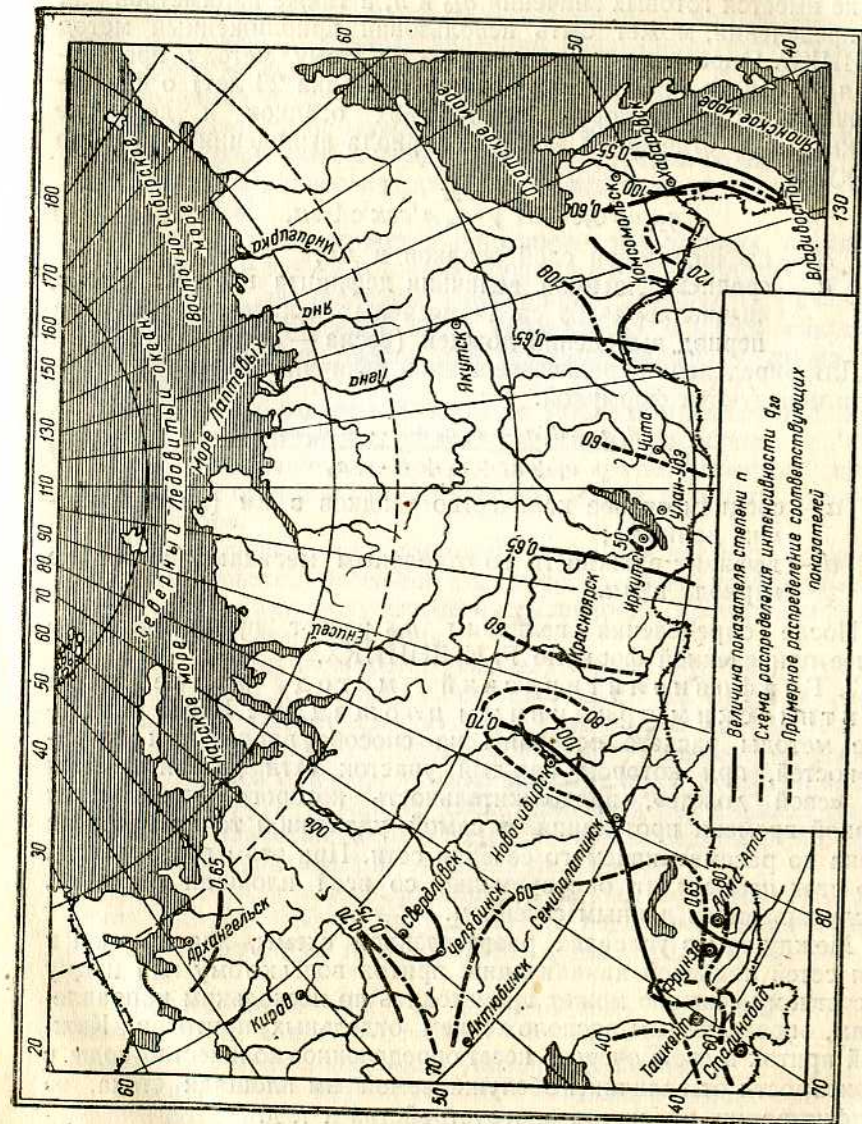


Рис. 27. Карта изолиний t и q_{20} для Азиатской части СССР

Таким образом, результаты, полученные по приближенной формуле проф. П. Ф. Горбачева (см. табл. 16), в данном случае примерно на 10% превышают результаты, получаемые по формуле ЛНИИКХ-ГГИ. В большинстве же случаев разница значительно выше.

6. Приближенный метод ЛНИИКХ. В тех случаях, когда не имеется готовых значений q_{20} и n , а также параметров для их определения, может быть использован приближенный метод ЛНИИКХ. Определение величины q_{20} по этому методу производится на основе многолетних данных (порядка 20 лет) о среднемесячных и среднегодовых количествах осадков и дефиците влажности по отдельным месяцам периода выпадения ливней по формуле:

$$q_{20} = 0,071 H \sqrt{d_b} \text{ л/сек с 1 га,} \quad (30)$$

где H — среднегодовой слой осадков в мм;

d_b — средневзвешенная величина дефицита влажности в мм, вычисляемая из среднемесячных количеств осадков за период выпадения дождей (весна — лето — осень).

Для определения средневзвешенной величины дефицита влажности пользуются формулой:

$$d_b = \frac{d_1 a_1 + d_2 a_2 + d_3 a_3 + \dots + d_n a_n}{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}, \quad (31)$$

где a — среднемесячное количество осадков в мм (по многолетним данным);

d — дефицит влажности по отдельным месяцам (за тот же период) в мм.

После определения величины q_{20} расчет производится по ранее приведенной формуле ГГИ-ЛНИИКХ.

7. Графоаналитический метод расчета по критическим приливным площадям¹. Ранее описанные методы расчета основаны на способе предельных интенсивностей, при котором каждый участок сети рассчитывается на «свой дождь», продолжительность которого принимается равной времени протекания от самой удаленной точки бассейна стока до рассматриваемого сечения сети. При этом принимается, что сток происходит одновременно со всей площади бассейна, обслуживаемого данным сечением.

Между тем в условиях разветвленной схемы, характерной и для сетей ливневой канализации, приток воды к тому или иному расчетному сечению может происходить по нескольким направлениям, определяемым расположением отдельных притоков. Каждый приток в свою очередь несет определенное количество воды в зависимости от величины обслуживаемой им площади стока, ее конфигурации, характера благоустройства и т. д.

¹ Метод расчета предложен инж. В. С. Надьсевым (Ленинградское отделение треста Госводоканалпроект Министерства коммунального хозяйства РСФСР) и дается в сокращенном изложении.

Время протекания воды (продолжительность) по различным направлениям определяется протяженностью сети, ее конфигурацией и гидравлическими условиями (уклоны, скорости и пр.). В то же время продолжительность ливня связана определенной зависимостью с его интенсивностью (увеличиваясь с уменьшением последней); поэтому для одного и того же расчетного сечения могут быть получены различные значения предельных интенсивностей.

В ряде случаев предельная интенсивность, полученная для данного сечения при расчете по притоку от самой удаленной точки, может оказаться не максимальной. Наоборот, максимальное ее значение может быть получено при поступлении воды с несколько меньшей по величине площади, с которой вода поступает в более короткий срок.

Чаще всего это может происходить в тех случаях, когда вода отводится с бассейна сложной конфигурации (например, при значительном и постепенном увеличении ширины территории по направлению к устьевой части коллектора) и когда максимальный расход имеет место при продолжительности ливня ниже критической.

Это явление может наблюдаться также при малом уклоне коллектора и значительных уклонах притоков (особенно при повышенных коэффициентах стока), когда кратковременный ливень, выпавший с большой интенсивностью, может дать скопление воды в коллекторе.

Можно привести ряд примеров, когда при поступлении воды с отдельных частей бассейна со значительными коэффициентами стока и уклонами полученные интенсивности превышали максимальную для всего бассейна.

На это еще в свое время указывали проф. д-р техн. наук А. А. Сурин, проф. Д. С. Черкес, канд. техн. наук Г. Л. Зак и др. Между тем, как показывает практика проектирования, при расчете ливневых сетей этому обстоятельству должного внимания не уделяют. В ряде случаев при определении максимальной нагрузки механически суммируют лежащие выше площади без анализа работы отдельных притоков, а расчетный ливень определяют на основе исчисленной критической продолжительности.

Более того, в отдельных случаях за счет произвольного удлинения или уменьшения протяженности водостока соответственно изменяют расчетную интенсивность, а тем самым и сечение коллектора.

Предложенный инж. В. С. Надьсевым графоаналитический метод расчета является одной из попыток уточнения расчета ливневых сетей применительно к указанным случаям.

В основу этого метода положен детальный анализ работы как самого коллектора, так и отдельных его притоков, создающих неравномерные сосредоточенные расходы в сети.

Расчет отдельных участков сети производится по так называемой критической приливной площади (откуда и название самого

метода), под которой понимается площадь, дающая при определенных условиях одновременный максимальный сток в расчетное сечение.

В силу ранее сказанного эта площадь может быть меньше всей площади, обслуживаемой данным участком сети, но соответствующий ей расчетный дождь характеризуется меньшей продолжительностью и тем самым более высокой интенсивностью.

Таким образом, максимальный расчетный расход в том или ином сечении уже не связывается с обслуживаемой им максимальной площадью стока (как это обычно принималось до сих пор), так как не исключены случаи, когда другая критическая приливная площадь может дать более значительный расход.

Отсюда можно сделать заключение, что суммарная приливная площадь отнюдь не характеризует собой максимального стока для определенного сечения.

Анализируя приток воды с отдельных участков бассейна к рассматриваемому сечению, инж. В. С. Надысев приходит к выводу о наличии полной зависимости между приливной площадью и временем протекания, поскольку каждую минуту к рассматриваемому сечению притекает количество воды, равное:

$$f = \frac{F_{\varphi}}{t_k}, \quad (32)$$

где f — так называемая одноминутная приливная площадь в *мин/га*;

F_{φ} — максимальная приливная площадь, равная площади бассейна, в *га*;

t_k — время протекания воды по участку коллектора, обслуживающего данную площадь, в минутах.

Следовательно, одноминутная приливная площадь представляет собой площадь, с которой сток воды произойдет за 1 мин. ливня; сумма всех одноминутных приливных площадей в данном случае будет равна максимальной приливной площади (общей площади бассейна).

Пользуясь методом графического построения стока воды по одноминутным приливным площадям, инж. В. С. Надысев произвел детальный анализ различных случаев поступления воды к расчетному сечению при ливнях разной продолжительности и на основе этого анализа (в дополнение к ранее описанным методам расчета) предложил формулу для определения расчетной приливной площади:

$$F'_i = \sum F_i + f(t_k - \sum t_i), \quad (33)$$

где $\sum F_i$ — сумма всех площадей стока (в *га*), время поступления воды с которых равно или меньше продолжительности расчетного ливня;

f — одноминутная приливная площадь в *га/мин* (для площади, принимаемой при расчете неполностью);

t_k — расчетная продолжительность ливня в минутах;

$\sum t_i$ — время протекания по расчетному участку коллектора в минутах.

Отношение критической приливной площади к общей площади бассейна, обслуживаемого данным участком сети, инж. В. С. Надысев выражает коэффициентом, названным им условно коэффициентом замедления стока.

Расчет по этому методу производят следующим образом:

1) по схеме определяют возможные направления притока воды к данному сечению, площади бассейна F_n , приходящиеся на отдельные участки сети, и коэффициенты стока;

2) для каждого из участков определяют соответствующие им одноминутные приливные площади f ;

3) задаваясь определенной скоростью движения воды, определяют время протекания воды t_k по отдельным ответвлениям;

4) определяют время протекания t_i по расчетному участку по формуле:

$$l_i : v = t_i;$$

5) производят последовательный анализ работы сетей, уложенных по различным направлениям;

6) устанавливают расчетную продолжительность ливня для рассматриваемого направления; при этом относящиеся к другим притокам площади, если продолжительность стока воды с них равна или меньше расчетной продолжительности ливня, суммируют, а если продолжительность стока больше расчетной продолжительности ливня, учитывают частично¹; для этого соответствующую одноминутную приливную площадь умножают на разность между расчетной продолжительностью ливня и временем протекания по рассматриваемому участку. Следовательно, площадь, с которой сток не успеет поступить в рассматриваемое сечение, можно также выразить формулой:

$$F_0 = f (\sum t_k - t_k), \quad (34)$$

где f — одноминутная приливная площадь участка, не вошедшего в одновременный сток;

$\sum t_k$ — время протекания воды от верховья сети до рассматриваемого сечения в минутах;

7) определив таким образом критическую приливную площадь по соответствующему ливню, находят расчетный расход в рассматриваемом сечении.

Описанный метод, несмотря на его сложность, представляет интерес, но должен быть проверен в условиях реального проектирования. Согласно решению санитарно-технической секции Уче-

¹ Это объясняется тем, что к моменту максимального стока эти участки дадут сток не со всей площади.

ного Совета ЛНИИКХ (от 10 июня 1948 г.), метод этот опубликован в печати в порядке обсуждения¹.

8. Формулы ЦИС НКПС и Союзтранспроект для расчета открытых водостоков. Для расчета загородных участков открытых водостоков (водоотводных и нагорных канав, водопропускных отверстий, выпусков и т. д.) применяется ряд формул. В целях унификации расчета этих устройств Главтранспроект и Гшосдором разработаны основные положения и на базе их единые (по своей структуре) нормы расчета стока для всех районов СССР. До издания этих норм при расчете элементов открытой сети можно пользоваться приближенными формулами для расчета поверхностного (открытого) стока.

Расчетный расход может быть определен по упрощенной формуле ЦИС НКПС (предложенной проф. М. М. Протодьяконовым), учитывающей размеры бассейна стока, его конфигурацию, впитывающую способность почвы и климатические условия района:

$$Q_{\text{расч}} = \frac{1}{n} C K \gamma F^{3/4}, \quad (35)$$

где $Q_{\text{расч}}$ — расчетный расход в $\text{м}^3/\text{сек}$;
 n — коэффициент, принимаемый в зависимости от типа сооружений; для водоотводных канав $n = 3,0$ (иногда и менее);
 C — коэффициент, зависящий от рельефа местности;
 K — климатический коэффициент;
 γ — коэффициент, учитывающий впитываемость почвы, принимаемый в пределах от 0,5 до 1,5;
 F — площадь бассейна стока в км^2 .

При проектировании принимают следующие величины C :

- а) для равнинных, а также слабо- и среднехолмистых бассейнов $C = 10$;
- б) для сильнохолмистых бассейнов $C = 15$;
- в) для слабогористых бассейнов $C = 20$;
- г) для сильногористых бассейнов $C = 25$.

Климатический коэффициент K определяется по формулам

$$K_1 = \frac{M_1}{33} \text{ и } K_2 = \frac{M_2}{66}, \quad (36)$$

где M_1 — среднесуточное количество осадков за многолетний период (не менее 15 лет); принимается по данным ближайших метеорологических станций;

M_2 — абсолютный суточный максимум за тот же период.

¹ В. С. Надъсев, Расчет дождевых и общесплавных канализаций по методу «критических приливных площадей», Ленинградское отделение Госводоканалпроекта, 1949.

При определении расчетного расхода принимается большее из значений K .

Для средней полосы СССР климатический коэффициент принимают равным 1,0.

Коэффициент γ обычно принимают:

- а) для слабовпитывающих грунтов (глины, жирные суглинки) $\gamma = 1,5 \div 1,3$;
- б) для средневпитывающих грунтов (суглинки и др.) $\gamma = 1,0$;
- в) для сильновпитывающих грунтов (пески, супеси и др.) $\gamma = 0,5$.

Чтобы обеспечить соответствие размеров канав расходу протекающей воды, трассу канавы разбивают на ряд расчетных участков длиной 250—300 м.

Для более точных расчетов можно применять формулу Союзтранспроект (1938 г.):

$$Q_{\text{расч}} = 16,67 (aK - i) \varphi F^*, \quad (37)$$

где a — расчетная интенсивность ливня для рассматриваемого климатического района в $\text{мм}/\text{мин}$;

i — расчетная интенсивность впитывания, определяемая на основе специальных опытов в полевых условиях в $\text{мм}/\text{мин}$;

φ — коэффициент одновременности стока, определяемый из отношения площади, с которой поступает вода, ко всей площади бассейна.

Расчетная интенсивность ливня в свою очередь определяется по формуле:

$$a = \frac{5K}{1 + 0,06t},$$

где $K = \frac{M}{33}$ (M — средний из годовых суточных максимумов осадков за длительный период наблюдений в мм);

t — соответствующая продолжительность ливня в мин.

При необходимости проверить, могут ли обеспечить принятые сечения нагорных канав (или других элементов открытой системы) сток талых вод, расчетный расход последних может быть определен по упрощенной формуле¹, предложенной проф. Д. Л. Соколовским:

$$Q_T = 0,28 d \psi \varphi F, \quad (38)$$

где Q_T — максимальный расход талых вод со всей площади бассейна стока в $\text{м}^3/\text{сек}$;

d — максимальная интенсивность снеготаяния в $\text{мм}/\text{час}$, определяемая по карте изолиний и принимаемая в пределах от 5 до 10 $\text{мм}/\text{час}$;

* В формуле (37) сохранены обозначения Союзтранспроект.

¹ Без учета лесного покрова и озер.

ψ — коэффициент стока, принимаемый обычно равным единице (сток по замерзшему покрову);

$\varphi = \frac{1}{(F+1)^{0,25}}$ — коэффициент, учитывающий неравномерность снеготаяния на площади стока (так называемый коэффициент редукции);

F — площадь бассейна стока в км².

Глава IV

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛИВНЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Ливневая канализация должна обеспечивать надлежащий прием поступающих в нее стоков и быстрое их удаление по наикратчайшему пути в естественные водоемы, талвеги или овраги.

Разрешение этой задачи осуществляется в соответствии с общими принципами проектирования канализационных систем.

В зависимости от местных условий устраиваются закрытая или открытая системы ливневой канализации.

Закрытая система состоит из следующих основных элементов:

- 1) ливнеприемников — специальных колодцев для приема воды с прилегающей территории;
- 2) коллекторов и сети трубопроводов со смотровыми колодцами для отвода воды, принятой ливнеприемниками;
- 3) выпусков (с оголовками) для сброса воды в естественные протоки;
- 4) специальных сооружений, необходимость устройства которых вызывается топографическими или другими местными условиями (перепады, быстротоки и др.).

Кроме того, в отдельных случаях устраиваются станции перекачки, уравнительные резервуары, сооружения для очистки воды до выпуска ее в водоем и пр.

Как правило, отвод ливневых вод осуществляется самотеком и только в отдельных случаях (при особо неблагоприятных условиях рельефа местности или по технико-экономическим соображениям¹) — по напорным трубопроводам. В последнем случае устраиваются станции перекачки с резервуарами.

При объединенной производственно-ливневой канализации устраивается ряд дополнительных сооружений в зависимости от специфических особенностей производства (приемники условно чистых производственных вод, местные установки для осветления стоков и т. д.).

¹ Для уменьшения кратковременных расчетных (пиковых) нагрузок, а следовательно, и размеров коллектора.

Типы и конструкции отдельных элементов системы закрытой ливневой канализации определяются размерами сооружений, характером обслуживаемого объекта и местными условиями.

Открытая система ливневой канализации состоит из лотков, юветов, канав и выпусков облегченной конструкции.

Общую схему ливневой канализации выбирают с учетом природных условий местности, характера планировки и степени благоустройства канализуемой территории, размещения и конструкций отдельных сооружений, технико-экономических соображений и санитарных требований.

Ливневые воды могут быть выпущены в водоем без очистки¹; поэтому ливневая сеть на территории населенных мест состоит обычно из ряда коллекторов с притоками и самостоятельными выпусками (рис. 28 и 29). С увеличением числа последних уменьшаются размеры коллекторов, что позволяет сократить затраты на строительство ливневой канализации.

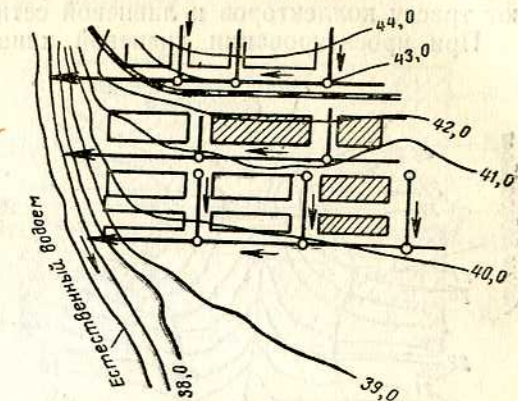


Рис. 28. Перпендикулярная схема ливневой канализации

Выбор того или другого варианта трассировки ливневой сети обуславливается технико-экономическими и санитарно-гигиеническими соображениями.

Проектирование ливневой канализации начинается с тщательного изучения схемы планировки канализуемого объекта, топографических условий местности и пр.

В первую очередь на плане в горизонта-

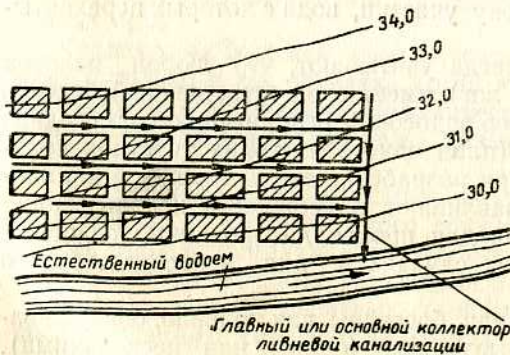


Рис. 29. Пересеченная схема ливневой канализации

¹ За исключением мест расположения водозаборов питьевого водоснабжения.

Для выделения основные тальвеги, естественные протоки и пониженные места и определяют тяготеющие к ним бассейны.

В зависимости от топографических условий местности, проекта вертикальной планировки и направления поверхностного стока канализуемую территорию разбивают на ряд бассейнов, обслуживаемых отдельными коллекторами. После этого намечают трассу коллекторов и ливневой сети.

При проектировании ливневой канализации на застроенных территориях приходится иметь дело, главным образом, с бассейнами стока, инженерная организация и границы которых определяются условиями застройки, искусственными сооружениями и принятой схемой вертикальной планировки.

К числу таких бассейнов относятся: площади стока отдельных кварталов, обслуживаемых прилегающей к ним уличной сетью; поверхности мостовых и

площадей, участки промышленных территорий, ограниченные железнодорожными путями или другими искусственными сооружениями, и т. д. Сюда же могут быть отнесены и имеющие естественный уклон в одну сторону участки, вода с которых перехватывается ливневой сетью.

При проектировании всегда учитывают, что любой водоток (река, ручей, овраг, сухой лог) имеет свой естественный бассейн стока, т. е. свою территорию водосбора, ограниченную от соседних бассейнов водоразделами (план одного из таких участков показан на рис. 30). Поэтому при разработке схемы ливневой канализации прежде всего устанавливают возможность использования тальвегов и логов бассейна для прокладки по ним основных коллекторов, а в отдельных случаях и для непосредственного сброса в них воды.

Значительные по площади бассейны, как правило, обслуживаются самостоятельными выпусками (одним или несколькими). Обычно считается более целесообразным устраивать ряд самостоятельных выпусков вместо одного централизованного.

Для определения количества воды, стекающей по тому или иному участку городской сети, обычно кварталы условно разбивают на отдельные скаты, по площади которых и вычисляют расчетных расход.

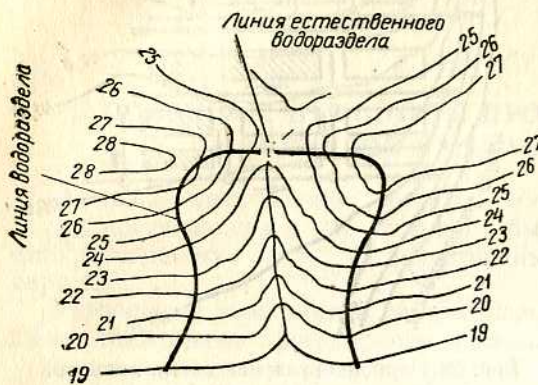


Рис. 30. Водосборный бассейн, ограниченный линией водораздела

При этом расчетные участки для городских территорий ограничивают осями улиц, а для промышленных площадок с нерезко выраженным рельефом — соседними ливнеприемниками, отдельными зданиями и т. д.

Выкопировка из плана города с показанием ливневой сети и разбивкой на бассейны стока приведена на рис. 31.

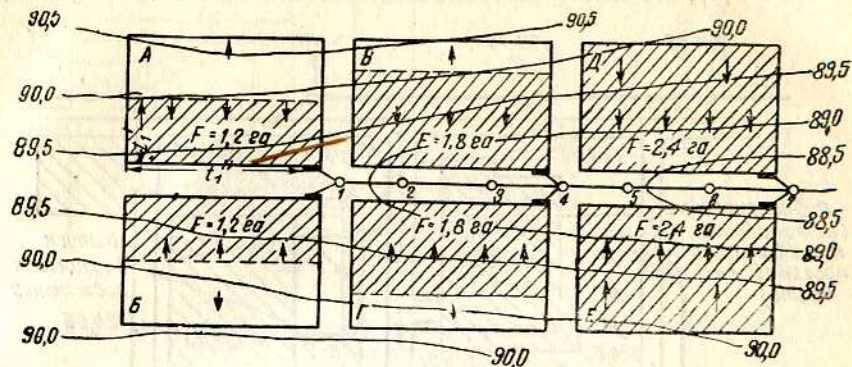


Рис. 31. План водосточной сети с показанием бассейнов стока

При трассировке ливневых сетей, как правило, придерживаются следующих основных принципов.

Главные и основные коллекторы (каналы) прокладывают по пониженным местам и обычно по основному тальвегу бассейна или вдоль естественного его русла. Это обеспечивает удобство присоединения к ним сборных коллекторов и уличных сетей, трассировку которых производят после того, как намечены основные коллекторы.

Коллекторы большей частью трассируют по улицам и проездам¹ и только в тех случаях, когда это необходимо по местным условиям или по технико-экономическим соображениям, прокладывают внутри кварталов (так называемая внутриквартальная прокладка).

В отдельных случаях, исходя из требований инженерного благоустройства и архитектурного оформления, в качестве главных коллекторов используют естественные русла и водотоки, которые в пределах застроенных территорий заключают в трубы.

При трассировке ливневых сетей следует учитывать назначение обслуживаемого ими участка (городская застройка, промышленная площадка, парковая территория и т. д.), его планировочную схему, размеры и конфигурацию кварталов, профиль и очертание дорог, схему уличной сети, надземное и подземное хозяйство,

¹ При назначении трассы основных коллекторов предпочтение должно быть отдано проездом с менее интенсивным движением транспорта и менее развитым подземным хозяйством.

размещение в плане и профиле трубопроводов другого назначения, ливнеприемников и т. д.

Схема водостоков на территории промышленной площадки показана на рис. 32.

При надлежащем размещении сетей в плане сводится к минимуму необходимость последующего разрытия траншей (при ремонте и пр.), что имеет особенно большое значение в тех случаях,

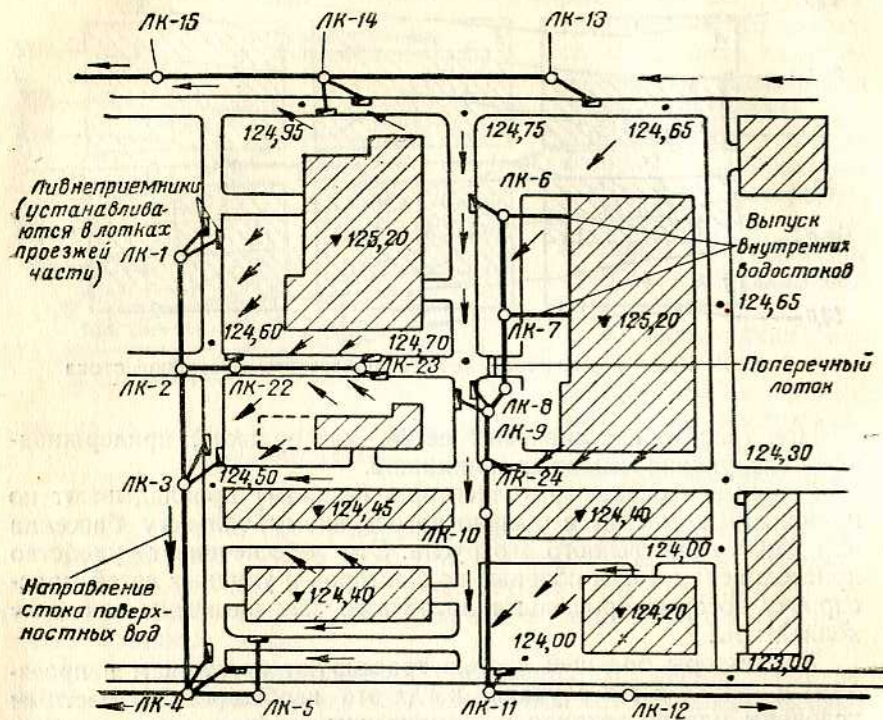


Рис. 32. Схема водоотведения и подземных водостоков на заводской площадке

когда сети прокладываются на участках с усовершенствованными мостовыми на бетонном основании. В настоящее время, как правило, осуществляется комплексное проектирование и строительство уличных мостовых и ливневой сети по совмещенному графику.

Наряду с разработкой проектов отдельных инженерных сетей (в границах предварительно отведенной им полосы) производится комплексное проектирование всего подземного хозяйства и уточняется размещение отдельных линий. Одновременно осуществляется координация ливневых сетей и привязка их к элементам улицы, зданиям, красным и осевым линиям и т. д.

Поперечный разрез городской улицы с указанием размещения инженерных сетей по вертикали приведен на рис. 33.

При устройстве подземных водостоков на существующих улицах принятое расположение трассы должно обеспечивать наибо-

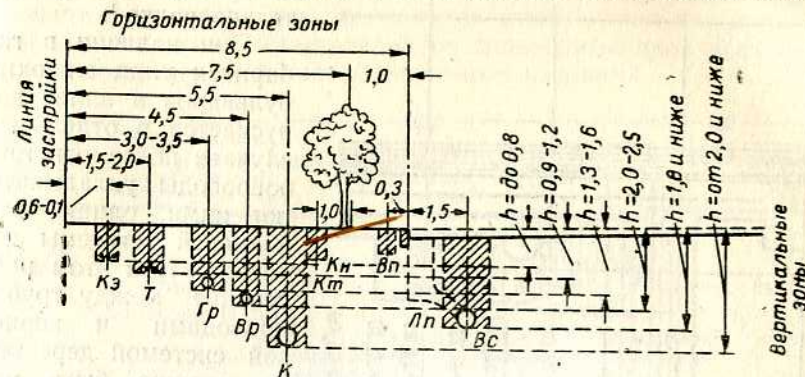


Рис. 33. Пример размещения инженерных сетей на городской магистрали

Кэ — электрокабели; Кн — кабели наружного освещения; Т — кабели телефонные; Гр — газопровод разводящий; Кт — кабели трамвайные; Лп — ливнеприемник; Вр — водопровод разводящий; К — канализация; Вп — водопровод поливочный; Вс — ливневой коллектор (водосток)

лее благоприятные условия для производства строительных работ и по возможности не нарушать условий уличного движения.

Прокладка подземных водостоков под полотном трамвайных путей (вдоль полотна) не допускается; в тех же случаях, когда водостоки уже проложены таким образом, они должны быть перенесены в другое место при реконструкции проездов.

Направление трассы водостоков по возможности должно совпадать с направлением уклона местности. При этом трубопроводы ливневой канализации должны иметь наикратчайшее протяжение и обслуживать возможно большую площадь бассейна.

Пересечение ливневой сети с другими сетями, коммуникациями и сооружениями осуществляется под прямым (или близким к прямому) углом.

Водосточные сети при поворотах и изломах улиц сохраняют основное их направление. Поворот трассы водостоков диаметром до 0,6 м осуществляется непосредственно в смотровых (так называемых поворотных) колодцах под углом не менее 90°.

Вдоль зданий трубопроводы ливневой канализации укладывают на расстоянии не менее 5—6 м от фундаментов (во избежание повреждения их при рытье траншей) вне призмы возможного обрушения грунта.

Обычно водостоки прокладывают под проезжей частью улиц. Практика эксплуатации показывает, что ремонт и смену водосточных коллекторов и боковых (поперечных) ответвлений приходится производить сравнительно редко¹.

При наличии в габаритах улиц широких бульваров и аллей допускается в отдельных случаях подземные трубопроводы укладывать под ними, однако вне корневой системы деревьев. При этом расстояние между трубопроводами и корневой системой деревьев не должно быть менее 1,5 м.

Ширину полосы, отводимой для ливневых сетей, принимают в зависимости от расположения соседних трубопроводов и размещения колодцев в плане; расстояние между осями смежных трубопроводов должно быть около 2 м.

Чтобы обеспечить удобство присоединения и уменьшить длину ответвлений от ливнеприемников, уличные сети следует располагать ближе к лоткам проезжей части улицы.

Схема расположения подземных коммуникаций приведена на рис. 34.

Число ливневых сетей, прокладываемых под улицами и проез-

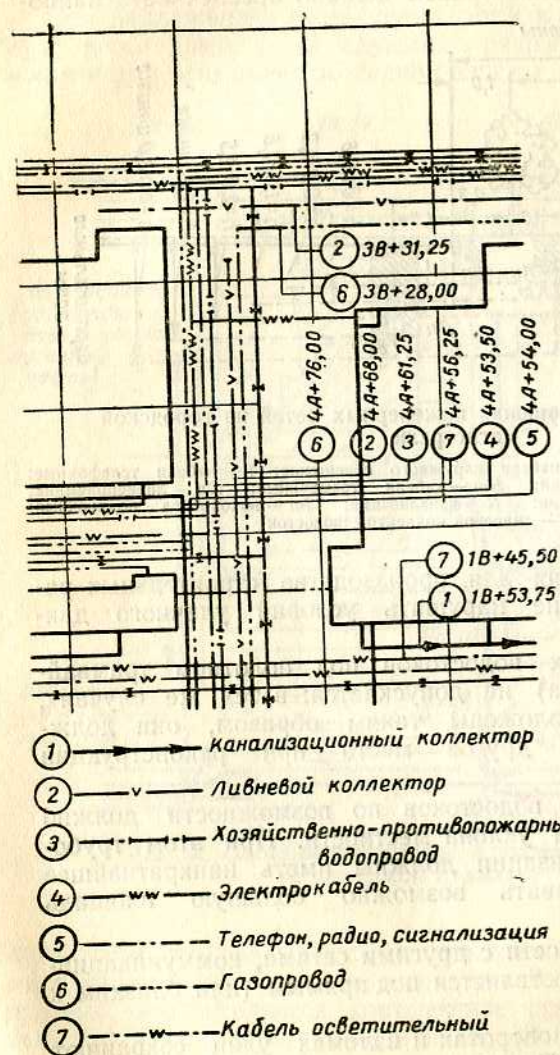


Рис. 34. Схема расположения подземных коммуникаций на заводской площадке

¹ Проф. А. Е. Страментов рекомендует располагать трубопроводы ливневой канализации в ряде случаев и под тротуарами на расстоянии не менее 7 м от красной линии, а также в полосе зеленых насаждений между тротуарами и проезжей частью улиц.

дами, зависит от поперечного профиля последних, характера застройки и наличия трамвайных путей. При ширине проездов 40 м и более (магистральные улицы, улицы с бульварными и т. д.) обычно оказывается целесообразным укладывать два параллельных коллектора (по обе стороны улицы¹), так как при этом уменьшается длина ответвлений от ливнеприемников и сводится к минимуму необходимость поперечных разрытий.

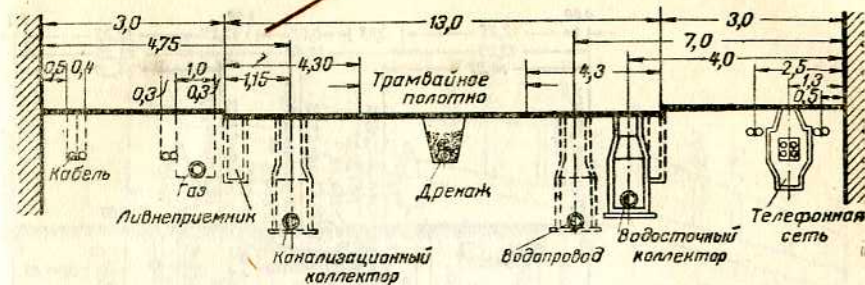


Рис. 35. Поперечный разрез городского проезда с указанием инженерных сетей

Прилегающие к улице кварталы с обратным или нулевым уклонами оборудуются внутриквартальной подземной сетью с выпуском в уличный коллектор.

Внутриквартальную сеть можно устраивать и в тех случаях, когда по условиям благоустройства не допускается сток воды с территории кварталов через тротуары, хотя уклоны участка и обеспечивают сток воды в уличные лотки.

Для того чтобы предотвратить последующую раскопку траншей и обеспечить бесперебойный доступ к трубопроводам и коммуникациям, последние в крупных городах со сложным подземным хозяйством прокладывают в специальных проходных туннелях; в отдельных случаях (при неблагоприятных грунтовых условиях, одинаковых отметках и т. п.) предусматривают возможность прокладки в этих же туннелях и подземных водостоков.

Однако, как правило, сеть ливневой канализации (ввиду значительных ее габаритов и глубины заложения, а также наличия уклона) укладывается непосредственно в земле параллельно туннелю.

Поперечный разрез городского проезда с указанием размещения инженерных сетей приведен на рис. 35.

Размещение ливневых сетей на промышленных площадках определяется расположением зданий с внутренними водостоками, схемой дорожной и транспортной сети, размещением подземных коммуникаций, трубопроводов и сооружений, местоположением выпусков условно чистых вод и т. д.

¹ В этих случаях иногда укладывают один коллектор по середине проезда.

Крупные промышленные площадки, как правило, оборудуются подземной сетью ливневой канализации; только на территории складского хозяйства и подсобных зданий (с неразвитым путевым хозяйством) устраиваются открытые водостоки.

Поперечный разрез заводского проезда, с указанием размещения инженерных сетей приведен на рис. 36.

Водосточные каналы, лотки и кюветы (открытые водостоки)

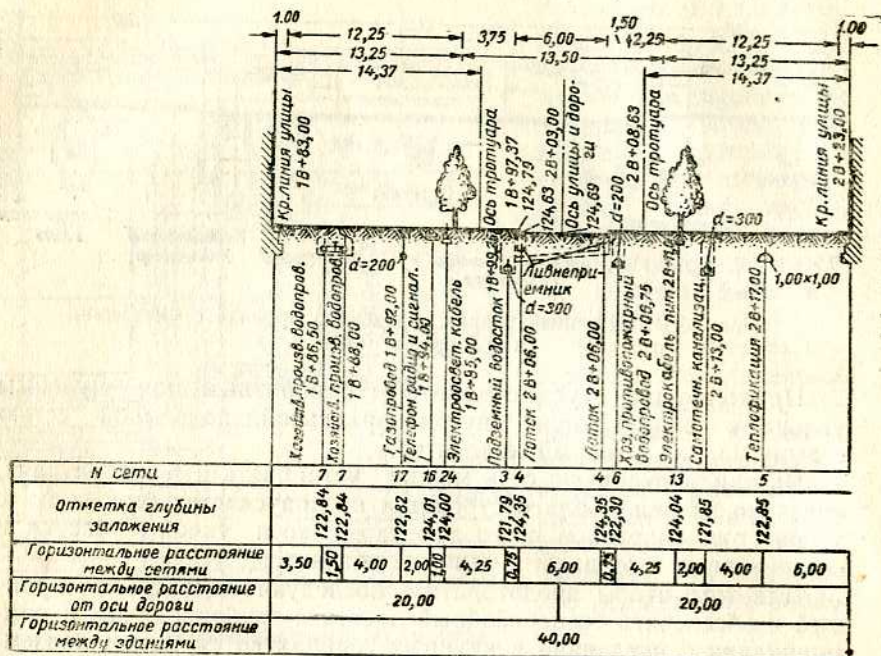


Рис. 36. Поперечный разрез заводского проезда

должны проходить от зданий на расстоянии, гарантирующем последние от осадки.

В необходимых местах по трассе канав, лотков и кюветов устраивают переходные и переездные мостики с перилами и бортовыми досками.

При трассировке начальных участков ливневой сети следует стремиться к максимальному использованию уличных лотков, что позволяет уменьшить протяженность подземных трубопроводов.

Трасса ливневой сети должна быть запроектирована с учетом последующего развития и благоустройства обслуживаемой территории. При этом по технико-экономическим соображениям и условиям очередности (разные для I и II очереди значения Z и P , неполный охват территории и т. д.) может оказаться целесообразным вместо прокладки одного коллектора крупного диаметра (от

800 мм и более) осуществить последовательную укладку двух коллекторов меньшего диаметра.

Весьма эффективным мероприятием является кольцевание отдельных участков сети при помощи специальных соединительных трубопроводов (перемычек), устройство которых обеспечивает бесперебойную работу ливневой сети при аварии и закупорке отдельных участков.

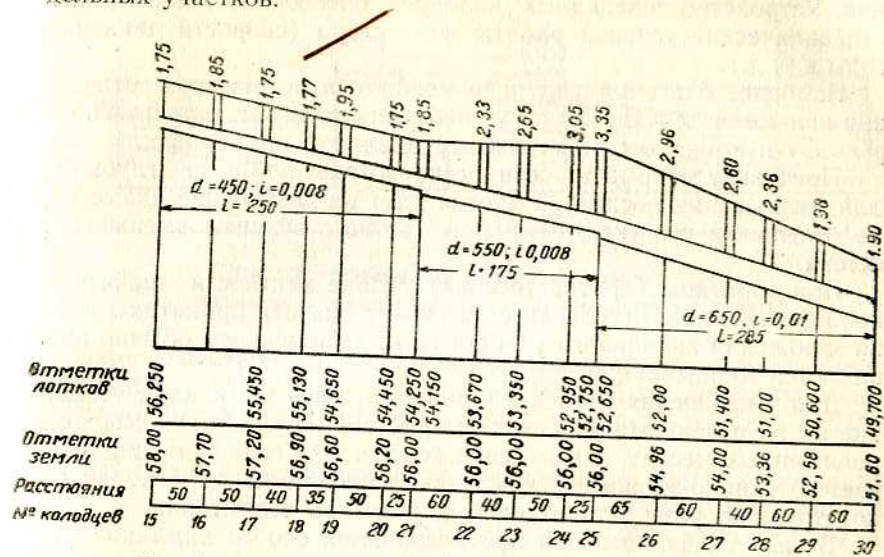


Рис. 37. Продольный профиль сети ливневой канализации

Диаметр перемычек по данным ЛНИИХ принимается равным диаметру меньшего соединяемого участка, а уклон осуществляется в сторону наиболее глубоко уложенного.

Стоимость ливневой канализации в основном определяется стоимостью ее подземной сети и в первую очередь глубиной ее заложения. Поэтому особое внимание при проектировании должно быть уделено размещению сетей по вертикали (построению их профилей). На предварительных стадиях проектирования профили поверхности земли (по трассе) составляют по планам в горизонталях с отметками вертикальной планировки, а на стадии технического проекта и рабочих чертежей — по материалам натурной съемки и нивелировки. Под каждым профилем наносят план линии трассы с показанием всех ее поворотов и привязок к геодезическим реперам и красным или осевым линиям застройки.

Профиль сети ливневой канализации показан на рис. 37.

Глубину заложения и уклоны трубопровода назначают в зависимости от рельефа местности. В тех случаях, когда уклон местности примерно совпадает с уклоном трубопровода, профиль сети по своему начертанию соответствует профилю поверхности земли.

При плоском рельефе уклоны сети назначают с таким расчетом, чтобы обеспечить надлежащие гидравлические условия в трубопроводе. При этом стремятся к такому заложению сети, чтобы скорости движения жидкости постепенно нарастали.

При резком падении местности на сети устраивают перепадные колодцы, размещаемые в последнем пролете присоединяемой линии. Устройство перепадных колодцев обеспечивает нормальные гидравлические условия работы коллектора (скорости движения воды и т. д.).

Наиболее благоприятными в технико-экономическом отношении являются случаи, когда уклоны сети следуют естественному рельефу и принятым отметкам вертикальной планировки.

Поскольку стоимость сети резко возрастает с ее глубиной, для уменьшения последней иногда идут на увеличение диаметров на отдельных участках сети при соответствующем уменьшении уклона.

При обратном (против течения) уклоне местности значительное влияние на заглубление сети может оказать принятая глубина заложения начального участка сети; величина эта обычно принимается минимальной.

Для уменьшения глубины заложения сетей применяют утепление их на отдельных участках, устройство насыпей и подсыпок в пониженных местах, а в отдельных случаях, если это оправдывается технико-экономическими соображениями, производят реконструкцию улиц или отдельных участков территории.

В силу сказанного при проектировании особое внимание уделяют установлению оптимальной глубины заложения ливневой сети и особенно начальных ее участков, определяющих последующее заглубление.

Глубину заложения труб устанавливают в зависимости от местных климатических и гидрогеологических условий, глубины промерзания грунта, размеров трубопроводов и приходящихся на них нагрузок (статических и динамических). Наряду с этим учитывают последующее развитие сетей и возможность присоединения к ним.

При плоском рельефе местности в ряде случаев оказывается целесообразным уменьшать глубину заложения начальных участков водостоков и надлежащим образом их изолировать.

Укладку сетей выше нормальной глубины заложения производят, кроме того, при тяжелых гидрогеологических условиях (значительный приток грунтовых вод, болотистые почвы, скалистые грунты, естественные препятствия и т. д.).

Согласно Н и ТУ-12-49 при проектировании канализационных сетей (хозяйственно-фекальных и производственных) принимают следующие наименьшие глубины заложения, считая от поверхности земли до верха труб (без утепления):

а) для труб диаметром 600 мм (включительно) — на 0,3 м выше глубины промерзания грунта, но не менее 1,0 м;

б) для труб больших диаметров — на 0,5 м выше глубины промерзания грунта, но не менее 1,0 м.

Ввиду отсутствия официальных нормативов, регламентирующих глубину заложения ливневых сетей, приведенными выше данными пользуются и при проектировании ливневой канализации,

Наименьшая глубина заложения ливневых сетей колеблется в пределах от 1,5 до 1,0 м.

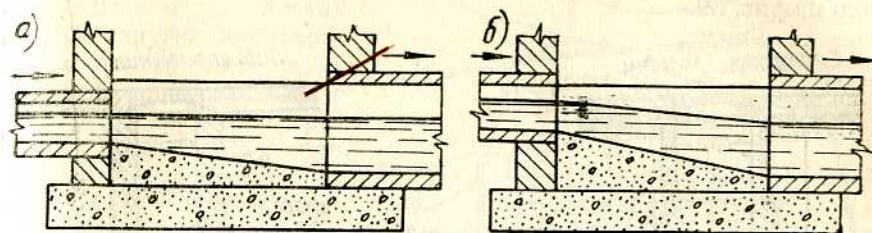


Рис. 38. Возможные виды соединения труб

а — соединение по уровням воды; б — соединение «шельга в шельгу»*

При проектировании величину начального заложения обычно принимают: для южных районов — 1,0—1,25 м, для центральной полосы Союза — 1,5—1,8 м и для северных районов — 2,0 м и более.

Для улиц с интенсивным движением транспорта, а также для заводских проездов, где не исключено повреждение труб под действием подвижных нагрузок, требуется особо строгий подход к назначению глубины заложения.

Для того чтобы избежать образования подпоров в вышележащих участках сети, соединение труб в колодцах производят двумя способами: по уровням воды и «шельга в шельгу» (рис. 38). В первом случае поверхность зеркала воды в соединяемых трубах при расчетном наполнении должна находиться на одном уровне, а во втором случае должны совпадать верхние образующие трубы (шельги)².

Соединение «шельга в шельгу» обеспечивает лучшие гидравлические условия работы трубопровода и больше отвечает условиям полного наполнения труб, которое обычно имеет место в ливневой сети.

Присоединение к коллекторам отводных линий от ливнеприемников и выпусков внутриквартальной сети производят также «шельга в шельгу» или же к средней трети трубы большого диаметра.

¹ Как показала практика эксплуатации, фактическая глубина промерзания грунтов значительно меньше обычно принимаемой при расчете; вследствие этого приведенные нормативы нуждаются в пересмотре.

² При этом соединении осевая линия трубы меньшего диаметра D_1 должна находиться выше осевой линии трубы большего диаметра D на 0,5 ($D-D_1$).

Обязательным условием рационального сопряжения труб является равномерное понижение лотка в соединительном колодце в сторону отводной трубы.

Боковые линии (ветки от ливнеприемников и выпуски внутренней сети) присоединяют к смотровым колодцам под углом (между осями соединяемых труб) не менее 90° .

Присоединение ливнеприемника к смотровому колодцу показано на рис. 39.

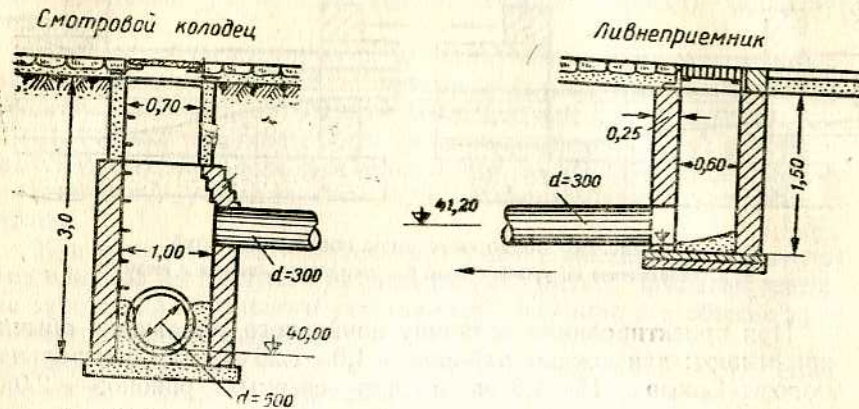


Рис. 39. Присоединение ливнеприемника к смотровому колодцу

Чтобы предупредить сток ливневых и талых вод с незастроенных территорий на поверхность канализуемого бассейна, последний ограждают с верхней стороны нагорной канавой (рис. 40), по которой ливневые воды отводятся в естественные протоки в обход коллектора. В этом случае обеспечивается обслуживание подземной ливневой сетью только застроенных участков территории и не требуется непроизводительного увеличения диаметра коллекторов. Вообще же устройство нагорных канав экономически целесообразно лишь при ширине обслуживаемой ими территории 150 м и более.

При проектировании ливневой канализации для объектов, расположенных в специфических природных условиях (районы с постоянной отрицательной температурой, с макропористыми просадочными грунтами, сейсмические и оползневые районы и т. д.), должны быть соблюдены все действующие положения по строительству на этих участках. При проектировании ливневой канализации в сейсмических районах (с сейсмичностью от 8 баллов и выше) особое внимание должно быть уделено инженерно-геологическим условиям.

Канализационные сети в этих районах следует располагать ближе к середине улиц и проездов. Вместо прокладки одного коллектора крупных размеров рекомендуется прокладывать два кол-

лектора меньших диаметров, что обеспечивает большую надежность работы сети.

В районах с макропористыми просадочными грунтами керамические трубы применяются диаметром не более 400 мм, причем в ряде случаев их прокладывают в лотках (или других предохранительных оболочках) на расстоянии не менее 10 м от наружной грани фундамента; при этом через каждые 20 м устраивают контрольные колодцы. На менее ответственных участках допускается укладка труб на дренажном слое щебня (с отводом воды из него в контрольные колодцы), но при условии, что расстояние до фундаментов будет не менее 20 м. Железобетонные трубы прокладывают на расстоянии не менее 6—8 м от зданий преимущественно с нижней стороны, по склонам и тальвегам.

В оползневых районах, где, как правило, осуществляется раздельная система канализации, ливневую сеть проектируют в общем комплексе с противооползневыми мероприятиями, причем особое внимание обращают на тщательность заделки стыков и водонепроницаемость сети. Трассу сетей в таких районах намечают вдоль горизонталей, так как сети следует прокладывать в обход оползней.

Глава V

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЛИВНЕВОЙ СЕТИ

1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАСЧЕТА

Гидравлический расчет ливневой сети заключается в определении поперечных сечений отдельных ее участков¹ для пропуска через них максимальных расчетных (секундных) расходов воды.

¹ Отдельными участками (расчетными) считаются участки трубопровода, имеющие на всем своем протяжении один и тот же расчетный расход, уклон и сечение.

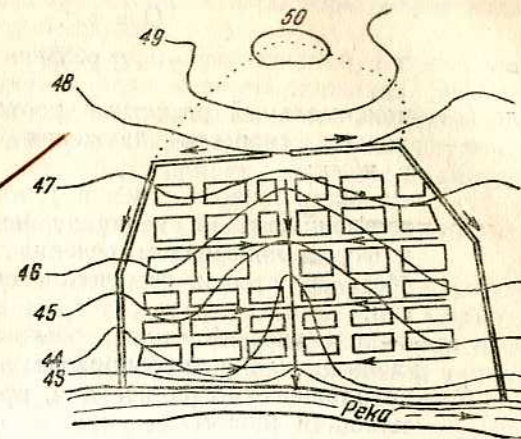


Рис. 40. Схема водосточной сети и нагорных канав

Поперечные сечения трубопроводов ливневой сети определяются по следующим основным формулам гидравлики трубопроводов:

$$Q = \omega v, \quad (39)$$

$$v = C \sqrt{RI}. \quad (40)$$

где Q — максимальный расчетный расход воды в $\text{м}^3/\text{сек}$;
 v — средняя скорость движения воды в трубопроводе в $\text{м}/\text{сек}$;

ω — площадь живого сечения трубопровода в м^2 ;

C — коэффициент, на величину которого влияют размеры и форма поперечного сечения трубопровода, шероховатость его стенок, физические свойства и состав жидкости;

I — гидравлический уклон, обычно принимаемый условно равным уклону трубопровода;

R — гидравлический радиус в м , представляющий отношение площади живого сечения ω к смоченному периметру

$$R = \frac{\omega}{p}.$$

В основу формул, применяемых для расчета канализационных самотечных сетей, положены законы равномерного установившегося движения жидкости. Однако это является некоторым допущением, так как фактически в этих сетях происходит неравномерное движение при неустановившемся режиме. Объясняется это периодическим поступлением жидкости в сеть и постепенным нарастанием ее расхода, а также наполнения труб по времени. Обращение подпором на отдельных участках сети в свою очередь способствует созданию неравномерного режима движения жидкости. Вследствие всего этого фактическое время протекания больше, чем исчисленное с учетом равномерного движения.

Следует отметить, что в свое время профессорами В. Г. Лобачевым, Д. П. Рузским и другими нашими учеными были предложены методы расчета канализационных сетей, разработанные с учетом неустановившегося характера движения жидкости. Однако из-за сложности явлений, происходящих в канализационных сетях при транспортировании по ним стоков, и недостаточно изученного влияния самих конструктивных элементов сети (плавности переходов, конструкции узлов и сопряжений и т. д.) на режим движения эти методы практического применения не нашли.

С вопросом о режиме движения жидкости непосредственно связан и вопрос о емкости ливневой сети. Как уже указывалось, характерный для канализационных сетей неравномерный режим движения жидкости объясняется также постепенным нарастанием в них расхода и неравномерным заполнением труб вследствие переменной скорости протекания (увеличивающейся за счет предварительного заполнения трубопровода).

В ливневых сетях эта зависимость выделяется еще больше, так как в данном случае происходит наполнение сетей или незаполненных, или же заполненных небольшим количеством условно чистых вод; таким образом, происходит как бы торможение воды и аккумулярование ее в трубопроводе.

В этих условиях фактическое время протекания будет несколько больше принятого с учетом равномерного движения. Это обстоятельство имеет большое технико-экономическое значение, так как при увеличении времени протекания расчетный расход уменьшается и, следовательно, могут быть приняты меньшие диаметры трубопроводов.

В свою очередь учет емкости сети позволяет приблизить расчетный режим движения жидкости к фактическому.

Для определения влияния емкости сети на величину расчетной интенсивности q обычно пользуются методом проф. А. А. Сурина. Согласно этому методу в формулу расчетной интенсивности вводится поправочный коэффициент и выражение расчетной интенсивности принимает вид:

$$q = \frac{A}{(t_1 + K_e t_2)^n}, \quad (41)$$

где K_e — поправочный коэффициент, учитывающий емкость сети и принимаемый в пределах от 1,10 до 1,20 (большие значения для средних и низовых участков сети).

В этом случае расчетный расход в любом сечении трубопровода ливневой сети может быть найден из формулы¹:

$$Q_{\text{расч}} = \psi q F = \psi \frac{A}{t^n} F = \psi \frac{A}{(t_1 + K_e t_2)^n} F = q_{\text{расч}} F, \quad (42)$$

где F — площадь стока в га ;

$$\frac{\psi A}{(t_1 + K_e t_2)^n} = q_{\text{расч}} \quad \text{— удельный расход (величина стока)}$$

в $\text{л}/\text{сек}$ с 1 га при времени концентрации $t_1 + K_e t_2$ и коэффициенте стока ψ .

После того как найдено значение $q_{\text{расч}}$ и приняты величины наполнения и уклона трубопровода, определяется сечение (диаметр) труб.

¹ Расчет значительно упрощается при пользовании специальными вспомогательными таблицами и графиками, например, по типу предложенных ЛНИИКХ. В этом случае расход на каждом участке может быть найден по таблицам готовых значений удельного расхода $q_{\text{расч}}$, отвечающего продолжительности 5 мин. (времени поверхностной концентрации) путем умножения его на соответствующую площадь стока (с $Z_{\text{сн}}$) и на коэффициент уменьшения интенсивности в зависимости от расчетного времени стока t , также приведенный в таблице.

При этом в большинстве случаев сеть рассчитывают на сосредоточенные расходы воды, поступающие в сборный коллектор из обслуживаемых им боковых коллекторов, ответвлений от ливнеприемников, выпусков внутренней ливневой канализации и т. п., и таким образом устанавливают расчетные участки трубопроводов.

Как уже было отмечено выше, в сеть ливневой канализации наряду с атмосферными осадками могут поступать и другие категории вод. В тех случаях, когда количество этих вод значительно, его следует учитывать при определении суммарного расчетного расхода.

Прежде всего это относится к сточным водам из системы производственно-ливневой канализации, так как сброс ливневых и условно чистых вод может происходить одновременно.

Расчетный расход условно чистых вод принимают по технологическому заданию.

В тех случаях, когда количество ливневых вод во много раз превышает расход условно чистых вод, последний при расчете ливневой сети обычно не учитывается.

При поверочном гидравлическом расчете отдельных участков сети в ряде случаев необходимо учитывать также расход воды на поливку улиц и проездов, а иногда и расход талых вод.

Количество поливочных вод определяют, исходя из размера обслуживаемой площади, степени ее благоустройства и климатических условий местности.

Гидравлический расчет закрытой (подземной) сети ливневой канализации в зависимости от характера движения воды в трубопроводе (самотечного, напорного) производится:

- а) обычным методом, принятым для расчета самотечных сетей при полном или близком к полному заполнении;
- б) методом, учитывающим напорный режим в трубопроводе.

2. РАСЧЕТ САМОТЕЧНОЙ ЛИВНЕВОЙ СЕТИ

Определение коэффициента C при расчете ливневых сетей в настоящее время производится по формуле акад. Н. Н. Павловского:

$$C = \frac{1}{n} R^y, \quad (43)$$

где y — показатель степени, определяемый по формуле:

$$y = 2,5 \sqrt{n} - 0,13 - 0,75 \sqrt{R} (\sqrt{n} - 0,10);$$

n — коэффициент шероховатости, зависящий от состояния внутренних стенок трубопровода и физических свойств жидкости;

R — гидравлический радиус в м.

Как указывает канд. Н. Н. Павловский, приведенную выше сложную формулу для определения переменного значения y можно заменить двумя простыми выражениями:

$$\text{при } R < 1,0 \text{ м } \quad y \approx 1,5 \sqrt{n};$$

$$\text{при } R > 1,0 \text{ м } \quad y \approx 1,3 \sqrt{n}.$$

При значениях гидравлического радиуса в пределах до 0,4 м и коэффициентах шероховатости $n=0,012 \div 0,014$ показатель степени y может быть принят постоянным¹. Ввиду этого при расчете канализационных труб, характеризуемых указанными коэффициентами шероховатости, величину y часто принимают равной $1/6$.

При постоянной величине $y=1/6$ формула для определения коэффициента C примет вид:

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}, \quad (44)$$

а общая формула (40) получает следующее выражение:

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}. \quad (45)$$

В соответствии с Н и ТУ-12-49 для труб, лотков и каналов, по которым протекают условно чистые и ливневые воды, могут быть приняты следующие коэффициенты шероховатости:

для труб из любых материалов	0,012
для лотков из досок, кирпичных каналов, облицовки из тесаного камня, битуминизированных каналов и булыжной отмостки с цементной смазкой	0,015
для бутовой кладки на цементном растворе и булыжной отмостки (без смазки)	0,025
для сухой кладки	0,030

Для расчета прямоугольных труб, лотков и канав обычно применяют формулу проф. П. Ф. Горбачева:

$$C = \frac{70 \sqrt{R}}{m + \sqrt{R}}, \quad (46)$$

где m — коэффициент шероховатости (для труб $m=0,10$, для канав $m=0,35$).

¹ Канд. Н. Н. Павловский, Гидравлический справочник. ОНТИ, 1937.

Для расчета канав пользуются также формулой:

$$C = \frac{87}{1 + \sqrt{R}}, \quad (47)$$

где γ — коэффициент шероховатости, принимаемый в пределах от 1,30 до 1,75.

В настоящее время в расчетной практике коэффициент шероховатости n принимается для труб и каналов одинаковым независимо от их материала и размеров.

Это положение справедливо оспаривается рядом специалистов на том основании, что сопротивление движению жидкости по трубам и каналам меняется в зависимости от материала сети и состояния внутренней ее поверхности. В частности проф. А. Я. Милович на основе проведенных экспериментальных работ отмечает более высокую проводимость керамических труб по сравнению с проводимостью кирпичных каналов. Наряду с этим он указывает, что величина n уменьшается с увеличением v . На зависимость n от v указывает и ряд других специалистов. Ввиду этого более правильным было бы принимать для труб крупных диаметров (от 600 мм и более) коэффициент шероховатости $n=0,013$.

Гидравлический расчет трубопроводов производят, как правило, при помощи специальных таблиц и номограмм.

Наибольшее распространение в расчетной практике получили таблицы для гидравлического расчета: канализационных сетей (трубопроводов) Г. Л. Зака, А. А. Лукиных и Н. А. Лукиных, П. Ф. Горбачева; канав и лотков—Е. М. Цопикова, Г. С. Хмельницкого и С. И. Манделя, а также номограммы И. А. Архангельского, В. Г. Лобачева, В. Д. Ротгольца, Д. С. Черкеса и др.

Номограмма для расчета кирпичных каналов по формуле $v=70 R^{0,67} i^{0,5}$ составленная трестом Мосочиствод) приведена на рис. 41.

Расчетное наполнение. При расчете ливневых сетей рекомендуется принимать следующие расчетные наполнения $\frac{h}{d}$ (отношение высоты протекающего слоя воды h к диаметру трубопровода d):

а) для труб ливневой канализации ввиду кратковременной и периодической работы этих сетей и пропуска максимального расчетного расхода лишь в отдельных (весьма редких) случаях — полное наполнение;

б) для труб общесплавной системы канализации при пропуске максимального расхода ливневых вод — полное или близкое к полному наполнение;

в) для уличных лотков — наполнение на 30—50 мм ниже верхней грани лотков (или линии тротуаров); при выборе наполнения обычно исходят из средней высоты бордюрного камня 180—200 мм и высоты максимального слоя воды 100—120 мм;

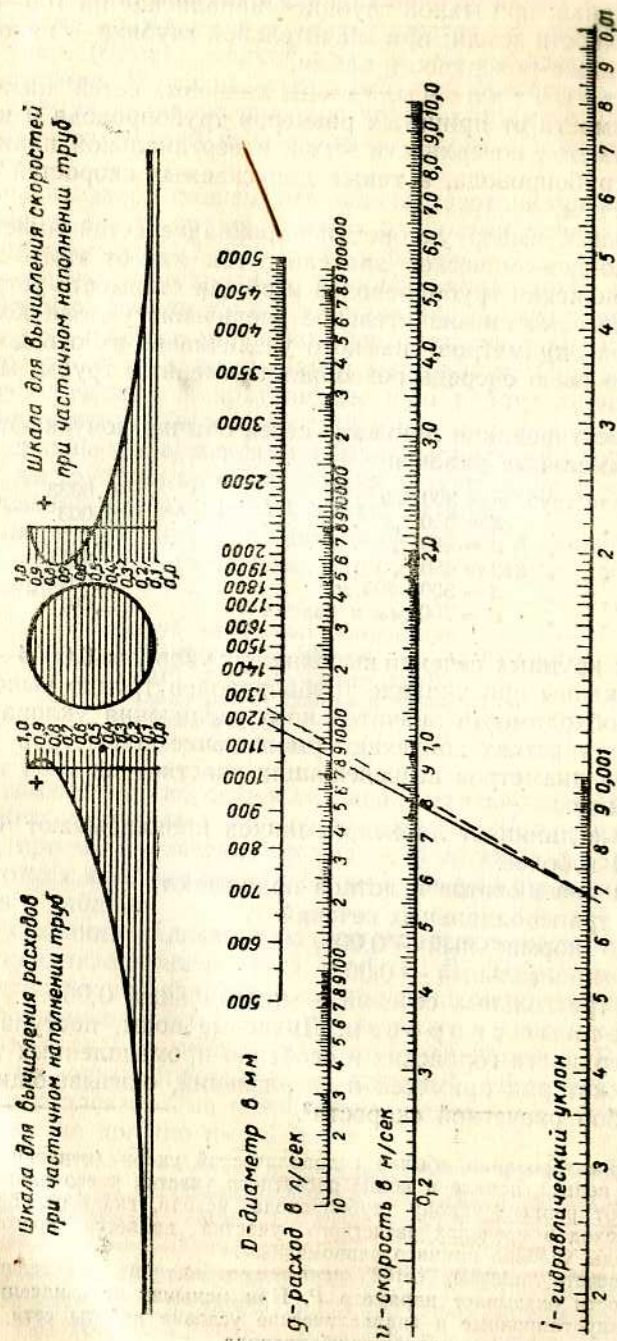


Рис. 41. Номограмма для расчета кирпичных каналов по формуле $v = 70 R^{0,67} i^{0,5}$ (составлена трестом Мосочиствод)

г) для канав: при малой глубине—наполнение на 100—150 мм ниже поверхности земли; при значительной глубине — наполнение на 200 мм ниже поверхности земли.

Расчетные уклоны. Уклоны ливневых сетей¹ назначаются в зависимости от принятых размеров трубопровода и каналов с учетом отметок поверхности земли и вертикальной планировки по трассе трубопровода, а также допускаемых скоростей движения воды в нем.

Правильный выбор уклонов при прокладке сетей имеет большое технико-экономическое значение, так как от этого зависит глубина заложения трубопроводов и общая стоимость устройства сетей. Даже самое незначительное увеличение уклона коллекторов крупных диаметров намного увеличивает их отводоспособность, что в свою очередь позволяет применять трубы меньших диаметров.

При проектировании ливневых сетей обычно допускают следующие минимальные уклоны:

для труб	$d = 300$ мм	0,0033
"	$d = 350$ "	0,003
"	$d = 400$ "	0,002
"	$d = 450$ "	0,0018
"	$d = 500-600$ мм	0,0015
"	$d = 700$ мм и более	0,001

Каналы крупных сечений выполняют с уклоном 0,0004—0,0005, меньшие уклоны при укладке трубопроводов трудно выполнимы.

При необходимости значительного увеличения уклона на нижележащих участках допускают уменьшение диаметров коллектора против диаметров вышележащих участков на 2—4 калибра по сортаменту.

Отводные линии от ливнеприемников прокладывают с уклоном от 0,01 и более.

Уклоны дна кюветов и лотков принимают:

- а) для трапециoidalных сечений
нормальный — 0,005,
минимальный — 0,002;

- б) для треугольных сечений — минимальный 0,005.

Расчетные скорости. Ливневые воды, поступающие в сеть с поверхности городских и особенно промышленных территорий, содержат ряд примесей и загрязнений, оказывающих влияние на выбор расчетной скорости².

¹ При проектировании обычно гидравлический уклон (отношение разности отметок воды в начале и конце расчетного участка к его длине) условно принимают равным уклону трубопровода, исходя, главным образом, из того, что расход в пределах расчетного участка является постоянным, а движение воды условно принято равномерным.

² При расчете ливневых сетей значительное влияние на величину расчетной скорости оказывает параметр P . При меньших его значениях улучшаются эксплуатационные и гидравлические условия работы сети, что особенно важно при малых уклонах трубопровода.

Более легкие загрязнения (маслянистые и др.) всплывают, более тяжелые осаждаются и перемещаются по дну; значительная же их часть (бумага, мелкий песок и пр.) находятся во взвешенном состоянии. В связи с этим требуется обеспечить такие условия движения ливневых вод, при которых примеси и загрязнения (в основной их массе) не оседали бы в сети, а поступали к месту выпуска.

В значительной степени эта задача разрешается при создании в трубопроводе скоростей, равных скоростям самоочищения или превышающих их (0,7—0,8 м/сек и более).

Для уменьшения вредного влияния находящихся в воде твердых частиц на стенки труб и каналов (истирание и пр.) устанавливают допускаемые максимальные скорости в трубопроводах в зависимости от их конструкции и материалов. При этом, учитывая периодическую и кратковременную работу ливневых сетей, значения максимальных скоростей в них принимают повышенными по сравнению с максимальными скоростями, допускаемыми для тех же труб при пропуске по ним хозяйственно-фекальных или даже условно чистых производственных вод.

Минимальные скорости движения воды в ливневых сетях обычно принимают следующие (при соответствующем расчетном наполнении):

для труб из разных материалов	диаметром до 500 мм	0,70 м/сек
" труб из разных материалов	диаметром от 500 мм и более	0,80 "
" уличных лотков		0,60 "
" канав разного типа		0,40 "

Максимальные скорости в ливневой сети согласно Н и ТУ-12-49 не должны превышать: при бетонных и керамических трубах — 8 м/сек, при металлических трубах — 14 м/сек; в открытых канавах и лотках максимальные скорости следует принимать в соответствии с табл. 18.

Для создания надлежащих гидравлических условий в самотечных канализационных сетях проф. Н. Д. Доброхотов рекомендует обеспечивать нарастание скоростей по мере увеличения длины трубопровода и его диаметра, а также в коллекторах одного диаметра, если они имеют боковые присоединения. В коллекторах, не имеющих боковых присоединений, увеличение скорости по длине коллектора не обязательно, однако уменьшение скоростей также не должно иметь места.

Минимальные диаметры трубопроводов ливневой сети. В целях нормальной эксплуатации ливневой сети (удобства прочистки) минимальный диаметр водостоков принимают равным 300—400 мм.

Гидравлический расчет производят для всей сети, кроме ответвлений от ливнеприемников. Диаметры ответвлений от ливнеприемников без осадочной части принимают обычно в пределах

Род грунта или вид одежды	Допускаемая максимальная скорость в м/сек
I. Грунтовые канавы	
Суглинок, супесь	0,50—0,55
Крупный песок, лёсс	0,60
Гравий, мелкая галька	1,25
Хрящеватый грунт, крупная галька, дерн	1,50
Плотная галька	1,50
Скальный грунт	5,50
II. Канавы с одеждой	
При асфальтовой одежде	1,75
При одинарном мощении (а также при каменистых грунтах)	2,50
При двойном мощении	3,50
При кирпичной кладке на цементном растворе, бетонной или бутовой кладке, плетневых ящиках, заполненных камнем	5,00
При деревянных лотках	6,50

250—300 мм, а ответвлений от ливнеприемника с осадочной частью 200—250¹ мм.

При меньших диаметрах водостоков создается опасность закупорки холодных трубопроводов потоками талой воды с большим содержанием снега и льда, сколотого с мостовых. При обслуживании одной линией нескольких ливнеприемников (что вообще не рекомендуется) диаметр ее принимают в соответствии с обслуживаемой площадью стока.

Гидравлический расчет уличных лотков. Для того чтобы уменьшить протяженность подземных трубопроводов, уличные лотки обычно используют на максимальном их протяжении, которое устанавливают специальным расчетом.

При определении пропускной способности лотков учитывают размещение ливнеприемников и допускаемые скорости движения воды в ливневой сети. При этом расчетное наполнение лотков должно быть принято таким, чтобы ширина разлива воды по проезжей части была минимальной.

Для расчета отводящих лотков уличной сети широко применяются таблицы инж. Е. М. Цопикова, составленные по формуле проф. П. Ф. Горбачева:

$$v = \frac{70 R}{m + \sqrt{R}} \sqrt{T} = A \sqrt{T}, \quad (48)$$

где A — коэффициент, учитывающий скорость, в м/сек.

¹ В зависимости от климатических условий прокладывают ответвления и меньших диаметров (Таллин, Каунас—150 мм; Куйбышев—200 мм и др). При небольшой длине ответвления и значительном его уклоне диаметр может быть уменьшен до 150—200 мм.

При составлении таблиц приняты следующие значения коэффициентов шероховатости m : для асфальтовых мостовых — 0,15; брусчатых—0,25 и булыжных—0,35.

Расчетный расход в этих таблицах дается суммарным для двух лотков¹ и определен по формуле:

$$Q = 2 A F \sqrt{T} = 2 B \sqrt{T}, \quad (49)$$

где F — площадь живого сечения в м²;

B — коэффициент, учитывающий отводоспособность лотков², в м³/сек.

Таблицы отводоспособности уличных лотков при асфальтовых, брусчатых и булыжных покрытиях и средних значениях продольных и поперечных уклонов приведены в приложении II.

Для ориентировочного определения пропускной способности лотков и скорости движения в них воды пользуются также специальными графиками. Один из таких графиков (для лотков булыжной мостовой) приведен на рис. 42.

Гидравлические показатели. При проектировании ливневых сетей приходится иметь дело с различными формами поперечных сечений трубопроводов, принимаемыми в зависимости от размеров, материала и конструктивных особенностей отдельных сооружений.

Применяемые для ливневой канализации

¹ Расходы по одному лотку могут быть получены путем уменьшения соответствующего расхода вдвое.

² Для получения отводоспособности в л/сек значения B следует умножить на 1000.

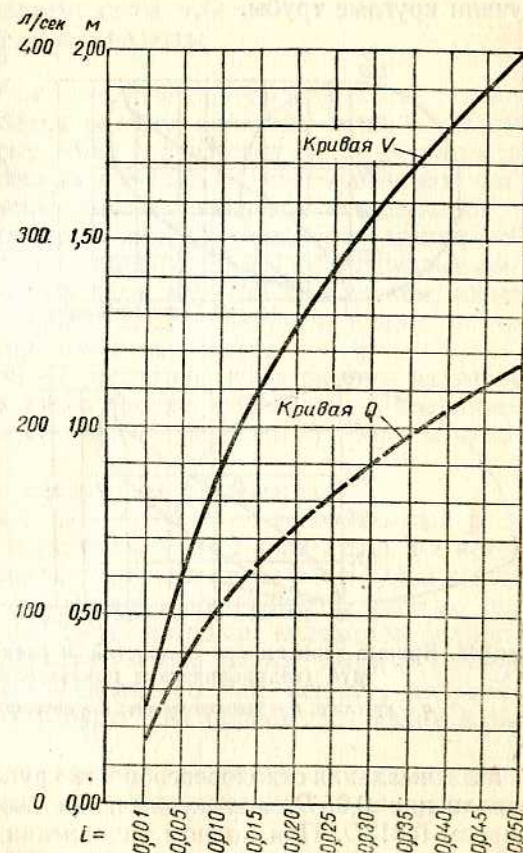


Рис. 42. Кривые расхода и скорости движения дождевых вод в уличных лотках булыжных мостовых (при слое воды 0,08—0,09 м)

трубы и каналы по конструкции могут быть разделены на следующие три основные группы, имеющие различные гидравлические показатели:

круглые высотой $H=2R=D$;
сжатые (шатровые, полуэллиптические) высотой $H < 2R$;
вытянутые (яйцевидные) высотой $H > 2R$.

Выбор той или иной формы поперечного сечения производится в зависимости от местных условий (подробнее см. гл. VI).

Преимущественное применение в строительной практике получили круглые трубы.

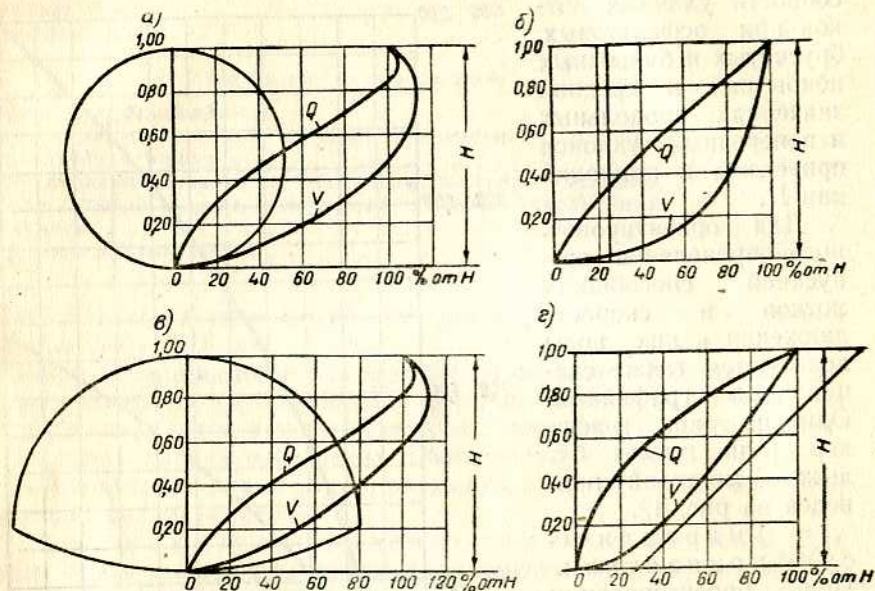


Рис. 43. Кривые зависимости скоростей и расходов от степени заполнения труб (гидравлические показатели) для сечений

а — круглого; б — прямоугольного; в — лоткового; г — трапециoidalного

Максимальная отводоспособность круглых труб имеет место при заполнении $0,95D$, а максимальная скорость — при заполнении, равном $0,813D$. При полном заполнении отводоспособность круглых труб несколько уменьшается вследствие некоторого снижения скорости. Гидравлические показатели для наиболее распространенных сечений могут быть определены по графику (рис. 43).

При проектировании ливневой канализации результаты гидравлического расчета¹ обычно оформляют в виде таблиц-ведомо-

¹ Расчетные расходы Q , длина расчетных участков L , их уклоны I скорости движения воды v и наполнение $h:D$, а также красные и черные отметки, глубины заложения и т. д.

стей (составленных по определенной форме), в которые для лучшей увязки могут быть внесены и данные гидрометеорологического расчета. Иногда данные гидравлического расчета наносят непосредственно на профили и планы, составленные в крупном масштабе (не менее $1:500$).

Применение того или другого способа обуславливается принципами оформления чертежей, принятыми в той или иной проектной организации.

3. РАСЧЕТ ЛИВНЕВОЙ СЕТИ ПРИ НАПОРНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ

Выше были рассмотрены основные принципы расчета самотечных ливневых сетей. Метод расчета ливневых сетей с учетом напорного режима впервые был предложен Н. Н. Беловым в 1932 г. и благодаря технико-экономическим преимуществам широко используется при проектировании ливневой канализации.

Помимо указанного основного метода, имеются и другие методы расчета работающих под напором сетей, предложенные рядом исследователей (проф. д-р техн. наук М. О. Ботуком, канд. техн. наук Г. Л. Заком, инж. Е. Д. Шведовым и др.) и подробно изложенные в специальной литературе.

Разработанный проф. Н. Н. Беловым метод расчета является весьма рациональным, так как позволяет использовать имеющиеся в ливневых сетях (при самотечном движении) «запасы отводоспособности».

Этот метод основан на следующих положениях.

При выпадении ливней с интенсивностью, превышающей расчетную, в сеть поступает воды больше того количества, на которое она рассчитана. Происходит переполнение сети. Она начинает работать под напором, постепенно увеличивающимся до тех пор, пока уровень воды в верхнем смотровом колодце не установится на отметке поверхности земли. В этот момент напор достигнет своей максимальной величины так как при дальнейшем поступлении воды в сеть будет уже происходить излив воды на поверхность.

В результате образования напора увеличивается скорость движения воды в трубопроводе, а следовательно, и его отводоспособность.

Таким образом, ливневые сети, рассчитанные обычным способом на пропуск максимального расхода, имеют известный запас отводоспособности. Расчет сети методом, при котором учитывается напорный режим ее работы, позволяет уменьшить диаметры трубопроводов, что имеет большое практическое значение с точки зрения экономии денежных средств и материалов.

Целесообразность применения этого метода подтверждается и обстоятельством, что диаметры труб, рассчитываемых исходя

из самотечного режима работы сети, принимающим с некоторым запасом (вследствие ступенчатого их сортамента), и, таким образом, всегда имеется возможность повышения отводоспособности сети.

Эффективность использования имеющихся в ливневых сетях запасов отводоспособности зависит от условий заложения трубопроводов и характера трассы (протяжение, уклоны, глубина заложения и пр.). Согласно исследованиям проф. Н. Н. Белова, коллекторы небольшой длины, уложенные при плоском рельефе местности с небольшими уклонами и на большой глубине, имеют больший запас отводоспособности, чем коллекторы значительной протяженности, уложенные с большими уклонами на малой глубине и при резком падении рельефа. Объясняется это тем, что на участках сети с малыми уклонами влияние напора сказывается сильнее, чем на участках с большими уклонами.

Отдельные бассейны с плоским рельефом, рассчитанные на период однократного превышения (переполнения) $P=0,3$, фактически оказываются в более благоприятных условиях (в отношении затопления) по сравнению с бассейнами, имеющими пересеченный рельеф и рассчитанными на период $P=5$ и более, хотя вероятность превышения расчетных интенсивностей в последнем случае во много раз меньше. Одним из наиболее характерных в этом отношении примеров служит ливневая канализация Ленинграда, где в некоторых бассейнах при $P=0,33$ случай затопления территории наблюдаются значительно реже, чем в городах с более резко выраженным рельефом.

В наиболее благоприятных случаях отводоспособность сетей, рассчитываемых с учетом напорного режима их работы, может быть увеличена в два раза и более по сравнению с отводоспособностью самотечных сетей.

Основной задачей при расчете напорных сетей является рациональное использование имеющегося напора путем равномерного распределения по отдельным участкам рассчитываемой сети.

Проф. Н. Н. Беловым было предложено два способа расчета сетей при напорном режиме их работы.

Наибольшее распространение в нашей практике получил упрощенный способ, значительно облегчающий расчет трубопроводов и вместе с тем обеспечивающий достаточную его точность.

При этом способе, учитывая повышенную отводоспособность при напорном режиме, сеть рассчитывают обычным путем как безнапорную на соответственно уменьшенный (путем введения коэффициента напорности) расчетный расход. Расчет же на максимальный расчетный расход (не сниженный) производят с учетом напорного режима работы сети.

Прежде чем перейти к краткому изложению этого метода, более подробно остановимся на определении времени протекания

воды по коллектору, играющем значительную роль при расчете ливневых сетей, работающих под напором.

При расчете самотечных сетей время протекания воды по рассматриваемому участку определяют приближенно, задаваясь равенством гидравлического уклона и уклона трубопровода; при этом гидравлический уклон принимают постоянным для всего времени протекания на участке.

В соответствии с этим скорость движения воды по трубопроводу, предполагая полное его заполнение, принимают также постоянной.

Указанные допущения о равенстве уклонов и постоянстве скорости не могут быть приняты при расчете напорных сетей, режим работы которых резко отличается от режима работы самотечных сетей.

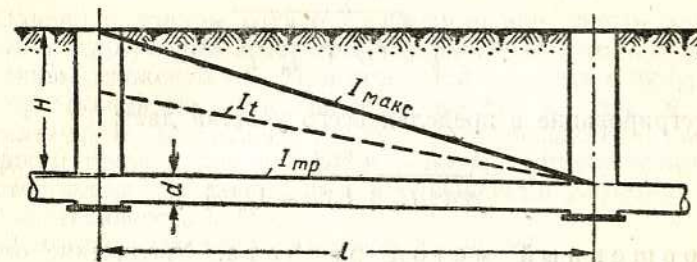


Рис. 44. Профиль участка при напорном режиме

Коллектор диаметром d , длиной l , уложенный с уклоном $I_{тр}$, в начале выпадения дождя работает, как безнапорный, и пьезометрический уклон трубопровода совпадает с уклоном коллектора. По мере заполнения сети пьезометрический уклон увеличивается и в момент, совпадающий с концом выпадения ливня, возрастает до $I_{макс}$, достигнув пьезометрической отметки, соответствующей линии поверхности земли (рис. 44).

Напорный режим работы коллектора начинается спустя некоторое время после начала ливня. Если в расчетную формулу ввести время поверхностной концентрации, то можно принять, что начало расчетного ливня совпадает с появлением напорного режима в сети.

Полагая, что пьезометрический уклон равномерно возрастает на протяжении времени выпадения ливня от $I_{тр}$ до $I_{макс} = I_{тр} + \frac{H}{l}$, (общий напорный уклон), пьезометрический уклон в

какой-то момент времени t можно выразить уравнением:

$$I_t = I_{тр} + \frac{t}{t_n} I_n = I_{тр} + \frac{t}{t_n} \frac{H}{l}, \quad (50)$$

где t_n — время протекания воды по рассматриваемому участку коллектора;

$$I_n = \frac{H}{l}.$$

Соответствующая уклону I_l скорость может быть выражена формулой:

$$v = W \sqrt{I_{тр} + \frac{t}{t_n} \frac{H}{l}}. \quad (51)$$

В этой формуле $W = C \sqrt{R}$ — модуль скорости.

Элементарный путь движения воды определится по уравнению:

$$dl = W \sqrt{I_{тр} + \frac{t}{t_n} \frac{H}{l}} dt; \quad (52)$$

Интегрирование в пределах всего участка дает:

$$t_n = \frac{3I_n l}{2W[(I_{тр} + I_n)^{3/2} - I_{тр}^{3/2}]} \quad (53)$$

Упрощенный метод расчета. Увеличение отводоспособности сети при напорном режиме ее работы по сравнению с отводоспособностью при безнапорном движении воды может быть установлено из основной формулы:

$$Q = K \sqrt{I}, \quad (54)$$

где K — модуль расхода ($K = \omega C \sqrt{R}$).

Для самотечных сетей эта формула может быть представлена в виде:

$$Q_c = K \sqrt{I_{тр}}, \quad (55)$$

а для напорных в виде:

$$Q_n = K \sqrt{I_{макс}} = K \sqrt{I_{тр} + I_n}. \quad (56)$$

Увеличение отводоспособности при самотечном движении жидкости может быть определено из отношения:

$$\frac{Q_n}{Q_c} = \frac{\sqrt{I_{макс}}}{\sqrt{I_{тр}}} = \sqrt{\frac{H+h}{l} \frac{l}{h}} = \sqrt{\frac{H}{h} + 1};$$

где H — глубина заложения шельги трубопровода в начале сети в м;

h — падение коллектора в м;

l — длина коллектора в м.

Из этой формулы наглядно видна зависимость отводоспособности сети от глубины ее заложения и протяженности.

Обозначая $\frac{H}{h}$ через a , получаем:

$$\frac{Q_n}{Q_c} = \sqrt{a+1}; \quad (57)$$

откуда

$$Q_c = \frac{1}{\sqrt{a+1}} Q_n.$$

Таким образом, отводоспособность самотечных сетей может быть получена путем умножения отводоспособности напорной сети на некоторую величину $\frac{1}{\sqrt{a+1}}$.

Однако в данном случае необходимо еще учесть разницу во времени протекания воды при напорном режиме t_n и при самотечном движении t_c . При этом следует иметь в виду, что время протекания по сети является вместе с тем и продолжительностью расчетного ливня и что вследствие увеличения скорости течения при напорном режиме соответственно уменьшается время протекания, т. е. увеличивается расчетная предельная интенсивность ливня.

Пользуясь основной расчетной формулой

$$q = \frac{A}{t^n},$$

из соотношения величины ливневого стока при напорном и самотечном режимах получаем:

$$\frac{q_n}{q_c} = \left(\frac{t_c}{t_n}\right)^n; \quad q_n = \left(\frac{t_c}{t_n}\right)^n q_c,$$

но так как

$$t_c = \frac{l}{v} = \frac{l}{C \sqrt{R I}} = \frac{l}{W \sqrt{I_{тр}}},$$

а

$$t_n = \frac{3 I_n l}{2 W [(I_{тр} + I_n)^{3/2} - I_{тр}^{3/2}]},$$

то после соответствующих подстановок и преобразований получаем:

$$\left(\frac{t_c}{t_n}\right)^n = \left\{ \frac{2[(a+1)^{3/2} - 1]}{3a} \right\}^n. \quad (58)$$

Подставляя полученное выражение в формулу расчетной интенсивности при напорном режиме, получаем окончательное ее выражение:

$$q_n = \left\{ \frac{2[(a+1)^{3/2} - 1]}{3a} \right\}^n q_c. \quad (59)$$

Расчетный расход для коллектора, работающего под напором, можно определить по формуле:

$$Q_n = q_n F, \quad (60)$$

а для самотечного коллектора в соответствии с ранее сказанным расчетный расход составит:

$$Q_c = \frac{1}{\sqrt{a+1}} Q_n = \frac{1}{\sqrt{a+1}} q_n F.$$

Подставив в последнюю формулу найденное значение для q_n , получим окончательную формулу для определения расчетного расхода в самотечных сетях:

$$Q_c = \frac{1}{\sqrt{a+1}} \left\{ \frac{[(a+1)^{3/2} - 1]}{1,5 a} \right\}^n q_c F = K_n q_c F, \quad (61)$$

где K_n — корректирующий множитель, названный проф. Н. Н. Беловым коэффициентом напорности коллектора и определяемый по формуле:

$$K_n = \frac{1}{\sqrt{a+1}} \left\{ \frac{[(a+1)^{3/2} - 1]}{1,5 a} \right\}^n. \quad (62)$$

Таким образом, при упрощенном методе расчета диаметры сети определяются обычным способом, принятым для расчета самотечных сетей, т. е. по расчетному расходу Q_c , но скорректированному для каждого участка сети путем умножения Q_n на коэффициент напорности, постоянный для данного коллектора и его притоков.

При пользовании этим методом, однако, нельзя установить, насколько рационально имеющийся напор распределен между отдельными участками сети. Между тем отдельные участки могут иметь различные (зависящие от напора) отводоспособности, причем неудовлетворительная работа хотя бы одного из них может нарушить нормальную работу всей сети. В частности не исключены случаи, когда вследствие принятия для средних участков коллектора нерациональных глубин заложения и уклонов, а также из-за образования подпоров пропуск воды с верховых участков оказывается затрудненным, а имеющиеся запасы отводоспособности в низовой части коллектора нельзя надлежаще использовать. В таких случаях приходится даже увеличивать диаметр труб на отдельных участках по сравнению с диаметрами, полученными при расчете обычным способом.

Поэтому если требуется обеспечить рациональное распределение располагаемого напора по всей длине коллектора, то применяют другой метод расчета, разработанный также Н. Н. Беловым и описываемый ниже.

Метод рационального распределения имеющегося напора. При этом методе для облегчения расчета пользуются распространенным в гидравлике приемом определе-

ния искомым параметром при помощи эквивалентных (приведенных) длин и уклонов.

Согласно основным законам гидравлики потери напора на отдельных участках (например, начальном и конечном) могут быть определены по формуле:

$$h_1 = I_1 l_1 = a \frac{Q_1^2}{D_1^{5,33}} l_1$$

и

$$h_n = I_n l_n = a \frac{Q_n^2}{D_n^{5,33}} l_n,$$

где I — соответствующий гидравлический уклон;

l — соответствующая длина участка.

Обозначив отношения

$$\frac{Q_1}{Q_n} \text{ через } \alpha_1 \text{ и } \left(\frac{D_n}{D_1}\right)^{5,33} \text{ через } \beta_1,$$

получим

$$Q_1 = \alpha_1 Q_n \text{ и } D_1^{5,33} = \frac{1}{\beta_1} D_n^{5,33}.$$

Подставив эти значения в основную формулу для h_1 , будем иметь:

$$h_1 = a \frac{Q_n^2}{D_n^{5,33}} \alpha_1^2 \beta_1 l_1.$$

Но так как

$$a \frac{Q_n^2}{D_n^{5,33}} = I_n,$$

то можно написать:

$$h_1 = I_n \alpha_1^2 \beta_1 l_1,$$

где

I_n — гидравлический уклон низового участка, к которому приводятся длины остальных участков путем умножения на соответствующие величины α^2 и β (так называемый общий приведенный пьезометрический уклон);
 $\alpha_1^2 \beta_1 l_1 = l_{пр}$ — приведенная длина, соответствующая $I_{пр}$.

Следовательно, потеря напора на каждом участке (в данном случае начальном) может быть определена по общему для всех рассматриваемых участков $I_n = I_{пр}$ соответствующему расходу Q_n и диаметру D_n , причем длины всех участков приводятся к этому уклону путем умножения на соответствующие величины α^2 и β .

Суммарная потеря напора выразится уравнением:

$$\sum h_i = I_{пр} \sum \alpha_i^2 \beta_i l_i. \quad (63)$$

Расчет ливневых сетей по этому методу может быть расчленен на четыре этапа.

1. В первую очередь определяют время протекания по коллектору при напорном режиме t_n :

$$t_n = \frac{3 I_n l}{2 W [(I_{тр} + I_n)^{3/2} - I_{тр}^{3/2}]}$$

Далее вычисляют время протекания воды по отдельным расчетным участкам (пропорционально их длине) по формуле:

$$t_x = \frac{\Sigma l_x}{l} t_n$$

2. По соответствующей формуле (или вспомогательным графикам), так же как и при самотечном режиме работы сети, определяют для каждого участка расчетный расход при расчетном для этого участка ливне, а также расход, который будет наблюдаться при выпадении ливня, расчетного для низового участка.

3. Находят соотношения диаметров отдельных расчетных участков, выражая их в функции от диаметра низового участка. Для этого вводят условие, гарантирующее равномерное распределение напора между всеми участками коллектора, принимая равные пьезометрические уклоны для всех участков. При этом каждый участок рассчитывают на соответствующий ему расчетный ливень.

Из основной формулы гидравлики для расчета напорных трубопроводов имеем:

$$I = a \frac{Q^2}{D^{5,33}};$$

а так как в данном случае $a = \text{const}$ и $I = \text{const}$;

$$\frac{Q_1^2}{D_1^{5,33}} = \dots = \frac{Q_n^2}{D_n^{5,33}}$$

Приведенное равенство позволяет выразить диаметр любого участка коллектора через диаметр низового участка:

$$D_1 = \left(\frac{Q_1}{Q_n} \right)^{0,375} D_n$$

4. Определяют диаметры отдельных участков коллектора, пользуясь понятием эквивалентности.

Определение диаметра низового участка D_n , а по нему и диаметров остальных участков производят по расчетному расходу для низового участка.

В этом случае пьезометрические уклоны на отдельных участках (рассчитанных по ливню для низового участка) уже не будут равны. Однако, пользуясь понятием об эквивалентности, эти все уклоны можно привести к одному общему уклону—уклону для низового участка. Для этого необходимо фактические длины участков заменить приведенными к этому уклону (эквивалентными) длинами.

Для этого из соотношений $Q_x : Q_n$ и $(D_n : D_x)^{5,33}$ находят соответствующие значения α и β и далее по формуле

$$l_{пр} = \alpha^2 \beta l_i$$

вычисляют приведенные длины отдельных участков.

Суммируя приведенные длины отдельных участков, получают общую приведенную длину коллектора $\Sigma l_{пр}$, и по общему падению коллектора h определяют:

$$I_{пр} = \frac{h}{\Sigma l_{пр}} = I_n$$

По найденному уклону и расчетному расходу для низового участка определяют его диаметр, а по нему, пользуясь установленным ранее соотношением, находят диаметры остальных участков.

При расчете напорных сетей местные сопротивления принимают в размере 5% от общих потерь на трение и, кроме того, дополнительно учитываются сопротивления в местах изменения сечения трубопровода, в местах притока и сброса воды и т. д.

Все расчеты для удобства сводят в таблицу.

Ввиду того, что указанный метод расчета требует большой вычислительной работы, связанной с затратой значительного времени, обычно при проектировании пользуются упрощенным методом расчета с проверкой в случае необходимости результатов расчета для отдельных участков сети по данному методу.

Профили одного из участков ливневой сети с указанием диаметров, полученных при расчете обычным способом и при учете напорного режима работы сети, приведены на рис. 45*.

* При назначении уклонов сетей, работающих под напором, следует учитывать, что большую часть времени сеть работает самотеком.

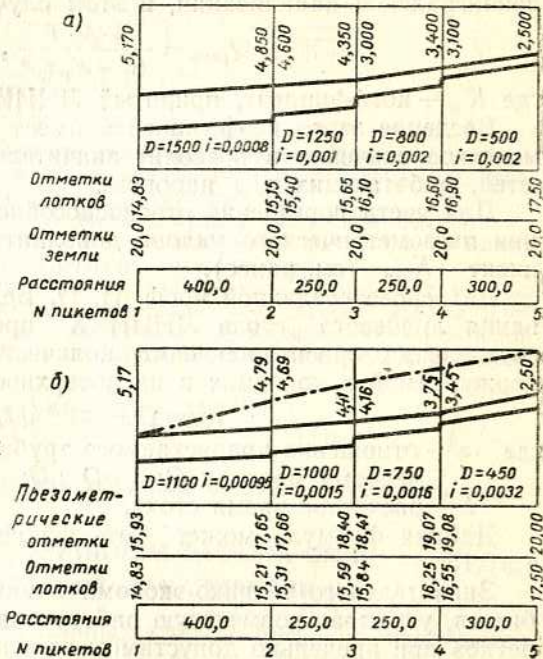


Рис. 45. Профили ливневой сети

а — при самотечном режиме работы; б — при напорном режиме работы

Использование свободной емкости сети и регулирование ливневого стока. Выше уже было указано на то влияние, которое оказывает емкость сети на величину расчетной интенсивности при расчете самотечных ливневых сетей.

Еще более возрастает значение этого фактора при возникновении в сети напорного режима.

Согласно последним исследованиям ЛНИИКХ, заполнение свободной емкости сети обеспечивает саморегулирование ливневого стока и позволяет за счет временного аккумуляирования воды и постепенного нарастания скорости течения значительно снизить величину максимального расчетного расхода.

Расчетная формула, предложенная ЛНИИКХ для расчета ленинградской канализации, в этом случае получает вид:

$$Q_{\text{расч}} = \frac{\psi \cdot A \cdot F}{(t_1 + K_p t_2)^n}$$

где K_p — коэффициент, принятый ЛНИИКХ равным 2.

Введение этого коэффициента имеет большое технико-экономическое значение и позволит значительно уменьшить диаметр сетей, работающих под напором.

Для учета повышения отводоспособности вследствие увеличения пьезометрического уклона дополнительно вводится коэффициент $K_{\text{нап}}$ (см. ранее).

На основе созданной проф. Н. Н. Беловым теории регулирования ливневого стока ЛНИИКХ предложена формула для определения ориентировочного количества воды, временно задерживаемой в колодцах и на поверхности:

$$W = (1 - \alpha)^{1,5} Q t,$$

где α — отношение пропускаемого трубами расхода Q_p к фактическому расходу Q ; $\alpha = Q_p : Q$;

t — расчетное время стока.

Данная формула может быть использована при значениях $\alpha \geq 0,15$.

Значительного технико-экономического эффекта можно добиться, учитывая совместную работу ливневой сети и уличных лотков при предельно допустимом заполнении последних.

Пример. Для условий, приведенных на стр. 73, требуется:

1) определить, пользуясь методом проф. Н. Н. Белова, расчетные расходы, а по ним и диаметры сети.

Таблица 19

№ участка	При самотечном движении			При работе сети под напором		
	расчетный расход в л/сек	диаметры в мм	скорости в м/сек	расчетный расход в л/сек	диаметры в мм	скорости в м/сек
1—2	187,6	550	0,88	140,7	500	0,82
2—3	200,4	550	0,90	150,0	500	0,83
3—4	420,2	700	1,10	315,0	650	1,00
4—5	446,0	750	1,12	336,0	650	1,02

2) произвести сравнение этих диаметров с диаметрами сети, рассчитанной обычным методом.

Данные гидравлического расчета для самотечных сетей приведены в левой части табл. 19.

Для расчета пользуемся упрощенным методом проф. Н. Н. Белова. По формуле (62) определяем коэффициент напорности K_n коллектора, принимая его начальное заглубление $H = 2$ м и средний уклон $I = 0,002$.

В этом случае общее падение трубопровода составит:

$$h = I \sum l = 0,002 \cdot 805 = 1,61 \text{ м.}$$

Подставляя в формулу (62) полученное значение $a = \frac{H}{h}$ и значение n из основной формулы расчетной интенсивности, получаем:

$$K_n = \frac{1}{\sqrt{a+1}} \left\{ \frac{[(a+1)^{3/2} - 1]}{1,5a} \right\}^n = \frac{1}{\sqrt{1,25+1}} \times \left\{ \frac{[(1,25+1)^{3/2} - 1]}{1,5 \cdot 1,25} \right\}^{0,5} = 0,75.$$

Умножая на этот коэффициент величины расчетных расходов (см. левую часть табл. 19), получаем новые уменьшенные их значения, для которых определяем окончательные диаметры трубопровода.

Результаты этого расчета помещены в правой части табл. 19.

Как видно из таблицы, при учете работы сети под напором можно уменьшить ее диаметры на 1—2 размера по сортаменту.

При коротких сетях, уложенных на значительной глубине и с малыми уклонами (при плоском рельефе), учет напорного режима работы сетей дает еще больший эффект. Так, при начальном заложении $H = 3$ м и общем падении коллектора 0,75 м коэффициент напорности становится равным:

$$K_n = \frac{1}{\sqrt{4+1}} \left\{ \frac{[(4+1)^{3/2} - 1]}{1,5 \cdot 4} \right\}^{0,5} = 0,58,$$

т. е. расчетные расходы, найденные обычным способом, могут быть уменьшены почти вдвое.

4. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАСЧЕТА СЕТИ ОБЩЕСПЛАВНОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Методы расчета общесплавных систем детально излагаются при рассмотрении вопросов удаления хозяйственно-фекальных сточных вод, условиями сброса которых в первую очередь и определяется схема общесплавной канализации.

Здесь мы остановимся лишь на тех вопросах проектирования и расчета общесплавных систем, которые связаны с удалением ливневых вод. Следует отметить, что эти вопросы вообще мало освещены в нашей литературе и относятся к наименее изученным¹.

¹ Приближенные методы и формулы для расчета общесплавных систем разработаны М. В. Молоковым. Из других работ в этой области следует указать на исследования проф. Н. Н. Белова (ЛНИИКХ, 1937—1939 гг.), получившие свое развитие в работе М. В. Молокова (М. В. Молоков и Г. Г. Шигорин, Особенности проектирования и расчета ливневых канализаций ЛНИИКХ, 1948 г.).

Расчет систем общесплавной канализации обычно производят в следующем порядке:

- 1) рассчитывают коллекторы до первого ливнеспуска;
- 2) производят гидравлический расчет ливнеспуска и определяют его размеры;
- 3) рассчитывают коллектор за ливнеспуском.

Первую часть задачи решают обычными методами, применяемыми для расчета хозяйственно-фекальных, производственных и ливневых сетей канализации.

Сечение коллекторов выбирают в зависимости от суммарного расчетного расхода, определяемого по формуле:

$$Q_{\text{сум}} = Q_{\text{х.п}} + Q_{\text{ливн}} \quad (64)$$

где $Q_{\text{х.п}}$ — общий расход хозяйственно-фекальных и производственных вод.

При выборе сечений трубопроводов учитывают условия работы сетей в обычное время (в сухую погоду) и необходимость обеспечить надлежащие скорости протекания воды.

Расчет ливнеспусков производят, исходя из того условия, что сброс воды в водоем начинается только после того, как количество поступающих к ливнеспуску ливневых вод превысит принятую величину транзитного (проходящего через ливнеспуск) расхода.

Сбрасываемый при этом в водоем смешанный сток достигает необходимой степени разбавления, которая определяется, с одной стороны, мощностью водоема и условиями сброса (размещение ливнеспусков, характер использования водоема), а с другой, — работой очистных сооружений и размерами коллекторов.

Совокупность этих условий выражают так называемым коэффициентом разбавления стока n_0 , который находят из отношения максимального количества ливневых вод $Q_{\text{макс}}$, проходящих через ливнеспуск транзитом, к расходу в сухую погоду $Q_{\text{х.п}}$.

Таким образом, максимальный транзитный расход через ливнеспуск может быть определен по формуле:

$$Q_{\text{макс}} = n_0 Q_{\text{х.п}} + Q_{\text{х.п}} = Q_{\text{х.п}} (n_0 + 1), \quad (65)$$

где $n_0 Q_{\text{х.п}}$ — расход ливневых вод в $\text{м}^3/\text{сек}$, выраженный через расход воды в сухую погоду.

Поскольку принятая величина коэффициента разбавления n_0 оказывает непосредственное влияние на размеры сооружений, выбор ее следует производить на основе технико-экономического анализа.

При этом, однако, необходимо учитывать, что при больших значениях n_0 обеспечиваются более благоприятные санитарные условия в зоне выпуска и уменьшается опасность загрязнения водоема хозяйственно-фекальными сточными водами. Обычно при проектировании принимают следующую величину коэффициента разбавления: $n_0 = 2 \div 5$.

Максимальный приток ливневых вод к ливнеспуску $Q_{\text{макс.ливн}}$, как уже указывалось, будет иметь место в конце расчетного ливня при критической его продолжительности, равной времени протекания воды от наиболее удаленной точки бассейна стока до ливнеспуска. Но так как сброс воды через ливнеспуск начнется сразу после того, как количество поступающей воды превысит транзитный расход $Q_{\text{макс}}$, то, очевидно, что начало этого сброса $t_{\text{н}}$ не совпадает со временем притока к ливнеспуску максимального расхода воды t_0 , а наступит раньше него; только после того, как поступление ливневых вод достигнет своего максимума, количество сбрасываемой через ливнеспуск воды начнет уменьшаться и по истечении некоторого времени $t_{\text{к}}$ сброс воды полностью закончится. При этом естественно, что $t_{\text{к}} > t_0$.

Для определения времени начала и конца сброса воды через ливнеспуск необходимо знать кривую нарастания и спада воды, сбрасываемой через ливнеспуск.

Величины $t_{\text{к}}$ и $t_{\text{н}}$ ориентировочно могут быть определены по формулам, предложенным М. В. Молоковым:

$$t_{\text{н}} = \left(\frac{n_0}{S}\right)^3 t_0 \quad (66)$$

и

$$t_{\text{к}} = \left(\frac{n_0}{S}\right)^{-0,5} t_0, \quad (67)$$

где

$$S = \frac{Q_{\text{макс.ливн}}}{Q_{\text{х.п}}}$$

Надлежащую оценку санитарного состояния, а также эффекта действия ливнеспусков в районе сброса сточных вод можно произвести только при наличии данных о частоте сброса воды через ливнеспуск и о продолжительности его работы.

При определении частоты сброса воды через ливнеспуск m_0 должны быть приняты в расчет также и дожди с большой повторяемостью при $P=0,02$ (т. е. до 50 раз в год), поскольку отдельные из этих дождей при принятых значениях n_0 могут дать сток, превышающий $Q_{\text{макс}}$, а следовательно, и сброс воды в водоем.

Для определения ливневого стока при $P < 0,33$ доц. Г. Г. Шигорин приводит следующую формулу¹:

$$q = \frac{A(\sqrt[3]{V \cdot P} - \tau)}{(1 - \tau) t^n}, \quad (68)$$

где A — расчетный параметр из формулы расчетной интенсивности при $P = 1$;

P — период однократного переполнения сети;

¹ Л. Г. Демидов и Г. Г. Шигорин, Канализация, изд. Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1949.

τ — коэффициент, значение которого устанавливается в зависимости от общего числа дождей, выпавших в данной местности, в пределах от 0,16 до 0,30; при отсутствии точных данных выпадения дождей принимают среднее значение $\tau = 0,20$;

t — критическая продолжительность дождя в минутах;

n — показатель степени из основной формулы расчетной интенсивности.

Расчетная интенсивность для дождей при $P=0,33$ и более определяется по обычным приведенным ранее формулам.

Определение частоты сброса воды через ливнепуск в год m_0 производят по формуле ЛНИИКХ:

$$m_0 = \left[0,8 \frac{n_0}{S} f(P) + 0,20 \right]^{-3}, \quad (69)$$

где

$$f(P) = 1 + C \lg P.$$

Величины C и P принимаются из основной формулы расчетной интенсивности (см. § 8 гл. III).

Продолжительность работы ливнепуска в течение года в минутах может быть определена по формуле ЛНИИКХ:

$$T_{\text{год}} = t_0 m_0 \sqrt{1,6 + 0,022 m_0}, \quad (70)$$

в которой значение P принято для условного дождя, дающего средний сброс через ливнепуск. Проф. Н. Н. Белов рекомендует определять P по формуле:

$$P = 3,2 P_0,$$

где P_0 — период однократного превышения максимального по интенсивности дождя, не создающего еще сброса.

Пользуясь формулами Белова — Молокова, можно также определить среднегодовые объемы смешанного стока, а кроме того, отдельно количества хозяйственно-фекальных, производственных и ливневых вод.

Прежде чем перейти к расчету коллекторов за ливнепуском, необходимо указать на следующие возможные случаи их работы:

1) коллектор наряду с пропуском транзитного расхода обслуживает только непосредственно прилегающую к нему площадь стока;

2) к коллектору присоединяется один или несколько притоков со значительными расходами.

Рассмотрим второй случай, как наиболее сложный для расчета и охватывающий наибольшее количество возможных вариантов.

Расчетный расход притока находят обычными методами, принятыми для расчета ливневых сетей; при этом критическую продолжительность расчетного ливня t_1 определяют, исходя из средней скорости протекания.

Расчетный расход, поступающий к данному сечению со стороны ливнепуска, равен $Q_{\text{макс}}$, т. е. максимальному транзитному расходу через ливнепуск. Критическую продолжительность на этом участке коллектора t_2 определяют с учетом длины участка от ливнепуска до места присоединения притока¹. При этом условно принимают, что коллектор начинается у ливнепуска.

После определения критических продолжительностей t_1 и t_2 и максимальных расчетных расходов $Q = q \psi F$ устанавливают, совпадают ли они по времени, и в зависимости от величины t_1 вычисляют расчетный расход на участке за ливнепуском $K Q_1$.

Поправочный коэффициент K определяют²: при $t_1 \leq t_n + t_2$ по формуле:

$$K = \left(\frac{t_1}{t_n + t_2} \right)^2; \quad (71)$$

при $t_1 > t_n + t_2$ по формуле:

$$K = \left(\frac{t_n + t_2}{t_1} \right)^{0,33}; \quad (72)$$

при $t_1 > t_n + t_2$ и $t_1 < t_n + t_2$

$$K = 1,00.$$

Таким образом, расчетный расход ливневых вод для любого сечения за ливнепуском может быть найден по формулам:

$$Q_{\text{расч. ливн}} = n_0 Q_{x, n} + K Q_1, \quad (73)$$

$$Q_{\text{сум}} = Q_{\text{расч. ливн}} + Q_{x, n}, \quad (74)$$

где $K Q_1$ — расчетный расход с площади стока, обслуживаемой участком коллектора за ливнепуском, подсчитанный исходя из того, что никакой сети до ливнепуска нет.

Сечение трубопроводов проверяется на их работу и при сухой погоде.

Аналогичным образом производят расчет всех ливнепусков по трассе, причем каждый последующий ливнепуск рассчитывается на уменьшенный расчетный расход. В свою очередь каждому ливнепуску и участку коллектора соответствуют новые значения t_0 и S , а следовательно, и новые значения t_n и t_k .

Расчет водосливных устройств производится применительно к принятой конструкции и типу ливнепуска; методы этого расчета излагаются в соответствующих руководствах.

¹ При отсутствии притоков принимается t_2 .

² Л. Г. Демидов и Г. Г. Шигорин, Канализация, изд. Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1950.

СЕТЬ НАРУЖНОЙ ЛИВНЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К МАТЕРИАЛУ И КОНСТРУКЦИИ ЛИВНЕВЫХ СЕТЕЙ

Основную стоимость всех без исключения канализационных систем составляет стоимость их сетей и сооружений на них.

Наиболее характерными в этом отношении являются системы ливневой канализации, состоящие, как правило, из одних только трубопроводов. Поэтому правильный выбор материала и конструкции сети имеет большое экономическое значение.

Сеть ливневой канализации должна удовлетворять требованиям механической прочности и водонепроницаемости, обеспечивать надлежащие гидравлические условия для движения жидкости, быть доступной для осмотра и прочистки и т. д.

Механическая прочность, антикоррозийная стойкость и соответствующая гидравлическим требованиям поверхность труб могут быть обеспечены при надлежащем выборе их конструкции и материала.

При выборе формы сечения труб наряду с этим должны учитываться гидравлические и эксплуатационные факторы, обеспечивающие наиболее высокие показатели работы трубопроводов.

Для сетей ливневой канализации применяются обычные канализационные трубы, получившие широкое распространение при устройстве самотечных сетей хозяйственно-фекальной и производственной канализации.

В большинстве случаев применяются трубы круглого сечения. Для трубопроводов больших размеров (диаметром более 1,5 м), прокладываемых в тяжелых гидрогеологических условиях (при высоком стоянии грунтовых вод), а также при плоском рельефе местности, когда требуется уменьшать высоту коллектора, устраивают каналы сжатого сечения (лотковые и пятиугольные). Для сети общесплавной канализации (при резком колебании расходов сточных вод) и для ливневых каналов крупных размеров устраивают коллекторы: а) прямоугольной формы с плоским перекрытием и лотком для малых расходов, допускающие последующее их наращивание; б) овоидальные (яйцевидные) с вытянутым профилем¹; в) шатровые (полуэллиптические) со сжатым профилем; г) банкетные (круглые со ступенчатым лотком меньшего радиуса) и ряд других.

В некоторых случаях устраивают двухъярусные коллекторы, нижняя часть которых используется для отвода промышленных вод, а верхняя — для отвода ливневых. Для удаления воды

¹ Устройство каналов этого вида весьма сложно; кроме того, в них быстро отлагаются осадки.

с незастроенных территорий устраивают каналы трапециoidalного сечения, обычно открытые.

Выбор типа труб производится в зависимости от местных требований, гидрогеологических условий и технико-экономических сооружений с учетом имеющихся типовых чертежей и деталей. При этом следует ориентироваться, главным образом, на использование труб заводского изготовления; только при отсутствии последних трубы изготавливают непосредственно на самом строительстве (на специальных подсобных предприятиях).

2. ТРУБЫ И КАНАЛЫ

Бетонные и железобетонные трубы в настоящее время имеют самое широкое применение при устройстве сетей ливневой канализации.

Трубы эти удовлетворяют большинству перечисленных выше требований и с успехом заменяют неметаллические трубы из других материалов. К тому же стоимость бетонных труб ниже стоимости керамических труб соответствующего диаметра.

Бетонные и железобетонные трубы изготавливают как заводским способом, так и непосредственно на строительстве.

Бетонные и железобетонные трубы могут быть различных конструкций и любых форм поперечного сечения. При промышленном монтаже могут применяться трубы и из отдельных сборных элементов — блоков (сборный железобетон)¹.

В отдельных случаях каналы особо крупных размеров изготавливают набивным способом непосредственно в траншее.

Для обеспечения надлежащего качества труб должны быть применены новейшие технологические методы их изготовления (вибрационный и центробежный² способы, вакуумирование, применение предварительно напряженной арматуры и т. д.).

Изготовление бетонных и железобетонных труб производится на основе ведомственных технических условий.

Необходимо создание общесоюзного стандарта на бетонные и железобетонные трубы, так как отсутствие его затрудняет выбор рациональной их конструкции и в ряде случаев приводит к непроизводительной затрате материалов и увеличению стоимости.

Широкое применение в практике строительства в настоящее время получили следующие виды бетонных и железобетонных труб:

1) бетонные трубы раструбного и фальцевого типа диаметром 350—600 мм (по сортаменту института Водгео);

¹ Более подробно см. Л. Л. Четвернин, Канализационные коллекторы комбинированных типов, изд. Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1951.

² Центробежные трубы изготавливают длиной 3—4 м, а в неразъемных (с парафинированием) формах по методу лауреата Сталинской премии М. В. Михайлова — и до 6,5 м.

СЕТЬ НАРУЖНОЙ ЛИВНЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К МАТЕРИАЛУ И КОНСТРУКЦИИ ЛИВНЕВЫХ СЕТЕЙ

Основную стоимость всех без исключения канализационных систем составляет стоимость их сетей и сооружений на них.

Наиболее характерными в этом отношении являются системы ливневой канализации, состоящие, как правило, из одних только трубопроводов. Поэтому правильный выбор материала и конструкции сети имеет большое экономическое значение.

Сеть ливневой канализации должна удовлетворять требованиям механической прочности и водонепроницаемости, обеспечивать надлежащие гидравлические условия для движения жидкости, быть доступной для осмотра и прочистки и т. д.

Механическая прочность, антикоррозийная стойкость и соответствующая гидравлическим требованиям поверхность труб могут быть обеспечены при надлежащем выборе их конструкции и материала.

При выборе формы сечения труб наряду с этим должны учитываться гидравлические и эксплуатационные факторы, обеспечивающие наиболее высокие показатели работы трубопроводов.

Для сетей ливневой канализации применяются обычные канализационные трубы, получившие широкое распространение при устройстве самотечных сетей хозяйственно-фекальной и производственной канализации.

В большинстве случаев применяются трубы круглого сечения. Для трубопроводов больших размеров (диаметром более 1,5 м), прокладываемых в тяжелых гидрогеологических условиях (при высоком стоянии грунтовых вод), а также при плоском рельефе местности, когда требуется уменьшать высоту коллектора, устраивают каналы сжатого сечения (лотковые и пятиугольные). Для сети общесплавной канализации (при резком колебании расходов сточных вод) и для ливневых каналов крупных размеров устраивают коллекторы: а) прямоугольной формы с плоским перекрытием и лотком для малых расходов, допускающие последующее их наращивание; б) овоидальные (яйцевидные) с вытянутым профилем¹; в) шатровые (полуэллиптические) со сжатым профилем; г) банкетные (круглые со ступенчатым лотком меньшего радиуса) и ряд других.

В некоторых случаях устраивают двухъярусные коллекторы, нижняя часть которых используется для отвода промышленных вод, а верхняя — для отвода ливневых. Для удаления воды

¹ Устройство каналов этого вида весьма сложно; кроме того, в них быстро отлагаются осадки.

с незастроенных территорий устраивают каналы трапециoidalного сечения, обычно открытые.

Выбор типа труб производится в зависимости от местных требований, гидрогеологических условий и технико-экономических сооружений с учетом имеющихся типовых чертежей и деталей. При этом следует ориентироваться, главным образом, на использование труб заводского изготовления; только при отсутствии последних трубы изготовляют непосредственно на самом строительстве (на специальных подсобных предприятиях).

2. ТРУБЫ И КАНАЛЫ

Бетонные и железобетонные трубы в настоящее время имеют самое широкое применение при устройстве сетей ливневой канализации.

Трубы эти удовлетворяют большинству перечисленных выше требований и с успехом заменяют неметаллические трубы из других материалов. К тому же стоимость бетонных труб ниже стоимости керамических труб соответствующего диаметра.

Бетонные и железобетонные трубы изготовляют как заводским способом, так и непосредственно на строительстве.

Бетонные и железобетонные трубы могут быть различных конструкций и любых форм поперечного сечения. При индустриальном монтаже могут применяться трубы и из отдельных сборных элементов — блоков (сборный железобетон)¹.

В отдельных случаях каналы особо крупных размеров изготовляют набивным способом непосредственно в траншее.

Для обеспечения надлежащего качества труб должны быть применены новейшие технологические методы их изготовления (вибрационный и центробежный² способы, вакуумирование, применение предварительно напряженной арматуры и т. д.).

Изготовление бетонных и железобетонных труб производится на основе ведомственных технических условий.

Необходимо создание общесоюзного стандарта на бетонные и железобетонные трубы, так как отсутствие его затрудняет выбор рациональной их конструкции и в ряде случаев приводит к непроизводительной затрате материалов и увеличению стоимости.

Широкое применение в практике строительства в настоящее время получили следующие виды бетонных и железобетонных труб:

1) бетонные трубы раструбного и фальцевого типа диаметром 350—600 мм (по сортаменту института Водгео);

¹ Более подробно см. Л. Л. Четвернин, Канализационные коллекторы комбинированных типов, изд. Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1951.

² Центробежные трубы изготовляют длиной 3—4 м, а в неразъемных (с парафинированием) формах по методу лауреата Сталинской премии М. В. Михайлова — и до 6,5 м.

2) бетонные раструбные трубы диаметром 150—500 мм из бетона марки 250 или 350 (по сортаменту треста Водоканал-проект);

3) железобетонные трубы цилиндрические и раструбные диаметром 400—600 мм, с одиночной арматурой и диаметром 700—1 000 мм и более (а также фальцевые) с двойной арматурой¹ (по сортаменту того же треста);

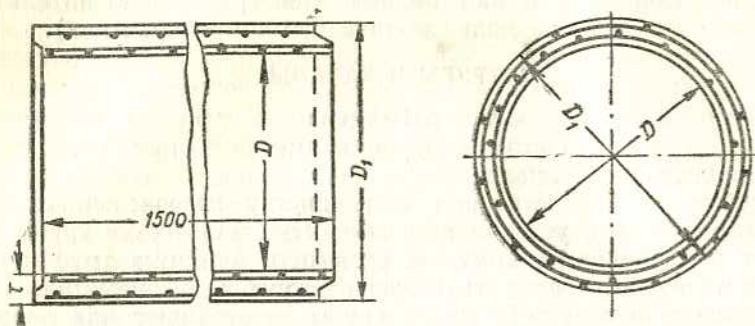


Рис. 46. Трубы железобетонные звеновые безнапорные, изготавливаемые в инвентарной металлической опалубке

4) железобетонные звеновые трубы диаметром 500—1 500 мм и длиной 1,00—1,50 м по сортаменту треста Центроспецстройпроект, утвержденному Наркоматом по строительству СССР².

По этому сортаменту предусматривается изготовление железобетонных безнапорных труб легкого и тяжелого типа для укладки в различных грунтовых условиях (I—III группы грунтов) на глубине соответственно до 4 и до 8 м.

Трубы рассчитаны на временную нагрузку от 13-т катка; при этом принимают, что верх трубы находится на глубине 1 м от поверхности земли. Изготавливаются трубы из вибрированного бетона с одинарной и двойной арматурой (спиральной и продольной), торцового или фальцевого типа (рис. 46). Для труб торцового типа сортаментом предусматривается изготовление железобетонных муфт длиной 20 см. Трубы рассчитаны на укладку в основания с углом охвата 150°.

Наряду с описанными конструкциями применяется еще целый ряд других конструкций бетонных и железобетонных труб (конструкции Дормостпроект и др.).

¹ З. Н. Шишкин, Я. А. Карелин, С. К. Колобанов, С. В. Яковлев, Г. Л. Зак, Канализация, Гос. издательство литературы по строительству и архитектуре, 1951.

² СССР, Народный Комиссариат по строительству, Типовые детали зданий, вып. IX, Наружный водопровод, наружная канализация, под ред. доц. А. И. Шнейерова, Стройиздат, 1940.

В настоящее время Дубининским бетонным заводом Управления строительных материалов Мосгорисполкома выпускаются железобетонные трубы диаметром 800—1 500 мм и длиной 1—1,5 м, изготавливаемые в металлических виброформах.

Применение виброформ обеспечивает механизированную укладку бетона, ускоренное его созревание и немедленное освобождение формы от свежесформованного изделия¹.

Полная оборачиваемость формы для трубы диаметром 1 500 мм—17 мин.

Наиболее целесообразны с монтажной точки зрения трубы с плоским дном (рис. 47), при котором облегчается установка отдельных звеньев и обеспечивается точность прокладки в любых грунтовых условиях.

Для более эффективного использования механических свойств арматуры в последнее время начато изготовление же-

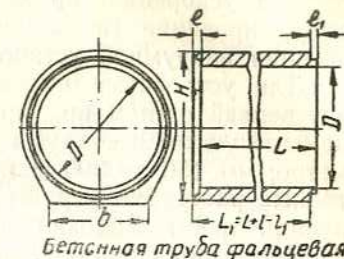


Рис. 47. Железобетонные фальцевые трубы

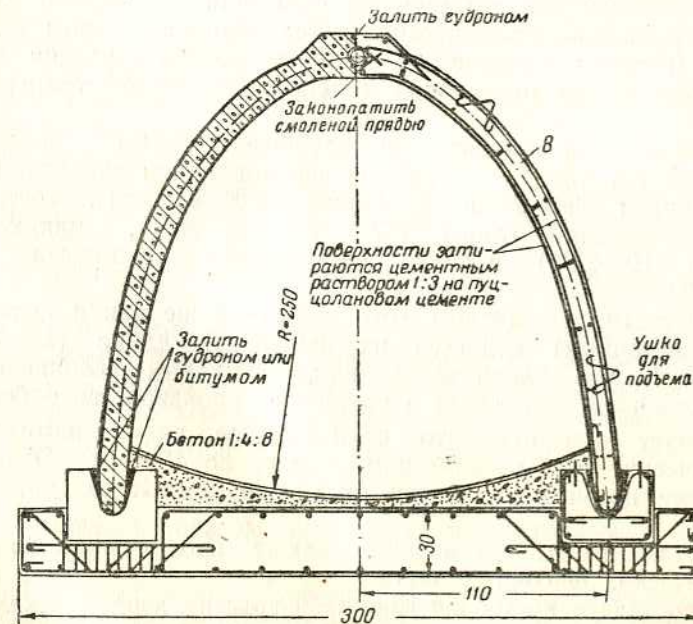


Рис. 48. Железобетонный канал шатрового сечения, сборной конструкции

¹ Инженеры А. И. Тимофеев и Э. Г. Ратц, Железобетонные трубы в виброформах, «Городское хозяйство Москвы» № 9, 1951.

лезобетонных труб с предварительно напряженной арматурой. Применение в этом случае вибрирования позволяет изготавливать трубы диаметром до 2 000 мм, длиной в 4 м.

Для ускорения процесса уплотнения бетона применяется вакуумирование (отсасывание воды и воздуха из бетона при помощи вакуумной установки).

Для устройства ответвлений от ливнеприемников, выпусков внутренней сети и пр. применяются трубы малого диаметра: цементно-песчаные трубы (без гравия) раструбного типа диаметром от 150 до 300 мм (по сортаменту института Водгео), бетонные раструбные трубы диаметром от 150 до 500 мм (конструкции треста Водоканалпроект) и др.

Для отвода значительных количеств воды применяют железобетонные каналы. Особенно широкое применение получили каналы, выполняемые из заранее заготовленных (заводским способом) блоков (элементов), собираемых в траншее. Индустриальные методы этих работ отличаются высокой эффективностью. Одна из конструкций сборного канала шатрового сечения показана на рис. 48.

Каменно-керамические трубы широко применяются при устройстве наружных и, главным образом, внутренних сетей ливневой канализации. По сравнению с трубами из других материалов керамические трубы обладают рядом преимуществ (гладкая поверхность, стойкость против коррозии, а также стойкость по отношению к действию высокой температуры воды).

Каменно-керамические раструбные трубы диаметром 125—600 мм (по ГОСТ 286-41) изготавливаются заводским способом путем формовки и обжига особой массы, состоящей из кремнекислой глины (57—75% по весу), клинкерного шамота (19—28%) и тонко измельченного кварцевого песка (6—15%).

Основным недостатком этих труб (так же как и некоторых видов бетонных) является их небольшая длина ($L = 800 \div 1\,000$ мм), что увеличивает число стыковых соединений и, таким образом, усложняет и удорожает производство работ.

Следует отметить, что в настоящее время изготавливают керамические трубы диаметром только до 450 мм. Это ограничивает применение таких труб при устройстве наружных сетей.

Сортаментом предусмотрено также изготовление каменно-керамических фасонных частей.

В последнее время освоено производство керамических блоков для устройства каналов на бетонном основании.

Кирпичные каналы крупных размеров (диаметром от 1 м и более) устраивают обычно в тех случаях, когда не могут быть применены железобетонные конструкции. Конструкция, размеры и форма сечений кирпичных каналов определяются в

зависимости от глубины заложения, местных условий и технико-экономических соображений.

Обычно сооружают каналы круглой формы (внутри) со сводчатым перекрытием и полукруглые с плоским перекрытием.

При пологом рельефе местности устраивают также каналы шатрового сечения.

Каналы устраиваются из лекального или простого, хорошо обожженного кирпича.

Кирпичные сводчатые каналы состоят из кирпичного или бетонного фундамента (подготовка, плита и стул), лотка и свода, выполняемого в зависимости от размеров канала в один, два или три переката. Конструкция свода в два переката показана на рис. 49.

Отдельные процессы кладки сводчатых кирпичных каналов показаны на рис. 50.

Основным недостатком кирпичных каналов является высокая стоимость, менее совершенный (по сравнению с укладкой сборных заводских элементов) способ производства работ и нерациональное использование для подземных работ штучных малогабаритных материалов.

В связи с этим в последнее время вместо кирпичных каналов обычно применяют железобетонные коллекторы, при устройстве которых расход цемента почти не увеличивается.

При наличии дешевого местного камня (известняка и др.) в отдельных случаях устраиваются также каналы из тесаного камня.

Асбестоцементные безнапорные трубы применяют, главным образом, при отсутствии бетонных и каменно-керамических труб.

Асбестоцементные безнапорные канализационные трубы диаметром от 50 до 400 мм (по ГОСТ 1839-48) изготавливают заводским способом в виде гладких цилиндров (без раструбов).

Трубы соединяют асбестоцементными цилиндрическими муфтами или двойными раструбами; соединение асбестоцементных труб при помощи цилиндрической муфты показано на рис. 51.

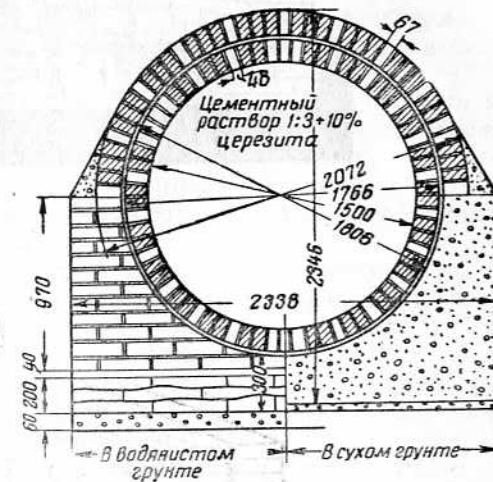


Рис. 49. Кирпичный коллектор в два переката

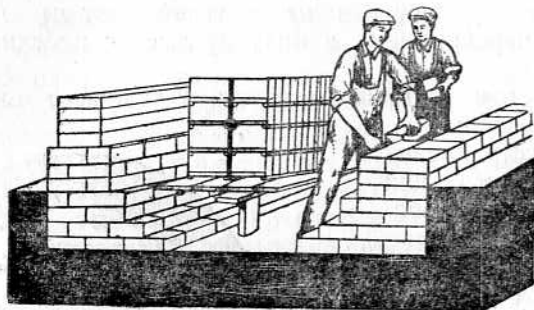


Рис. 50. Процессы кладки кирпичного канала

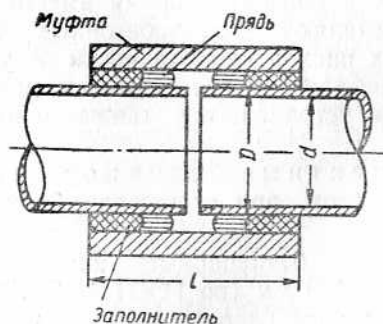


Рис. 51. Соединение асбестоцементных труб при помощи муфты

Асбестоцементные трубы обладают рядом положительных качеств, к числу которых в первую очередь относится высокая стойкость против коррозии, малый удельный вес материала ($\gamma = 2,0$), водонепроницаемость, огнестойкость и газонепроницаемость. Трубы эти имеют и ряд монтажных достоинств: их легко пилить, обтачивать и сверлить обычными инструментами, применяемыми для обработки дерева.

Трубы изготовляют из специальной массы, состоящей из тщательно отсортированного и разделенного на волокна асбеста, быстрохватывающего портландцемента и воды.

Недостатком этих труб является значительная хрупкость материала и плохая сопротивляемость внешним механическим воздействиям. Эти особенности следует учитывать как при укладке труб, так и при их транспортировке, выгрузке и хранении. При перевозке трубы связывают в бунты с прокладкой между рядами реек или досок.

Положительной особенностью этих труб является и то, что длина их ($L = 2,5-4,0$ м) значительно превышает длину бетонных и керамических труб, что больше удовлетворяет требованиям индустриального метода производства работ.

Деревянные трубы для устройства подземной сети ливневой канализации применяют только во временных сооружениях с ограниченным сроком службы (5—7 лет).

Деревянные трубы изготовляют обычно на месте работ из древесины хвойных пород высокого качества.

Трубы из пластин изготовляют прямоугольного сечения размерами от 150×150 до 600×600 мм (и более) и собирают обычно из щитов, заранее заготовленных в построечных мастерских.

Конструкция деревянных труб из пластин показана на рис. 52.

При малых расходах применяют также дощатые трубы прямоугольного или треугольного сечения. Треугольные деревянные трубы конструкции, предложенной автором (рис. 53), состоят из отдельных заранее заготавливаемых щитов, соединяемых на месте укладки. Трубы укладывают на специальных подставках из пластин, устанавливаемых на расстоянии 2 м друг от друга. Для удлинения срока службы деревянные трубы пропитывают антисептиками или покрывают горячей смолой.

В целях обеспечения водонепроницаемости деревянные трубы с трех сторон изолируют слоем мятой глины толщиной 25—30 см.

Для улучшения гидравлических условий трубы с внутренней стороны должны быть гладко остроганы.

Деревянные трубы, как правило, прокладывают вне проезжих частей дорог.

Металлические трубы. Чугунные и стальные трубы для устройства ливневых сетей применяют только в тех случаях,

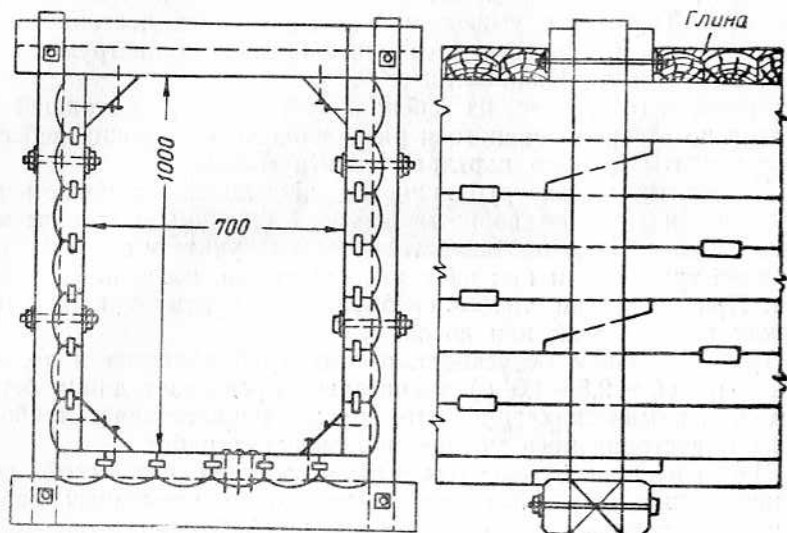


Рис. 52. Деревянные трубы из пластин

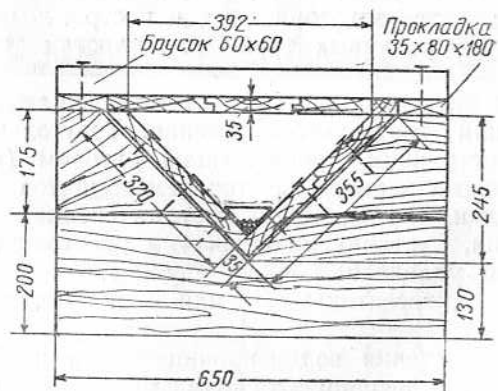


Рис. 53. Деревянные трубы треугольного сечения, из досок

когда это вызывается особыми местными условиями (наличие тяжелых динамических нагрузок, неблагоприятные гидрогеологические условия, пересечение с крупными подземными сооружениями и т. д.).

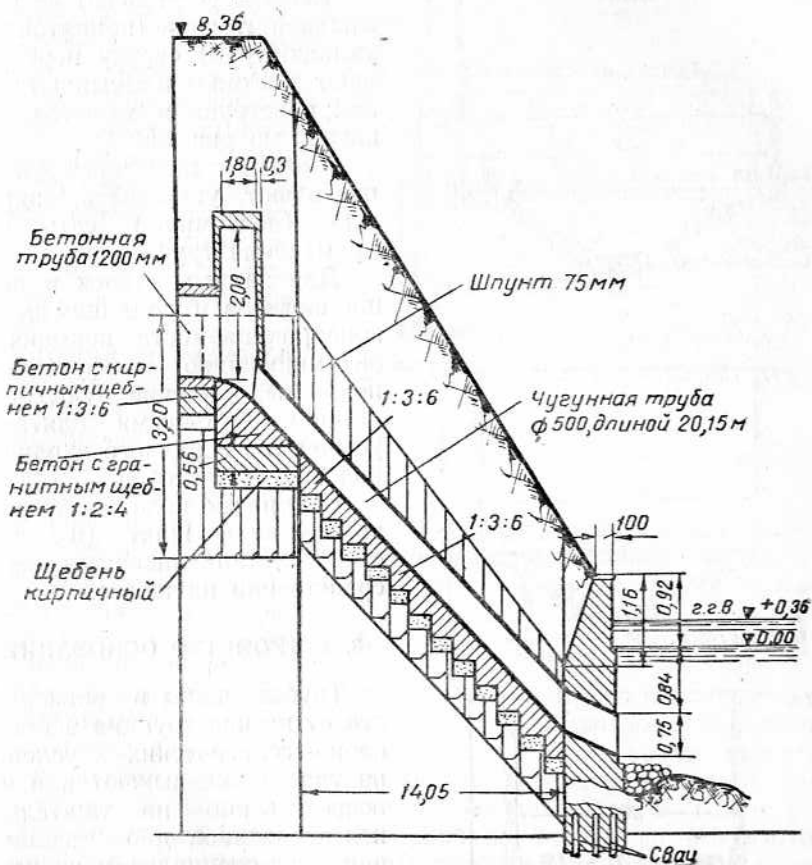


Рис. 54. Прокладка чугунных труб на участке с резким падением рельефа

В отдельных случаях металлические трубы укладывают на участках со значительным падением рельефа; прокладка чугунного трубопровода на одном из таких участков показана на рис. 54.

Ввиду отсутствия специальных чугунных канализационных труб для ливневой сети применяют обычно водопроводные трубы чугунные или стальные с противокоррозийной изоляцией.

Подземные кюветы. Для отведения ливневых вод с незастроенных территорий автором предложена специальная конструкция подземных кюветов.

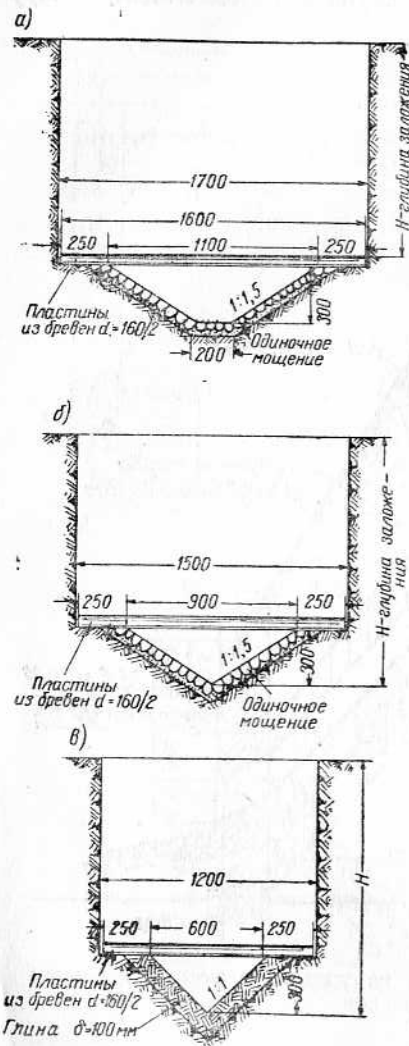


Рис. 55. Подземные кюветы
а — трапециoidalный; б — треугольный с одеждой; в — треугольный без одежды

(раструбных) и до 450 мм (фальцевых).

Для повышения сопротивления труб раздавливанию тяжестью вышележащего грунта должна быть увеличена площадь соприкосновения их поверхности с землей, для чего выемка грун-

Кюветы устраивают на нормальной глубине (принятой для укладки труб), сверху перекрывают настилом и засыпают землей; конструкция кюветов показана на рис. 55.

Кюветы такой конструкции позволяют устраивать закрытую (подземную) сеть без применения труб.

Для защиты стенок и дна кюветов и придания им водонепроницаемости применяют битуминизацию, асфальтовое покрытие, мощение булыжным камнем, бетонными плитами, устройство глиняного экрана и ряд других способов.

Смотровые колодцы устраивают в виде шахт (из пластин), устанавливаемых непосредственно на кювет.

3. УСТРОЙСТВО ОСНОВАНИЙ

Трубопроводы в зависимости от их конструкции и инженерно-геологических условий на трассе укладывают или непосредственно на тщательно подготовленное дно траншеи, или на специальном искусственном основании.

Непосредственно на дно траншей в сухих и плотных (но не скальных) грунтах производят укладку керамических и асбестоцементных труб диаметром до 450 мм на муфтах, а также бетонных и железобетонных труб диаметром до 600 мм

та в зоне укладки производится в соответствии с формой трубы (не менее чем на $\frac{1}{4}$ окружности). Сразу же после укладки производят тщательную подбивку грунтом с обеих сторон трубы.

В плотных и сухих грунтах трубы более крупных диаметров укладывают на специальное заранее подготовленное основание из слоя гравия или щебня толщиной 0,15 м (железобетонные трубы) или же на бетонную подушку¹ (стул) из тощего бетона толщиной 0,15 м, уложенную на слой щебня высотой 0,08—0,1 м (керамические трубы).

Бетонные и железобетонные трубы при соответствующей их механической прочности (изготовленные центробежным способом или путем вибрирования) можно укладывать и без искусственного основания, но при условии устройства в нетронутом дне траншеи специального ложа в виде лотка (корыта) глубиной не менее чем $\frac{1}{3}$ наружного диаметра трубы.

Укладка железобетонных дниц сборной конструкции в траншее показана на рис. 56.

При укладке труб диаметром до 450 мм в скальных грунтах для выравнивания неровностей скалистой поверхности производят подсыпку речным песком слоем в 15—20 см; трубы диаметром от 500 мм и выше укладывают на подушку из тощего бетона толщиной 15 см, уложенного по слою щебня 8—10 см.

При прокладке керамических труб диаметром до 450 мм, а также бетонных и железобетонных труб диаметром до 600 мм в водоносных и водонасыщенных грунтах устраивают основание из слоя крупного речного песка или щебня толщиной 0,15—0,2 м. При прокладке труб более крупных диаметров устраивают бетонную подушку толщиной 0,1—0,15 м, уложенную на подстилающий слой щебня толщиной 0,15—0,2 м. Размеры устраиваемых в этом случае дренажных лотков определяют в зависимости от величины притока воды.

В пльвунах и болотистых грунтах трубы укладывают на железобетонные плиты, рамы, бетонные подушки, двойной дощатый настил, а в более тяжелых условиях—на свайные ростверки.

¹ Ширину бетонной подушки принимают на 0,2 м больше внешнего диаметра трубы.

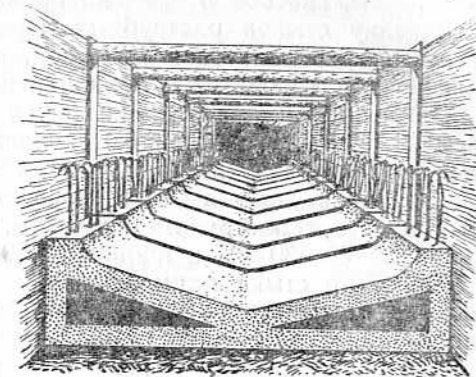


Рис. 56. Устройство дна водосточного коллектора из сборных элементов

4. СОЕДИНЕНИЕ ТРУБ И ЗАДЕЛКА СТЫКОВ

Для заделки стыков раструбных труб применяют различные материалы, выбор которых производится в зависимости от материала труб, физико-химических и гидрогеологических условий трассы, способа и времени прокладки и т. д.

Заделку стыков раструбных керамических труб производят глиной или асфальтовой мастикой, реже—цементом; перед заделкой стык конопатят смоляной пеньковой прядью.

Применяемая для заделки белая жирная глина (так называемая мыловка) должна быть пластичной, не размокать в воде и не содержать песка и других примесей; до употребления в дело глина должна быть хорошо промята. После заделки стык вместе с раструбом обмазывается слоем той же глины толщиной 70—80 мм и шириной 250—300 мм.

Глиняные стыки применяют, как правило, в сухих грунтах, но их не следует применять при неглубоком заложении труб (менее 1,5 м) на участках с зелеными насаждениями, так как в этом случае трубы могут быть разрушены прорастающими корнями или дождевыми червями.

Состав асфальтовой мастики, применяемой для заделки стыков, может быть различным. Наиболее часто применяют состав, состоящий из 3 частей (по весу) асфальта (преимущественно сызранского) и 1—2 частей нефтяного битума марки III с температурой размягчения 50°.

При заливке асфальтовой мастикой стыков горизонтально уложенных труб применяют специальные металлические хомуты.

В сильно водянистых грунтах асфальтовая мастика применяется только для стыков, соединяемых на поверхности («парников», звеньев и т. д.).

Керамические трубы, укладываемые на бетонном основании, соединяются также при помощи цементного стыка. Однако более целесообразным является применение асбестоцемента, который при одинаковой стоимости заделки имеет ряд преимуществ. К их числу относятся: большая эластичность стыка, стойкость в отношении вибрации, антикоррозийность и т. д.

Асбестоцементную массу изготовляют из 30% по весу асбестового волокна № 5 и 6 и 70% портландцемента марки 300—400.

Подготовку и заделку стыков асбестоцементом производят в основном так же, как и при заделке цементом.

Соединение бетонных и железобетонных труб в зависимости от их конструкции производят при помощи раструбов, фальцев или бетонных армированных муфт.

Заделку стыков раструбных бетонных труб производят цементом, асбестоцементом, а также асфальтовой мастикой.

Для заделки стыков обычно применяют цементный раствор¹ состава 1:1 или 1:2.

Соединение гладких железобетонных цилиндрических труб производят при помощи муфт с заделкой стыков пеньковой прядью, цементом или асбестоцементом.

При заделке стыков бетонных и железобетонных труб асфальтовой мастикой стыки для лучшего сцепления предварительно грунтуют битумом марки III с растворителем (бензол, сольвент и др.).

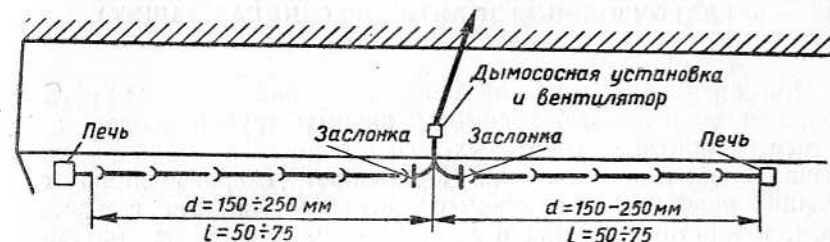


Рис. 57. Схема установки для заделки цементом чугунных раструбных труб с обогревом дымовыми газами

Железобетонные трубы диаметром 400—1000 мм соединяют посредством железобетонных подвижных муфт длиной 22—24 см.

Соединение фальцевых труб производят на цементном растворе (1:2) или асбестоцементе с устройством над фальцем цементного пояса и затиркой внутреннего шва с железнением; в отдельных случаях фальцы заделывают асфальтовой мастикой.

Заделку стыков асбестоцементных труб производят асбестоцементом или асфальтовой мастикой; лучше применять асфальтовую мастику, так как в этом случае не требуется чеканки стыков, при которой возможно повреждение труб.

В ряде случаев соединение муфты с трубой производят на бровке, а в траншее производят заделку только второй половины муфты по типу соединения раструбных труб.

При заделке стыков чугунных раструбных труб цементом в зимнее время (при температуре ниже -2°) необходим подогрев стыков, что достигается устройством тепляков с внутренней температурой не ниже +5°. Взамен устройства тепляков может быть применен подогрев стыков уложенных труб специальными

¹ В настоящее время более широкое применение получили асбестоцементные стыки, так как при стоимости, не превышающей стоимость цементных стыков, они обладают рядом преимуществ (эластичностью, антикоррозийностью и пр.).

жаровнями (предложение инж. М. М. Ястребова¹) или подогрев дымовыми газами по способу автора².

При подогреве стыков дымовыми газами к линии предварительно уложенных труб (длиной 25—30 м в каждую сторону) присоединяют дымовую трубу от установленной на дне траншеи переносной печи.

Прогрев труб производят одновременно с заделкой стыков.

Схема установки для подогрева стыков дымовыми газами показана на рис. 57.

5. ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ И АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА ТРУБОПРОВОДОВ

При прокладке ливневой сети в водонасыщенных грунтах может возникнуть необходимость защиты трубопроводов и колодцев от притока грунтовых вод, что достигается устройством специальной гидроизоляции. Применяют гидроизоляцию следующих видов: а) жесткую (цементная штукатурка с железнением, торкретштукатурка и др.); б) обмазочную из битумных материалов (битум марки III); в) пластичную из битумных материалов (битума 40%, разных наполнителей—60%); г) оклеечную (пергамин, гидроизол и др.).

Эффективной мерой борьбы с коррозией бетона под воздействием агрессивных грунтовых вод является соответствующая защита (изоляция) наружных поверхностей труб и применение цементов, содержащих наименьшее количество свободного гидрата окиси кальция, наиболее подверженного коррозии, а для наружной штукатурки—применение церезита в количестве от 5 до 10% от веса цемента.

Весьма эффективен в этом отношении центробежный вибрационный способ (совмещенный с вакуумированием) изготовления бетонных и железобетонных труб, обеспечивающий более высокую плотность и водонепроницаемость бетона и большую его стойкость против коррозии.

При прокладке бетонных и железобетонных труб в агрессивных грунтовых водах (содержащих кислоты или выделяющих сероводород, углекислоту и пр.) производят оштукатуривание наружной поверхности труб пуццолановым цементным раствором 1:1 (с железнением или с добавкой церезита) или покрывают трубы с наружной стороны битуминозными материалами: асфальтовой мастикой, игнатоном и пр.

Асбестоцементные стыки в агрессивных грунтовых водах изолируют грунтовкой из смеси, состоящей из 60% (по весу) нефтяного битума марки III и 40% бензина, и слоем мастики, изготовленной из 85% (по весу) нефтяного битума марки IV и 15% асбестовой пыли или трепела.

¹ Наркомстрой, РИ-76-42. Предложение М. М. Ястребова.

² Наркомстрой, РИ-163-44, Предложение А. И. Шнеерова.

Для гидроизоляции кирпичных коллекторов в водонасыщенных грунтах наружную поверхность каналов оштукатуривают цементным раствором 1:1 или 1:2 (толщиной в 2 см), а в основании коллектора устраивают специальный дренаж. При агрессивном характере грунтовых вод производят дополнительное покрытие слоем битума или асфальта. Внутреннюю поверхность кирпичных коллекторов обычно не оштукатуривают, но производят тщательную затирку швов.

Конструкция изоляции кирпичного канала в агрессивных водах показана на рис. 58.

Бетонные и железобетонные сооружения изолируют битумными обмазочными материалами.

При устройстве ливневой канализации особое внимание обращают на водонепроницаемость трубопроводов, на борьбу с утечкой воды из сети и поступлением в нее грунтовых вод, оказывающих разрушающее действие на конструкцию сети (размыв оснований, расстройство стыков, истирание стенок и пр.).

Согласно действующим «Техническим условиям на производство и приемку общестроительных и специальных работ»¹ суточная инфильтрация и эксфильтрация² воды при испытании в среднем не должна превышать на 1 км уличной сети: для керамических и пекобетонных труб—30 м³; для бетонных и железобетонных труб—40 м³ и для кирпичных каналов—10 м³.

В особо неблагоприятных случаях эти величины могут быть повышены, но во всяком случае они не должны превышать: для керамических труб—50 м³, для бетонных труб—75 м³.

Указанные нормативы принимаются при высоте стояния грунтовых вод над лотком колодцев не более 4 м; при большей

¹ Министерство строительства предприятий тяжелой индустрии, Технические условия на производство и приемку общестроительных и специальных работ, т. II, Стройиздат, 1947.

² Инфильтрация—поступление грунтовых вод в сеть; эксфильтрация—утечка транспортируемой воды из сети.

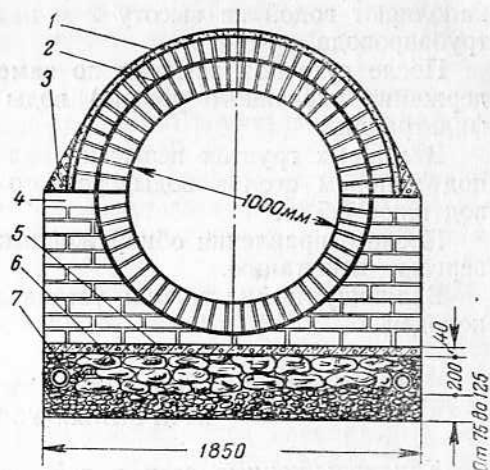


Рис. 58. Гидроизоляция кирпичного коллектора в агрессивных грунтовых водах

1 — штукатурка; 2 — изоляция 20 мм; 3 — бетон; 4 — кирпичная кладка на цементном растворе 1:3 с 10% нефти; 5 — бетон 1:2:3 с 10% нефти; 6 — битумная кладка на цементном растворе 1:3 с 10% нефти; 7 — мелкий битумный камень, плотно засыпанный гысевками

величине напора они могут быть увеличены на 20% на каждый метр высоты.

Следует отметить, что эксфильтрация свидетельствует о неудовлетворительной заделке стыков и поэтому не должна допускаться.

Для проверки на эксфильтрацию трубопроводов, уложенных в сухом грунте, испытываемый участок между двумя колодцами наполняют водой на высоту 2 м над шельгой в верхней части трубопровода.

После суточной замочки по замеру добавляемой (для поддержания указанного уровня) воды определяют величину эксфильтрации.

В мокрых грунтах испытание на эксфильтрацию производят под напором столба воды, равного высоте стояния грунтовых вод плюс 0,5 м.

После исправления обнаруженных дефектов линию вновь подвергают испытанию.

Величину инфильтрации устанавливают по притоку воды в колодец.

6. УСТРОЙСТВО ЛИВНЕВОЙ СЕТИ В ОСОБЫХ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ

Канализационные сети в сейсмических районах устраивают в соответствии с требованиями по проведению антисейсмических мероприятий при возведении сооружений и устройстве сети, частично уже изложенными в гл. VI.

В соответствии с ТУ-58-48¹ при устройстве подземных сетей следует руководствоваться действующими положениями о сейсмичности (в баллах) для отдельных районов и пунктов.

Строительство сооружений в районах с сейсмичностью до 6 баллов включительно, как правило, осуществляется без антисейсмических мероприятий.

В районах с сейсмичностью 8 и 9 баллов самотечные трубопроводы выполняют из железобетона и прокладывают на плотном насыпном грунте, как правило, по середине улицы.

Самотечные трубопроводы в районах с сейсмичностью 9 баллов выполняют из чугунных и железобетонных труб; при этом железобетонные трубы крупного диаметра можно изготовлять на месте.

Стыковые соединения канализационных труб при сейсмичности 8 и 9 баллов должны быть эластичными. Колодцы в этих условиях устраивают из железобетона; кирпичные и каменные колодцы должны иметь круглую форму в плане. Жесткая заделка труб в кладке стен колодцев и зданий не допускается.

¹ Технические условия проектирования зданий и сооружений для сейсмических районов (ТУ-58-48), Госстройиздат, 1949.

Наименьшая глубина заложения труб должна быть: в районах с сейсмичностью 7—8 баллов—2,0—2,5 м; в районах с сейсмичностью 9 баллов и более—2,5—3,0 м.

При укладке канализационных труб в макропористых (продачных) грунтах особое внимание следует обращать на предохранение грунта от смачивания поверхностными водами, на герметичность стыковых соединений, выбор специальных конструкций колодцев и прочих устройств для данных грунтовых условий. Стыки керамических труб в этих случаях заделывают асфальтом.

Основания под трубы и колодцы выполняют на специальной подготовке со штыкованием и проливкой грунта водой и втрамбованием щебня на глубину не менее 10 см.

Смотровые колодцы с внутренней стороны оштукатуривают цементной штукатуркой или покрывают горячим битумом.

Дну траншей придают лоткообразную форму с повышением краев над серединой.

Гидравлическое испытание производится на давление, величина которого определяется высотой самого глубокого колодца, но во всяком случае должно быть не менее 0,7 атм; сеть может быть принята в эксплуатацию только при отсутствии утечки.

При укладке ливневой сети в районах с постоянной отрицательной температурой грунта осуществляются специальные меры защиты труб и колодцев от их разрушения вследствие пучения грунта.

В трубопроводах ливневой канализации, отводящих условно чистые воды, температура воды должна быть не менее 3°.

Прокладка ливневой сети в оползневых районах должна быть согласована с основными противооползневыми мероприятиями. В этих районах применяются металлические или железобетонные трубы.

7. СЕТЬ ОТКРЫТЫХ ВОДОСТОКОВ

Водоотведение открытыми водостоками, в зависимости от количества ливневых вод, топографических и гидрогеологических условий осуществляется при помощи лотков (придорожных и специальных), канав (обычных и нагорных) и кюветов.

Лотки. Конструкцию и профиль придорожных лотков принимают в зависимости от вида покрытий и поперечного профиля мостовой, составной частью которой они являются.

Лотки специальных типов (грунтовые, мощенные булыжным камнем, из деревянных пластин на шпонках, бетонные, кирпичные с вертикальными стенками и др.) устраиваются для отвода ливневых и условно чистых производственных вод на промышленных территориях, автомобильных дорогах и пр. Особенно целесообразно устраивать лотки в стесненных условиях (при

отсутствия свободной площади), так как они занимают в 3—4 раза меньше места по сравнению с кюветами.

Конструкции деревянных и железобетонных лотков показаны на рис. 59 и 60.

Канавы по форме поперечного сечения разделяются на прямоугольные и трапециoidalные, а по материалу — на земляные (грунтовые) без крепления и отделки и канавы с мощением или одеждой из различных материалов.

Наиболее широкое распространение получили канавы трапециoidalной формы, причем в зависимости от инженерно-геологических условий трассы их устраивают с одеждой (рис. 61) или без нее.

Канавы прямоугольного сечения, как правило, требуют крепления стенок, кроме тех случаев, когда они устраиваются в скальных грунтах.

При устройстве водоотводных канав обычно придерживаются следующих нормативных данных:

1) минимальная ширина водоотводных канав по дну принимается не менее 0,4—0,6 м, специальных нагорных канав 0,5 м;

2) минимальный продольный уклон принимается:

а) для грунтовых (земляных) канав, предназначенных для пропуска значительных расходов воды при половинном наполнении и скорости 0,6—0,7 м/сек—0,0005; б) для тех же канав при средних расходах воды—0,001; в) для канав, укрепленных мощением или искусственной одеждой,—0,003; в отдельных случаях—0,002; г) для канав, размеры которых ввиду малых расходов устанавливаются по конструктивным соображениям (без расчета) 0,003.

Глубина канав с учетом устройства труб в местах переездов принимается не менее

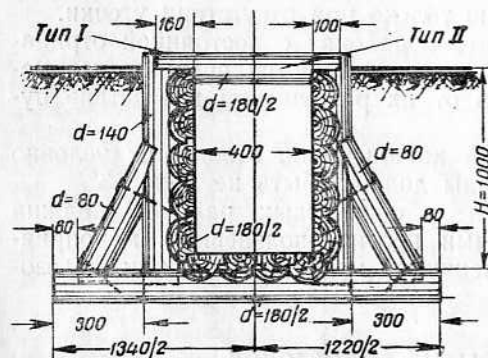


Рис. 59. Деревянный лоток для отвода воды

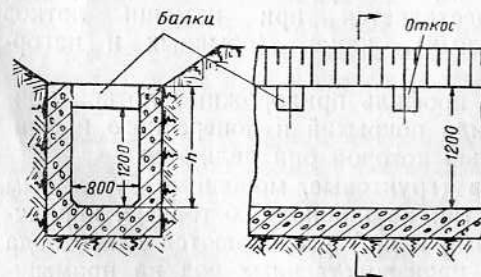


Рис. 60. Железобетонный лоток для отвода воды

0,6—0,8 м. Максимальная глубина канав в пределах застройки принимается не более 1,6—1,8 м при максимальной глубине потока до 1,5 м.

Величина откосов канав устанавливается в зависимости от рода грунта и способа его укрепления и колеблется от нуля для канав с одеждой (железобетонные вертикальные стенки, плотные глинистые грунты и т. п.), до двукратного заложения (а иногда и более) для слабых грунтов (рыхлая земля, чернозем и т. д.).

Выбор материала для крепления канав и лотков производится с учетом допускаемой скорости течения в них воды.

Во избежание размыва откосов и дна канав или лотков расчетные скорости движения воды согласно Н и ТУ-12-49 не должны превышать предельных величин, приведенных в табл. 18.

Как указывает заслуженный деятель науки и техники проф. Е. А. Замарин, правильное назначение величин допускаемых скоростей в канавах имеет большое технико-экономическое значение, поскольку от этого зависит объем земляных работ.

На основе научного обобщения большого числа натуральных наблюдений проф. Е. А. Замарин рекомендует принимать при расчете канав значения неразмывающих скоростей течения воды, приведенные в табл. 20.

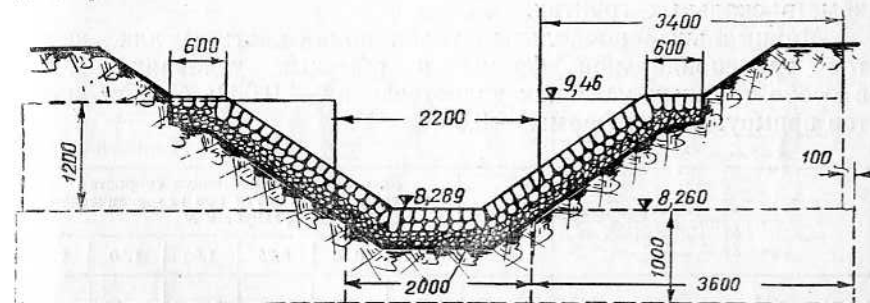


Рис. 61. Канавы трапециoidalного сечения с одеждой

При кратковременных потоках (что характерно для ливневой сети) приведенные в таблице значения могут быть повышены на 20—25%.

Канавы в пределах городских территорий, как правило, должны устраиваться с замощением или облицовкой.

При значительных размерах канав и наличии постоянного расхода допускается укрепление только лотковой части.

Кюветы. В ряде случаев, когда направление сброса воды совпадает с трассой дороги, отведение воды осуществляют при помощи придорожных кюветов треугольного, трапециoidalного или прямоугольного сечения. Форма кюветов устанавливается в зависимости от профиля дороги, а также от грунтовых и гидрогеологических условий по трассе.

Профили кюветов различных видов показаны на рис. 62.

В дренирующих грунтах при небольшом водоотведении и значительных продольных уклонах обычно устраивают кюветы трапециoidalной формы.

Кюветы трапециoidalной формы устраивают преимущественно в слабо дренирующих грунтах при больших расходах воды, а также на улицах. Заложение откосов в последнем случае принимают 1 : 1,5 при ширине дна кювета 0,4 м.

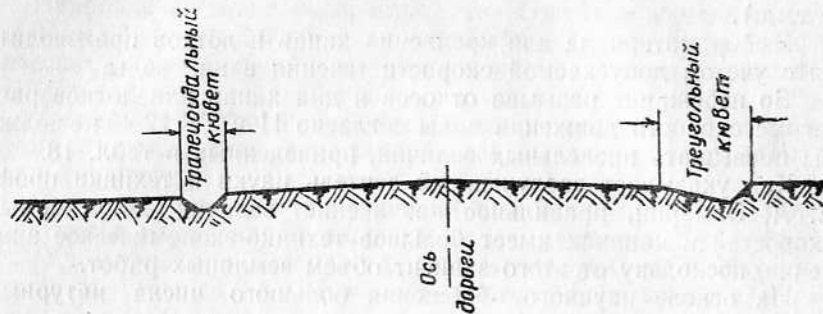


Рис. 62. Водоотводные придорожные кюветы

Кюветы прямоугольного сечения устраивают, главным образом, в скальных грунтах.

Минимальный продольный уклон принимают: а) для кюветов трапециoidalной формы в обычных условиях — 0,005; в особо трудных условиях водоотведения — 0,002; б) для кюветов прямоугольной формы — 0,003.

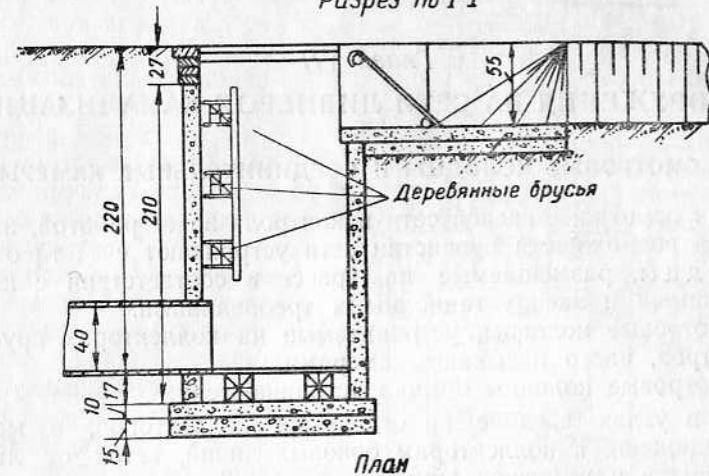
Таблица 20

Род грунтов	Значения неразмывающих скоростей течения воды в м/сек при гидравлическом радиусе в м					
	0,25	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00
Илистые	0,22	0,30	0,36	0,40	0,44	0,48
Мелкопесчаные	0,32	0,45	0,54	0,60	0,67	0,71
Слабые лёссы (замоченные)	0,37	0,53	0,63	0,70	0,78	0,83
Средние	0,43	0,61	0,72	0,80	0,90	0,95
Плотные	0,49	0,68	0,81	0,90	1,01	1,07
Уплотненные лёссы	0,65	0,86	1,00	1,10	1,24	1,34
Мелкий гравий диаметром до 0,5 см	0,65	0,72	0,86	0,95	1,06	1,13
Средний гравий диаметром до 1 см	0,71	0,80	0,95	1,05	1,19	1,25
Крупный гравий диаметром до 1,5 см	0,78	0,87	1,04	1,15	1,30	1,37
Мелкая галька диаметром 1,5—5 см	0,83	1,09	1,27	1,40	1,58	
Средняя галька диаметром 5—10 см	1,03	1,37	1,58	1,75	1,96	
Крупная галька диаметром 10—15 см	1,18	1,56	1,81	2,00	2,26	

В выемках вместо кюветов иногда устраивают пологие каменные или бетонные лотки.

Для перехвата поверхностных вод, стекающих с вышележащих участков (косогоров и т. п.) на застроенные территории или дороги, устраивают нагорные каналы. Трасса канав долж-

Разрез по I-I



План

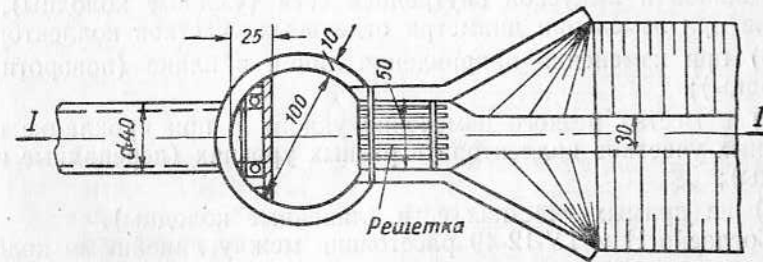


Рис. 63. Присоединение канавы к подземной ливневой сети

на быть увязана со схемой застройки; она должна проходить не менее чем в 100—150 м от линии водораздела.

Ширина нагорных канав по дну принимается не менее 0,5 м, а глубина—согласно гидравлическому расчету. Откосы нагорных канав выполняют полукторными. Размещаются нагорные каналы на расстоянии не менее 5 м от бровки выемки и не менее 2 м от подошвы насыпи.

Для уменьшения протяженности искусственных водостоков имеющиеся на застроенной территории естественные русла (овраги, ручьи и пр.) обычно включают в общую систему водоотводных устройств. Необходимые для этого работы по расчистке, приданию необходимых размеров и уклонов проводятся заблаговременно.

В ряде случаев приходится открытую сеть водостоков при соединять к закрытой (подземной) сети; конструкция сопряжения коллектора с открытой канавой показана на рис. 63.

Для предохранения закрытой сети от засоров перед соединительным колодцем устанавливают решетку.

Глава VII

СООРУЖЕНИЯ НА СЕТИ ЛИВНЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

1. СМОТРОВЫЕ КОЛОДЦЫ И СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ КАМЕРЫ

Для осмотра ливневой сети и контроля за ее работой, а также для возможности прочистки сети устраивают смотровые колодцы, размещаемые на трассе в соответствии с конструктивными и эксплуатационными требованиями.

Смотровые колодцы, устраиваемые на коллекторах крупных диаметров, часто называют камерами.

Смотровые колодцы обычно устраиваются:

а) в узлах соединения отдельных коллекторов, в местах присоединения к коллекторам боковых линий, веток от ливнеприемников и выпусков внутренней сети (узловые колодцы), а также при изменении диаметра отдельных участков коллектора;

б) при изменении направления линии в плане (поворотные колодцы);

в) в местах резкого изменения уклона и при прокладке отдельных участков коллектора в разных уровнях (перепадные колодцы);

г) на прямых участках сети (линейные колодцы).

Согласно Н и ТУ-12-49 расстояния между линейными колодцами принимаются:

для трубопроводов диаметром	до 700 мм	не более 75 м
"	до 700—1 400 мм	" " 150 м
"	более 1 400 мм	" " 250 м

Смотровые колодцы устраивают разнообразных конструкций из различных материалов в зависимости от размеров колодцев, местных условий и гидрогеологических особенностей трассы: в сухих грунтах, при резком колебании уровня грунтовых вод, при постоянном уровне грунтовых вод и т. д.

Устраивают колодцы из бетона, железобетона, кирпича (прямого и декального), дерева, бута и других местных материалов; в некоторых случаях для изготовления отдельных частей колодца применяются разные материалы.

Форма колодцев в плане определяется их габаритами, диа-

метром обслуживаемой сети, а также родом материала и принятой конструкцией.

На сетях диаметром 600 мм (и меньше) обычно устраивают колодцы круглой формы в плане, при более крупных диаметрах трубопровода устраивают колодцы прямоугольной формы.

Рабочая камера колодца должна иметь высоту не менее 1,8—2,0 м.

Прямоугольные колодцы на крупных коллекторах обычно устраиваются с плоским или сводчатым перекрытием со стволом из готовых бетонных элементов или из кирпича. Размер одной стороны прямоугольного колодца в плане (по направлению течения) обычно принимают постоянным—равным 1 м, а размеры другой стороны определяют по формуле¹:

$$L = D + 2b,$$

где D — внутренний диаметр трубы в мм;

b — ширина банкетов или бортиков, равная 0,2 м.

Конструкция кирпичных колодцев для коллекторов диаметром 700—1 000 мм показана на рис. 64.

На коллекторах крупных диаметров смотровые колодцы устраиваются иногда в виде шахт, которые устанавливаются непосредственно на коллектор.

При строительстве ливневой канализации следует преимущественно применять колодцы сборных конструкций.

¹ Но не менее 0,90 м.

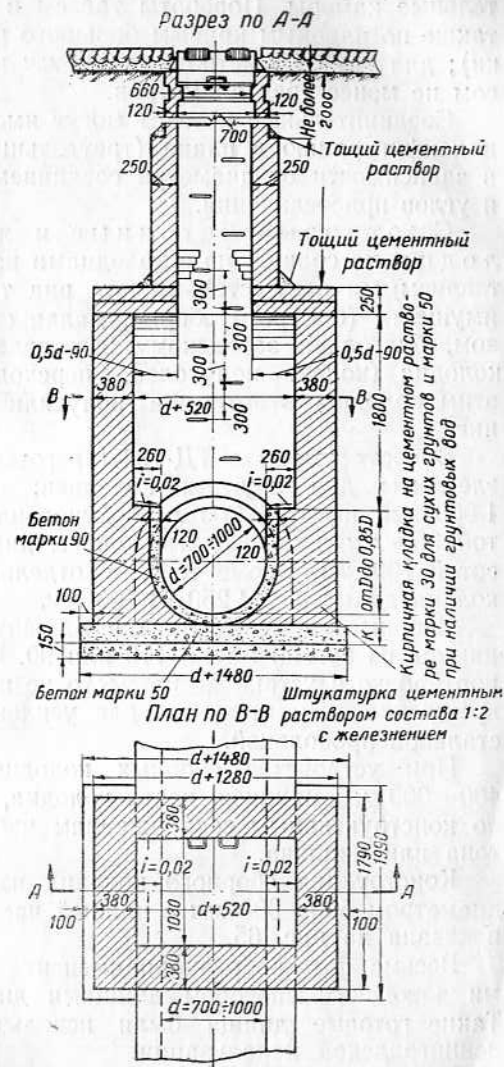


Рис. 64. Кирпичные колодцы на коллекторах диаметром от 700 до 1 000 мм

Соединительные камеры. В местах соединения коллекторов и каналов крупных диаметров (более 600 мм) устраиваются колодцы крупных размеров, так называемые соединительные камеры. Повороты трассы в этом случае производятся также по плавным кривым большого радиуса (поворотные вставки); для труб диаметром от 600 мм и больше по кривой радиусом не менее трех диаметров.

Соединительные камеры могут иметь различные конструкции и конфигурации в плане (треугольные, многоугольные и пр.) в зависимости от диаметра соединяемых коллекторов, их числа и углов присоединения.

Смотровые бетонные и железобетонные колодцы по сравнению с колодцами из других материалов (изготавливаемыми на месте) имеют ряд технико-экономических преимуществ (быстрота сборки, малая стоимость), главным образом, благодаря заводскому изготовлению отдельных элементов колодца (колец, полуколец, переходных конусов). В связи с этим колодцы этого типа получили наибольшее распространение.

В соответствии с ТД-1947¹ изготавливают следующие типовые элементы для круглых колодцев: кольца диаметром 700 и 1 000 мм; высотой 700 мм; полукольца тех же диаметров, высотой 350 мм и переходные конусы диаметром 700/1 000 мм, высотой 700 мм. Кроме того, в отдельных случаях изготавливают кольца диаметром 1 250—1 500 мм.

Сборные элементы имеют толщину стенок 100 мм и выполняются из бетона марки 110 или 90. Ввиду того, что при транспортировке и установке на место не исключена возможность повреждения элементов, они для усиления прочности армируются стальной проволокой.

При устройстве сборных колодцев на сети диаметром 400—600 мм нижнюю часть колодца, соединяемую с трубами, по конструктивным соображениям изготавливают на месте из бетона или кирпича.

Конструкция сборного колодца из готовых колец для труб диаметром 500—600 мм с нижней частью, набиваемой на месте, показана на рис. 65.

Весьма целесообразно применение колодцев с изготовленными заводским способом днищами диаметром 1 000—1 400 мм. Такие готовые днища были использованы при строительстве ленинградской канализации.

В тех случаях, когда высота колодцев не кратна высоте сборных элементов (в том числе и полуколец), верх горловины наращивается кирпичом, укладываемым плашмя.

На коллекторах диаметром 1 000 мм и более устраиваются железобетонные колодцы с рабочей камерой прямоугольной формы в плане.

¹ Типовые детали зданий, разд. IX, Стройиздат, 1947.

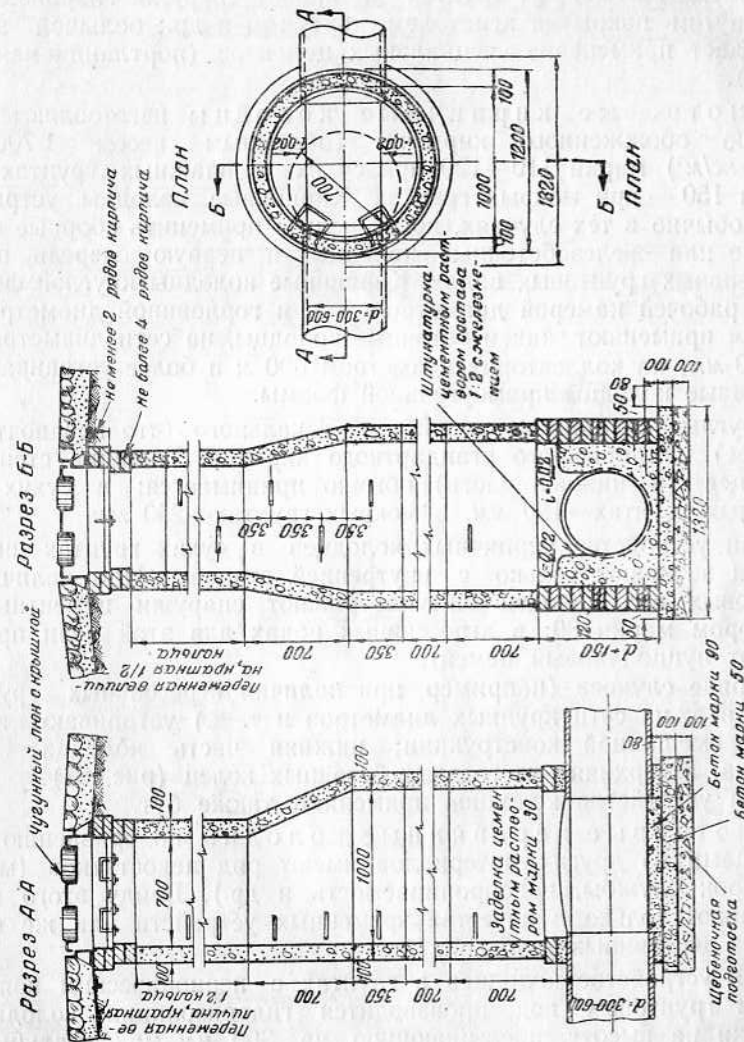


Рис. 65. Колодцы из бетонных колец в сухих грунтах для труб диаметром 500—600 мм

Колодцы эти обычно имеют плоское железобетонное перекрытие с отверстием, над которым устанавливается ствол (шахта).

Конструкция бетонного колодца для коллекторов диаметром 700—2 000 мм показана на рис. 66.

Колодцы в мокрых грунтах защищают снаружи гидроизоляцией путем покрытия игнатолеом, битумом и др.; большой эффект дает применение специальных цементов (портландцемента и др.).

Смотровые кирпичные колодцы изготовляют из хорошо обожженного кирпича (объемным весом 1 700—2 000 кг/м³) марки 110—120 при сухих и влажных грунтах и марки 150 — при мокрых грунтах. Кирпичные колодцы устраивают обычно в тех случаях, когда нельзя применить сборные бетонные или железобетонные колодцы, в первую очередь при агрессивных грунтовых водах. Кирпичные колодцы круглой формы с рабочей камерой диаметром 1 м и горловиной диаметром 700 мм применяют, как и бетонные колодцы, на сети диаметром до 600 мм; на коллекторах диаметром 600 мм и более устраивают кирпичные колодцы прямоугольной формы.

Круглые колодцы выполняют из лекального (что предпочтительнее) или обычного стандартного кирпича. Толщина стенок колодцев (в нижней части) обычно принимается: в сухих и влажных грунтах—120 мм, в мокрых грунтах—250 мм.

При устройстве кирпичных колодцев в сухих грунтах швы кладки затирают только с внутренней стороны. При наличии грунтовых вод колодец оштукатуривают снаружи цементным раствором марки 80; в агрессивных водах для этой цели применяют пуццолановый цемент.

В ряде случаев (например, при наличии агрессивных грунтовых вод, на сети крупных диаметров и т. д.) устраивают колодцы смешанной конструкции; нижняя часть колодца — из кирпича, а верхняя — из готовых бетонных колец (рис. 67).

Для устройства колодцев применяют также бут.

Смотровые деревянные колодцы по сравнению с колодцами из других материалов имеют ряд недостатков (малый срок службы, водонепроницаемость и др.). Ввиду этого их применяют только в качестве временных устройств или же на сети из деревянных труб.

При устройстве колодцев в грунтах с периодическим появлением грунтовых вод производится гидроизоляция колодца снаружи на высоту, превышающую на 300 мм максимальный уровень грунтовых вод. Род гидроизоляции устанавливается в зависимости от напора и скорости движения грунтовых вод и их состава. В частности применяют глиняный экран из слоя жирной, хорошо перемятой глины толщиной 300 мм, цементную штукатурку с железнением и т. д.

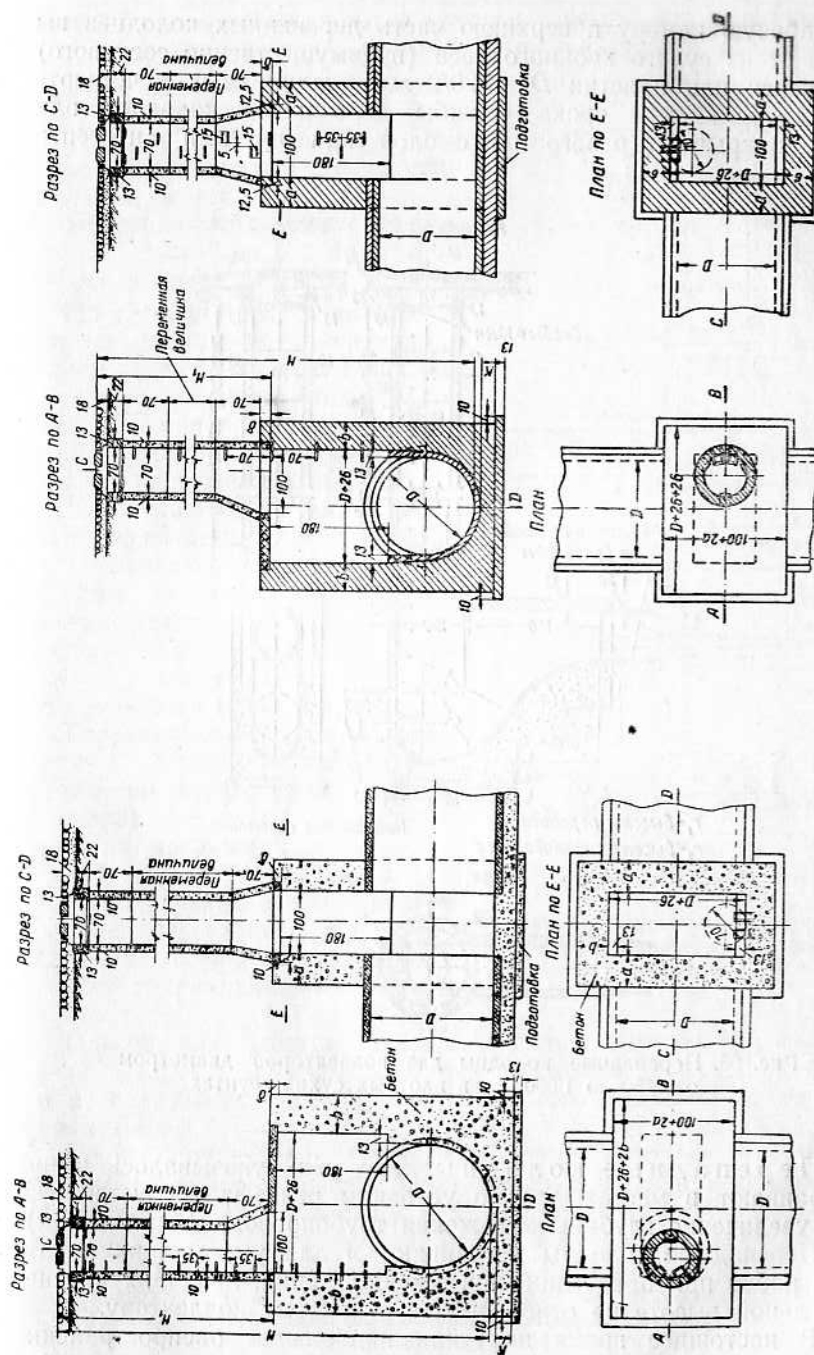


Рис. 66. Бетонные колодцы на коллекторах диаметром от 700 до 2 000 мм

Рис. 67. Кирпичные колодцы с бетонной горловиной на коллекторах диаметром от 700 до 2 000 мм

Рабочую камеру и верхнюю часть деревянных колодцев выполняют из сухого хвойного леса (преимущественно соснового), из бревен или пластин $D = 220/2$ мм, соединяемых в четверть.

Для удлинения срока службы деревянных колодцев пластины покрывают разогретой смолой или другими антисептиками.

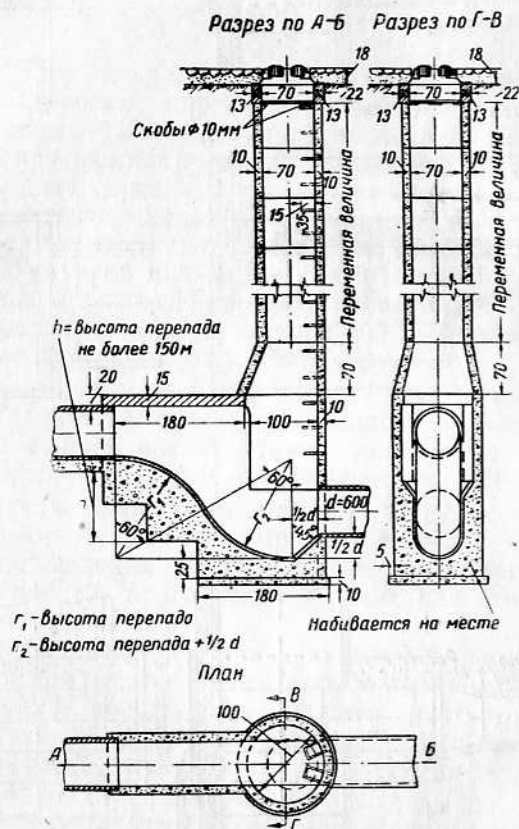


Рис. 68. Перепадные колодцы для коллекторов диаметром от 450 до 1000 мм в плотных сухих грунтах

Перепадные колодцы, как уже указывалось выше, устраивают в местах, где по условиям рельефа требуется резкое увеличение глубины заложения трубопровода (более 0,7 м).

Перепадные колодцы устраивают и для уменьшения земляных работ при присоединении боковых линий, лежащих на значительной высоте по отношению к основному коллектору.

В настоящее время получили наибольшее распространение перепады в виде открытого водослива внутри колодца (по

типу быстротока, гуська и т. д.) с водобоем для получения затопленного прыжка, обладающие рядом преимуществ по сравнению с другими конструкциями колодцев (возможность осмотра, незасоряемость и т. д.).

Конструкция перепадного колодца с открытым водосливом показана на рис. 68.

Перепады этого типа применяются для труб диаметром 450 мм и более.

На сети диаметром до 400 мм обычно применяют перепадные колодцы с расположенной вне колодца вертикальной трубой (рис. 69), менее удобные в эксплуатации. Высота перепадов этого типа не превышает 3 м.

Для гашения скорости стекающей воды внутри колодцев иногда устраивают водяные подушки.

Один из таких колодцев показан на рис. 70.

При высоте перепада более 2 м устраивают два стоящих рядом перепадных колодца.

Гидравлический расчет перепадных колодцев может быть произведен по формулам для сопряжения бьефов или по специальной номограмме².

Лотки являются одним из наиболее ответственных элементов колодца; от качества их выполнения в значительной мере зависят гидравлические условия работы сети.

Поверхность лотков должна быть идеально гладкой, иметь форму, соответствующую гидравлическим требованиям, и плавный переход к трубам, совпадающий с их направлением.

Радиус закругления (поворота) крупных коллекторов (диаметром 1200 мм и более) принимается равным 1,5—2 диаметра канала.

¹ Иногда и больше (в зависимости от высоты перепада).

² З. Н. Шишкин, Я. А. Карелин, С. К. Колобанов, С. В. Яковлев, Г. Л. Зак. Канализация, Гос. издательство литературы по строительству и архитектуре, 1951; М. А. Черноусов, Специальный курс гидравлики, Госэнергониздат, 1949.

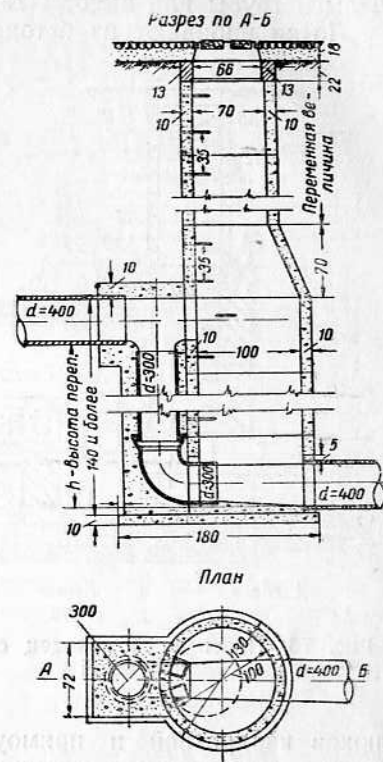


Рис. 69. Перепадный колодец с вертикальной трубой вне колодца

Конструкция ливнеприемника с осадочной частью показана на рис. 73.

В настоящее время сеть ливневой канализации Москвы и других городов СССР оборудована ливнеприемниками без оса-

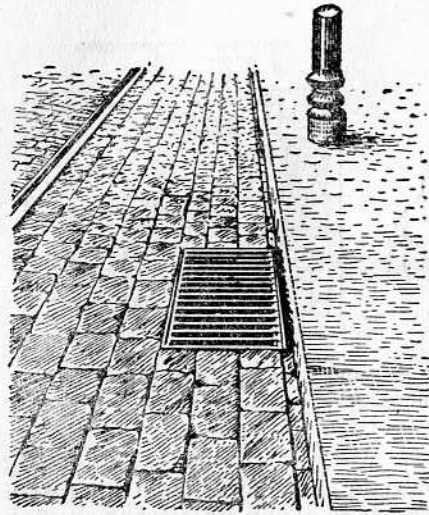


Рис. 72. Общий вид установки ливнеприемника на мостовой

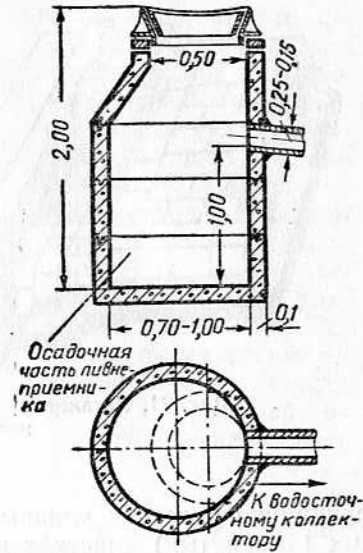


Рис. 73. Ливнеприемник с осадочной частью

дочников; эксплуатация этих ливнеприемников в течение ряда лет показала вполне удовлетворительные результаты.

Ливнеприемники с осадочной частью¹ применяют только в отдельных случаях; в частности такие ливнеприемники применяют в Ленинграде, где ливневые сети имеют малые уклоны. Глубина осадочника принимается не менее 0,60 м.

Ливнеприемники устраивают из кирпича, бута или бетона, они бывают прямоугольной или круглой формы в плане.

Приемные решетки и отверстия в ливнеприемниках могут быть расположены как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости.

В ряде наших городов применяют свои местные конструкции ливнеприемников. Наибольшее распространение в нашей практике получили ливнеприемники московского типа (рис. 74)

¹ Ливнеприемники этого типа оборудуются в некоторых случаях металлическими щитками для защиты от поступления осадков из ливнеприемника в сеть.

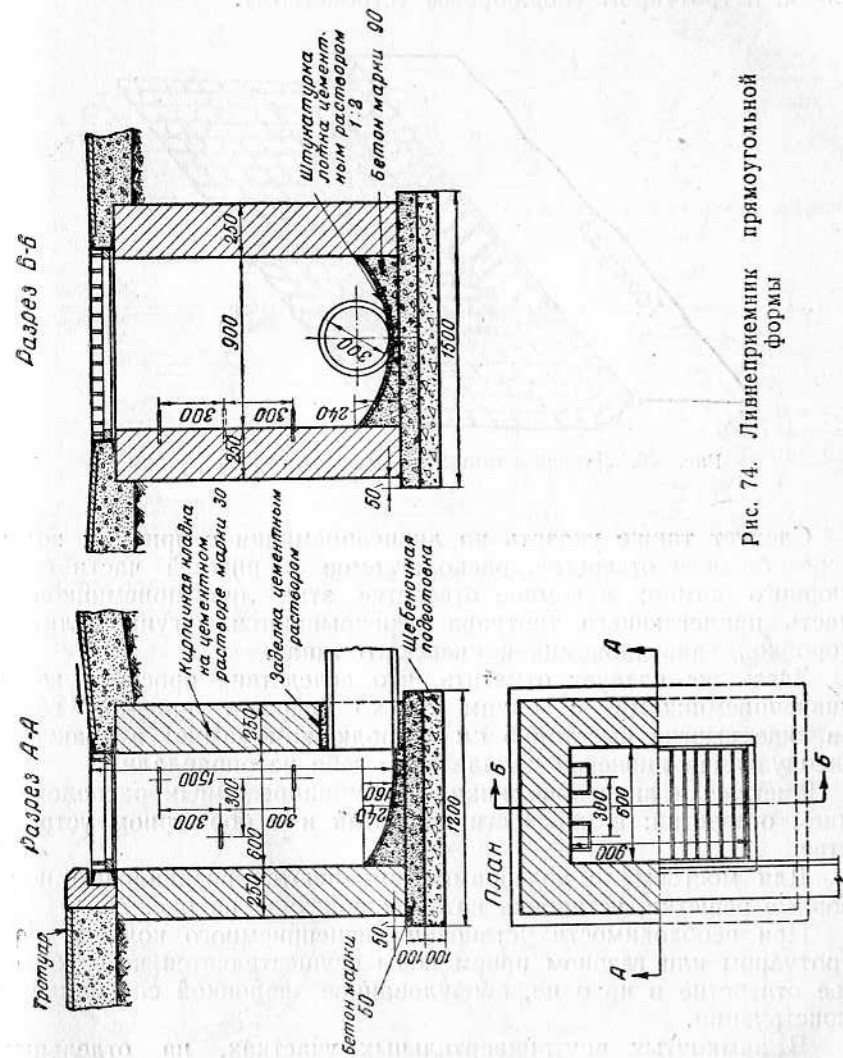


Рис. 74. Ливнеприемник прямоугольной формы

в виде кирпичного колодца прямоугольной формы 900×600 мм (в свету) без осадочника. Ливнеприемники эти оборудованы съемной металлической решеткой, их устанавливают в лотках мостовой длинной стороной вдоль лотка. Конструкция их обеспечивает надлежащий прием воды и хорошее сопряжение с мостовой и тротуаром (бордюрным устройством).

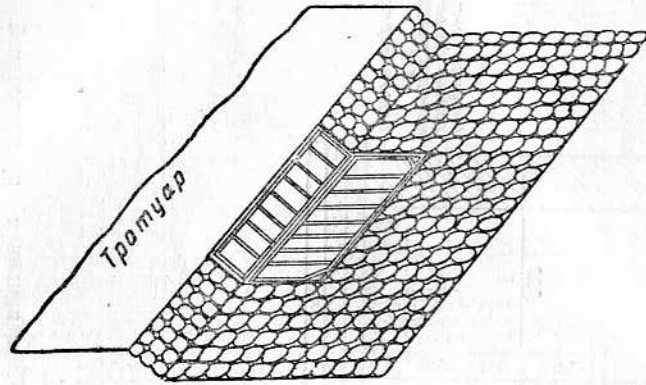


Рис. 75. Ливнеприемник для мостовой с подзором

Следует также указать на ливнеприемники с приемом воды через боковое отверстие, располагаемое в нижней части бордюрного камня; приемное отверстие этих ливнеприемников и часть прилегающего тротуара перекрываются чугунной литой коробкой (ливнеприемники киевского типа).

Здесь же следует отметить, что вследствие проскока воды ливнеприемниками с одним только боковым приемом воды (в виде выреза высотой 5 см в бордюрном камне) в практике эксплуатации ливневой канализации себя не оправдали.

Имеются и ливнеприемники с комбинированным расположением отверстий: в плоскости покрытия и в бордюрном устройстве.

Для мостовых с подзорами применяются специальные подзорные решетки, установка которых показана на рис. 75.

При необходимости установки ливнеприемного колодца под тротуаром или газоном прием воды осуществляется через боковое отверстие в колодце; оборудованное воронкой специальной конструкции.

В замкнутых внутриквартальных участках, на отдельных площадях и в других местах иногда устанавливают ливнеприемники круглой формы (рис. 76) с решеткой диаметром 1 000 и 700 мм (рис. 77).

Установка круглых решеток в лотках у тротуаров не применяется из-за трудности сопряжения с покрытием.

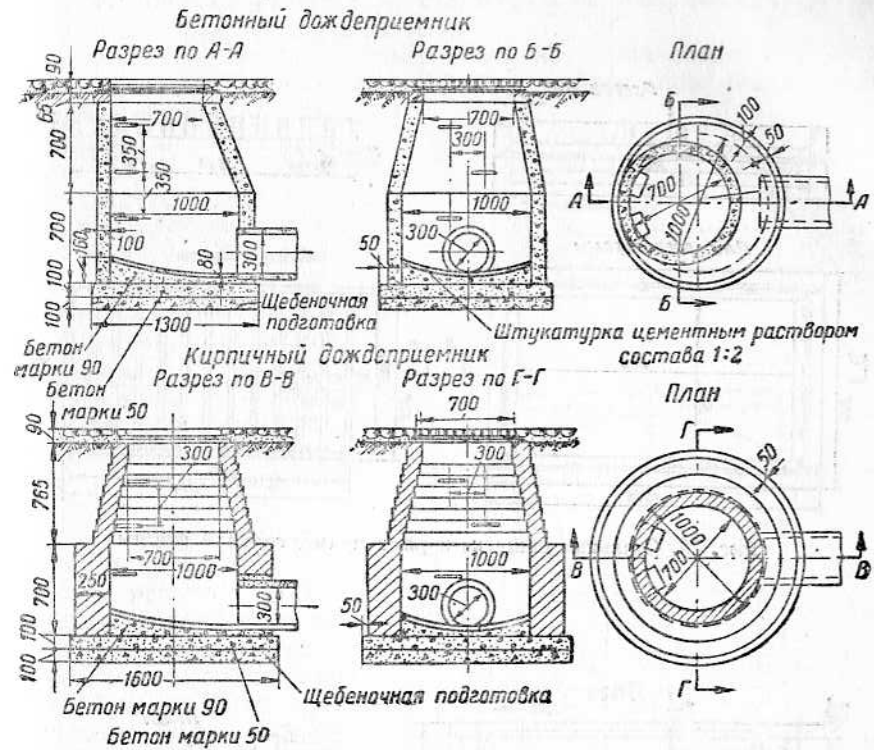


Рис. 76. Бетонные и кирпичные ливнеприемники круглой формы

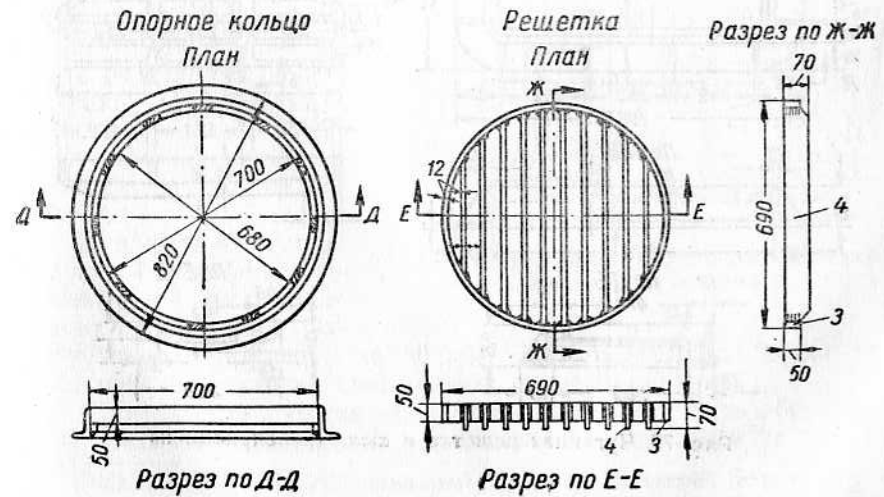


Рис. 77. Стальная решетка и люк круглой формы

При размещении ливнеприемников в плане прежде всего по проекту вертикальной планировки определяют пониженные участки местности, на которых необходимо установить ливнеприемники. После этого переходят к размещению ливнеприемников у перекрестков, а также на улицах и проездах.

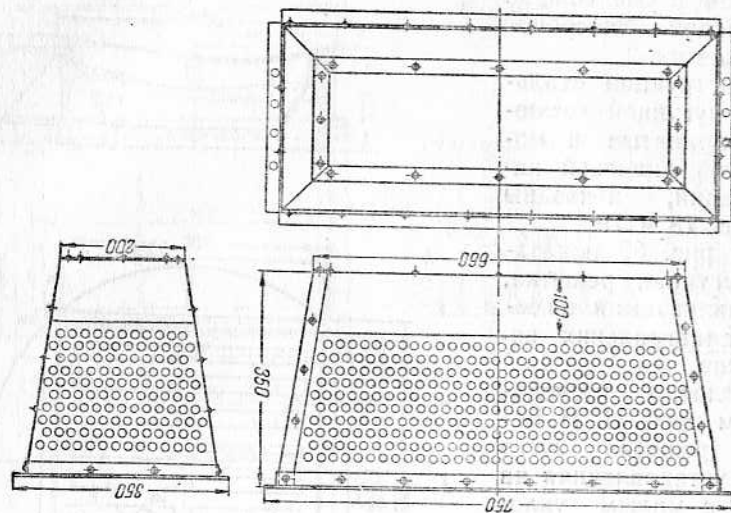


Рис. 81. Грязеуловитель для ливнеприемника

Ливнеприемники размещают по длине улиц и проездов (между перекрестками) на определенном расстоянии, которое зависит от рода дорожных покрытий, продольного уклона и пропускной способности лотков, а также от поперечного профиля улицы¹.

При размещении ливнеприемников следует учитывать наличие и возможность последующего озеленения улиц.

Размещение ливнеприемников и смотровых колодцев в местах остановок городского транспорта (троллейбусов, автобусов и пр.) не допускается.

Особое внимание при проектировании уделяют установке ливнеприемников у перекрестков. Правильно размещенные (выше линии перехода) ливнеприемники перехватывают воду и не пропускают ее за линию перекрестка; кроме того, отпадает необходимость устройства поперечных лотков (рис. 82), имеющих ряд эксплуатационных неудобств. Особенно сказываются эти

¹ Чем больше поперечный уклон улицы, тем чаще должны быть установлены ливнеприемники, поскольку максимальная высота слоя воды в лотке лимитируется высотой бордюрного камня и условиями защиты тротуара от заливания.

неудобства во время сильных ливней, когда вследствие переполнения лотков вода разливается по всей площади перекрестка, затрудняя движение пешеходов и транспорта. При этом ухудшаются санитарно-гигиенические условия (из-за скопления и разлива воды), дорожная одежда разрушается, а проезд через поперечные лотки отрицательно сказывается на состоянии автомашин.

Эти ливнеприемники обычно служат также и для приема воды с площади перекрестка, что должно быть предусмотрено схемой вертикальной планировки.

Примеры расстановки ливнеприемников у перекрестков показаны на рис. 83 и 84.

Размещение ливнеприемников по длине улиц производится с учетом принятой схемы движения воды к приемным решеткам.

Установка начальных ливнеприемников производится на расстоянии в среднем 100—150 м от границы водораздела.

В тех случаях, когда вода с кварталов стекает в лотки равномерно по всей длине улицы, ливнеприемники устанавливают на определенном расстоянии друг от друга. При поступлении воды в лотки сосредоточенными расходами из отдельных мест (например, с въездов в квартал и т. п.) ливнеприемники устанавливают вблизи этих мест. При этом ливнеприемники целесообразно устанавливать также и внутри самих кварталов (на развитой внутриквартальной сети) для частичного перехвата воды и облегчения работы уличных устройств.

С целью перехвата воды, стекающей на основную магистраль с боковых улиц, расположенных на склонах, ливнеприемники размещают обычно на боковых улицах.

При двускатном профиле улицы ливнеприемники в поперечном профиле размещают с каждой стороны проезда.

На магистралях значительной ширины с несколькими переечениями поперечного профиля (2—3 проезжие части) ливнеприемники размещают в каждой лотке проезжей части.

Расстояние между линейными ливнеприемниками определяют по расчету в зависимости от площади стока, пропускной

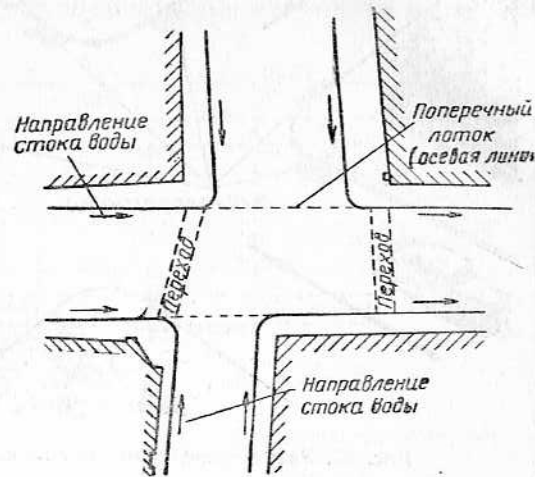


Рис. 82. Устройство поперечных лотков на перекрестке

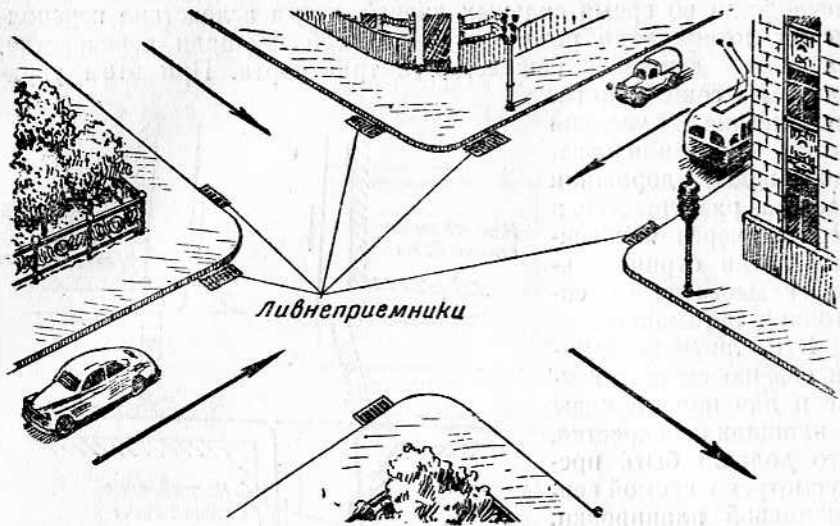


Рис. 83. Размещение ливнеприемников у перекрестка

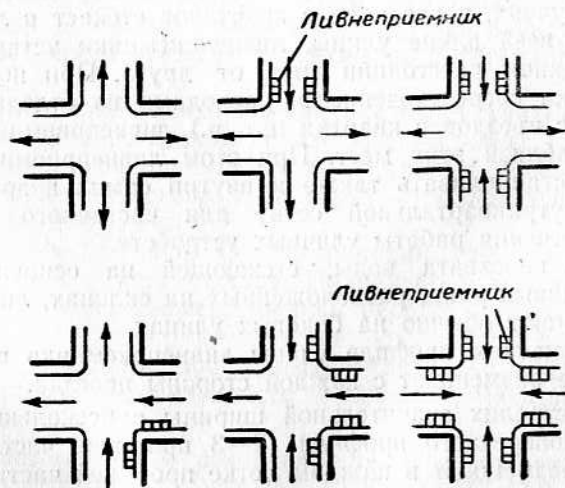


Рис. 84. Варианты размещения ливнеприемников у перекрестков

способности лотков, приемной решетки и обслуживающего коллектора.

При определении пропускной способности лотков и расстояний между соседними ливнеприемниками предельное заполнение

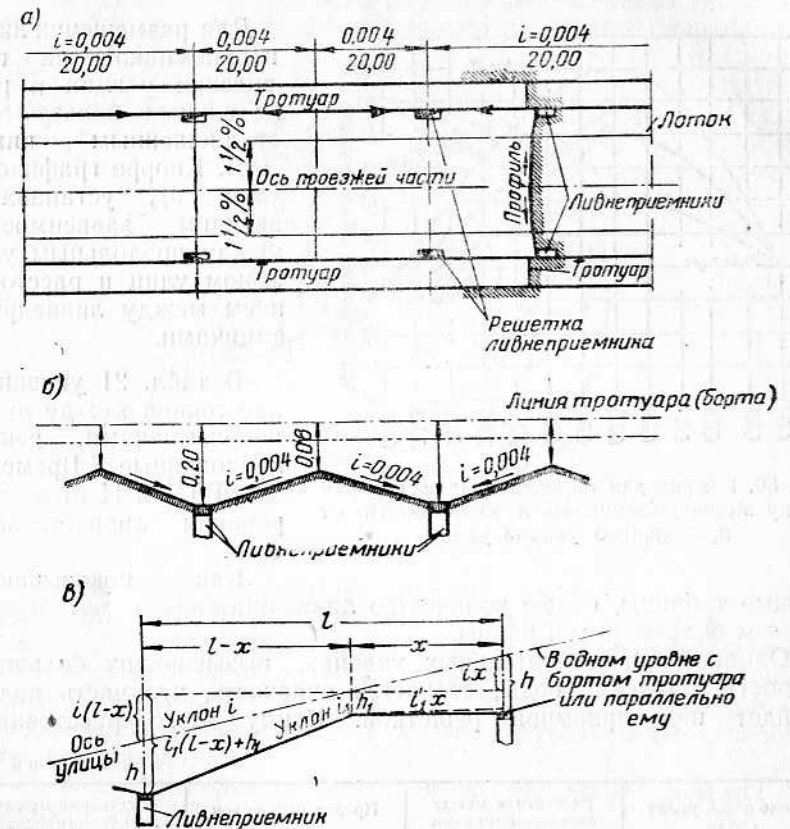


Рис. 35. Устройство лотков пилообразного профиля

а — план улицы; б — продольный профиль улицы по оси и пилообразный профиль лотка; в — схема для определения расстояния между ливнеприемником при пилообразном профиле лотка

лотков водой принимают в 120 мм, исходя из принятой высоты бордюрных устройств 150—200 мм.

Расстояние между ливнеприемниками при пилообразном профиле лотка (рис. 85) может быть определено по формуле:

$$l = \frac{2i(h-h_1)}{i_1^2 - i^2}$$

где l — расстояние между ливнеприемниками;
 i — продольный уклон проезжей части;

- i_1 — наименьший продольный уклон уличного лотка;
- h — разность отметок верха бортового камня и лотка (наибольшая);
- h_1 — разность отметок верха бортового камня и лотка (наименьшая).

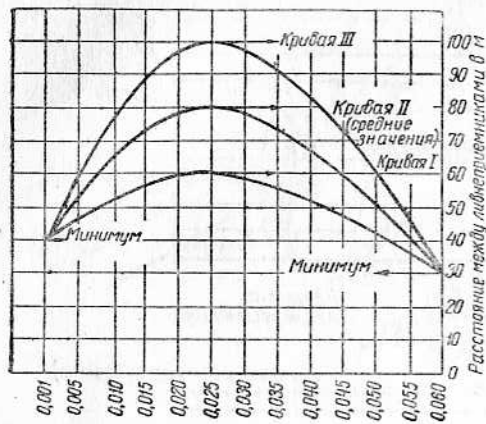


Рис. 86. График для определения расстояний между ливнеприемниками в зависимости от продольного уклона улицы

Для размещения ливнеприемников на городских улицах в ряде случаев пользуются предложенным инж. Э. В. Кнорре графиком (рис. 86), устанавливающим зависимость между продольным уклоном улиц и расстоянием между ливнеприемниками.

В табл. 21 указаны расстояния между ливнеприемниками, рекомендованные Временными ТУ и Н проектирования ливнесточной сети.

Как показывают данные таблицы, общее количество ливнеприемников тем меньше, чем больше уклон улицы.

Однако при значительных уклонах, вызывающих большие скорости движения воды, создается опасность, что часть воды пройдет над приемной решеткой. Ввиду этого расстояния

Таблица 21

Продольный уклон улицы	Расстояние между ливнеприемниками в м	Продольный уклон улицы	Расстояние между ливнеприемниками в м
до 0,004	50	от 0,007 до 0,01	70
от 0,004 до 0,006	60	от 0,01 до 0,03	80
		свыше 0,03	60

между ливнеприемниками несколько уменьшают; в первую очередь это относится к улицам, расположенным на склонах и в тальвегах. В отдельных случаях расстояния между ливнеприемниками уменьшают также на улицах с небольшими уклонами с тем, чтобы предупредить разливы воды на значительной площади.

В местах, где может происходить значительный сток воды с большой скоростью, устанавливают спаренные ливнеприемни-

ки, иногда с общей отводной трубой до смотрового колодца на уличном коллекторе.

Ориентировочное количество ливнеприемников на промышленных площадках и внутри кварталов устанавливают из расчета примерно 3 000 м² площади на один приемник.

В отдельных случаях кроме установки основных линейных ливнеприемников может потребоваться установка дополнитель-

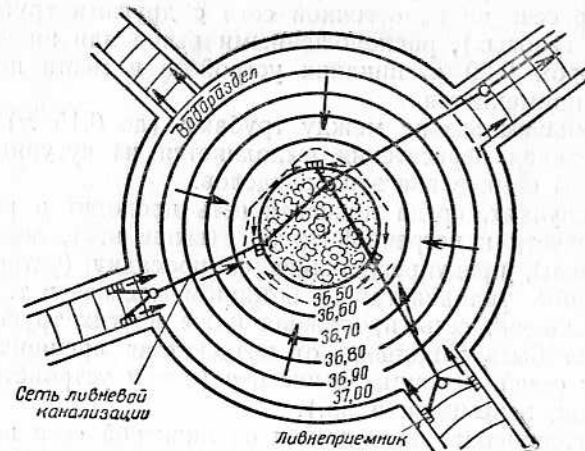


Рис. 87. Размещение ливнеприемников на площади

ных приемников. В первую очередь это относится к площадкам перед входом в здания общественного назначения (театры, вокзалы и т. п.), где нежелательно устройство поперечных лотков, но где вместе с тем должны быть обеспечены надлежащие условия для движения пешеходов и транспорта во время ливней. С этой целью ливнеприемники в ряде случаев также располагают попарно.

Расположение ливнеприемников на городской площади показано на рис. 87.

Глубина ливнеприемников принимается в соответствии с климатическими условиями и интенсивностью движения транспорта в пределах от 1,00 до 2,00 м (от лотка мостовой до лотка колодца).

При необходимости установки ливнеприемников в зоне, занятой другими сетями и коммуникациями (кабели, вводы и пр.), применяют специальные конструкции колодцев высотой 0,50—1,00 м, причем ответвление (из чугунных или бетонных труб) прокладывают с уклоном не менее 0,05.

Ливневая сеть Москвы в значительной части оборудована ливнеприемниками глубиной 1,80 м, причем случаев их замерзания при надлежащей эксплуатации и укрытии решеток не наблюдалось.

3. УСТРОЙСТВО ЛИВНЕВОЙ СЕТИ ПРИ ПЕРЕСЕЧЕНИИ С КОММУНИКАЦИЯМИ И ИНЖЕНЕРНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ

Пересечение ливневых сетей с подземными трубопроводами. При размещении ливневых сетей в вертикальном профиле приходится сталкиваться с различными случаями пересечений, причем наибольшее число пересечений приходится на территории с развитым подземным хозяйством.

При пересечении водосточной сети с другими трубопроводами (кроме газовых), расположенными выше или ниже водосточков с зазором 0,20 м, никаких устройств в месте пересечения обычно не применяется.

При меньшем зазоре между трубами (до 0,15 м) ливневая сеть в пределах пересечения выполняется из чугунных труб с размещением стыков вне этих пределов.

В тех случаях, когда ливневая сеть проходит в непосредственной близости к встречной трубе (выше нее), должны быть приняты меры, предупреждающие ее просадку (устройство кожухов, упоров, укладка труб в бетонном массиве и т. д.).

Если ливневая сеть проложена ниже других трубопроводов, она должна быть защищена от воздействия внешних нагрузок со стороны сетей, лежащих выше нее (путем устройства разгрузочных арок, перемычек и пр.).

Сеть газопровода, проходящая от ливневой сети на расстоянии (по вертикали) менее 1 м, укладывается в специальном бетонном массиве, выведенном в каждую сторону от места пересечения не менее чем на 3,0 м, или же осуществляются другие защитные мероприятия.

Сети хозяйственно-питьевого водопровода и газопровода по санитарным соображениям должны быть уложены над ливневыми, с устройством специальных огибов (обводов), и только в случае крайней необходимости пропускаются через смотровой колодец на ливневой сети в специальном металлическом футляре; таким же образом прокладываются и тепловые сети.

Сети хозяйственно-фекальной канализации в месте пересечения прокладываются под ливневыми сетями в виде дюкера. Дюкер может быть устроен и на ливневой сети (имеющей постоянный проток воды), в которую регулярно сбрасываются условно чистые воды.

При пересечении с теплофикационными туннелями водостоки в отдельных случаях могут пройти и через туннель, если только это позволяют его габариты и условия эксплуатации.

При этом обычно в месте пересечения водосточный коллектор выполняется из двух металлических труб меньшего диаметра.

Переходы под железнодорожными путями и автомагистралями. При пересечении подземных водосточков с железнодорожными путями и автомагистралями устра-

ивают специальные переходы для трубопроводов, защищающие их от повреждения и тем самым предохраняющие полотно от размыва и разрушения при повреждении труб.

Конструкцию перехода принимают с учетом местных и природных условий, назначения и класса дороги, статических и динамических нагрузок и т. д. При этом обычно переходы для дорог, проходящих в выемках, устраивают дюкерного, а в остальных случаях самотечного типа.

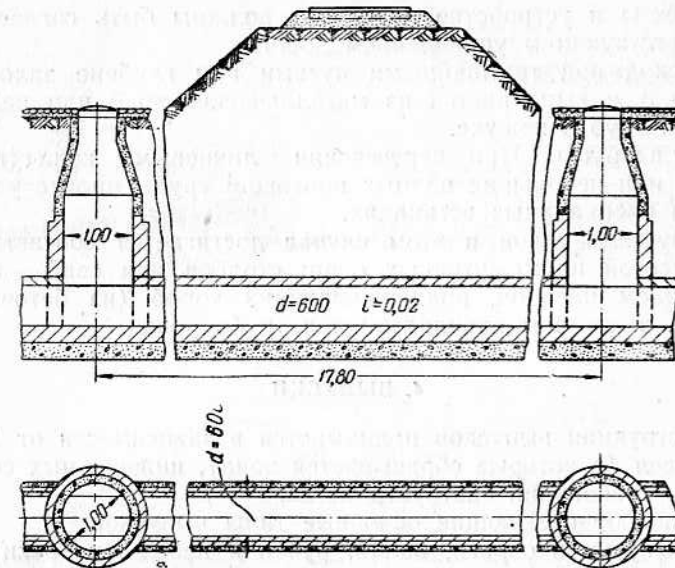


Рис. 88. Переход коллектора под железнодорожными путями

Переходы под железнодорожными путями, находящимися в ведении Министерства путей сообщения, и автомобильными дорогами I и II классов (не допускающими перерыва в движении) при диаметре сети до 400 мм выполняются из металлических труб, укладываемых в металлических или железобетонных кожухах.

Для укладки труб более крупных диаметров устраивают специальные проходные туннели или штольни высотой не менее 1,6 м. В этом случае обеспечивается полный доступ к трубопроводам и производство необходимых работ внутри туннеля без перерыва движения.

При пересечении с железнодорожными путями местного значения и соответствующей глубине укладки трубопровода (2—3 м) специальных требований к устройству переходов не предъявляют и ливневые сети из железобетонных или металлических труб укладывают обычным образом — непосредственно в земле. Устройство такого перехода показано на рис. 88.

При укладке труб на глубине до 2 м, а также в тех случаях, когда создается опасность раздавливания труб под влиянием динамических нагрузок, производят прокладку металлических (обычно стальных) труб с антикоррозийной изоляцией или же прокладку по типу «труба в трубе» (одну трубу помещают в кожух из трубы большего диаметра). При этом расстояние от головки рельса до верхней образующей труб должно быть не менее 2 м.

Проекты и устройство переходов должны быть согласованы с соответствующим управлением дороги.

Переход под трамвайными путями при глубине заложения труб до 3 м выполняется из металлических труб или неметаллических труб в кожухе.

Эстакады. При пересечении ливневыми коллекторами оврагов или небольших водных протоков¹ трубы иногда укладывают на специальных эстакадах.

Требуемый уклон в этом случае достигается соответствующей высотой промежуточных опор: столбов или свай — и расположением насадок, поддерживающих короб (из бетона или дерева), в котором прокладывается трубопровод.

4. ВЫПУСКИ

Конструкция выпусков принимается в зависимости от характера русел (в которые сбрасывается вода), инженерных соображений и требований благоустройства.

Различают следующие основные типы выпусков:

- а) выпуски в овраги, балки, ручьи и небольшие реки;
- б) выпуски в непроточные водоемы (озера, пруды);
- в) выпуски в мощные водоемы (реки), а также в моря.

В зависимости от местных условий выпуски могут быть как незатопленного типа (располагаемые выше уровня воды в водоеме), так и затопленного (подводные).

При невозможности использования для выпуска воды природных особенностей рельефа устраивают специальные водоотводные каналы для сброса воды в ближайшие естественные русла. В этом случае берег водоема или оврага в месте выпуска укрепляют специальной наброской, мощением или иным способом. Конструкция одного из таких выпусков показана на рис. 89.

Особое внимание при устройстве выпусков уделяют сопряжению их головной части с берегом, а также укреплению и предохранению береговой полосы в зоне выпуска от размыва.

При проектировании оголовков должны быть предусмотрены мероприятия по защите их от ледохода.

¹ Случаи эти при устройстве ливневой канализации встречаются весьма редко, что объясняется самой схемой и наличием ряда выпусков. Устройство же дюкеров, сооружение которых сопряжено с известными техническими трудностями, в данном случае вообще нецелесообразно.

Сброс ливневых вод в городах производится обычно в естественные водоемы (реки, озера, моря).

При устройстве выпусков в черте города особое внимание должно быть уделено конструкции и архитектурному оформлению оголовка.

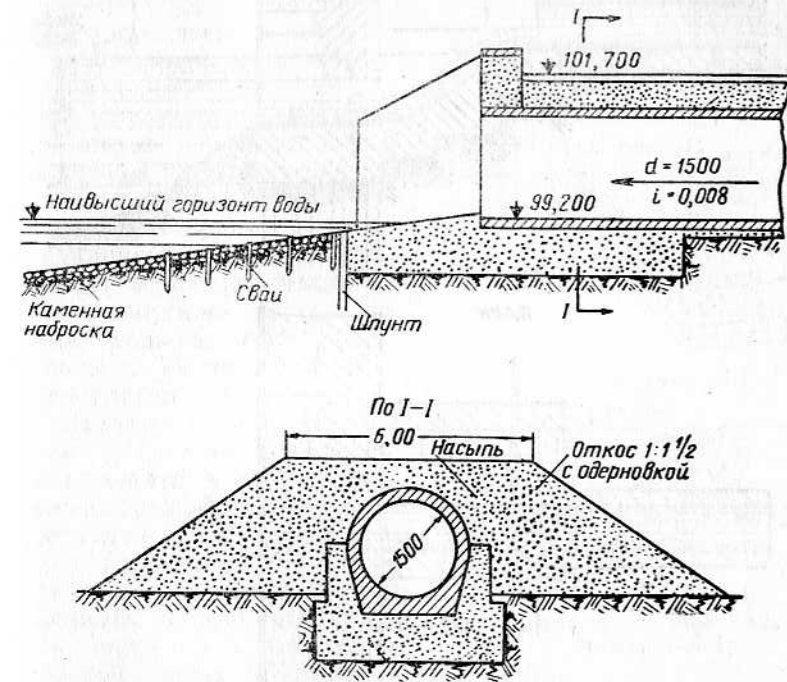


Рис. 89. Конструкция железобетонного выпуска в реку

Если набережная облицована гранитом или камнем, отверстие выпуска устраивают заподлицо с поверхностью облицовки в виде оголовка берегового типа, обычно заканчивающегося над уровнем воды.

Для обеспечения стока талой воды в весеннее время, а также других вод, удаляемых по ливневой сети, отметку выпуска принимают с учетом толщины ледяного покрова с тем, чтобы предохранить выпуск от закупорки льдом. В ряде случаев это приводит к необходимости устройства выпусков затопленного типа. Устройство такого выпуска показано на рис. 90.

При устройстве выпусков в овраги и суходолы принимают упрощенную конструкцию в виде бутовых, бетонных или кирпичных подпорных стенок с оголовками.

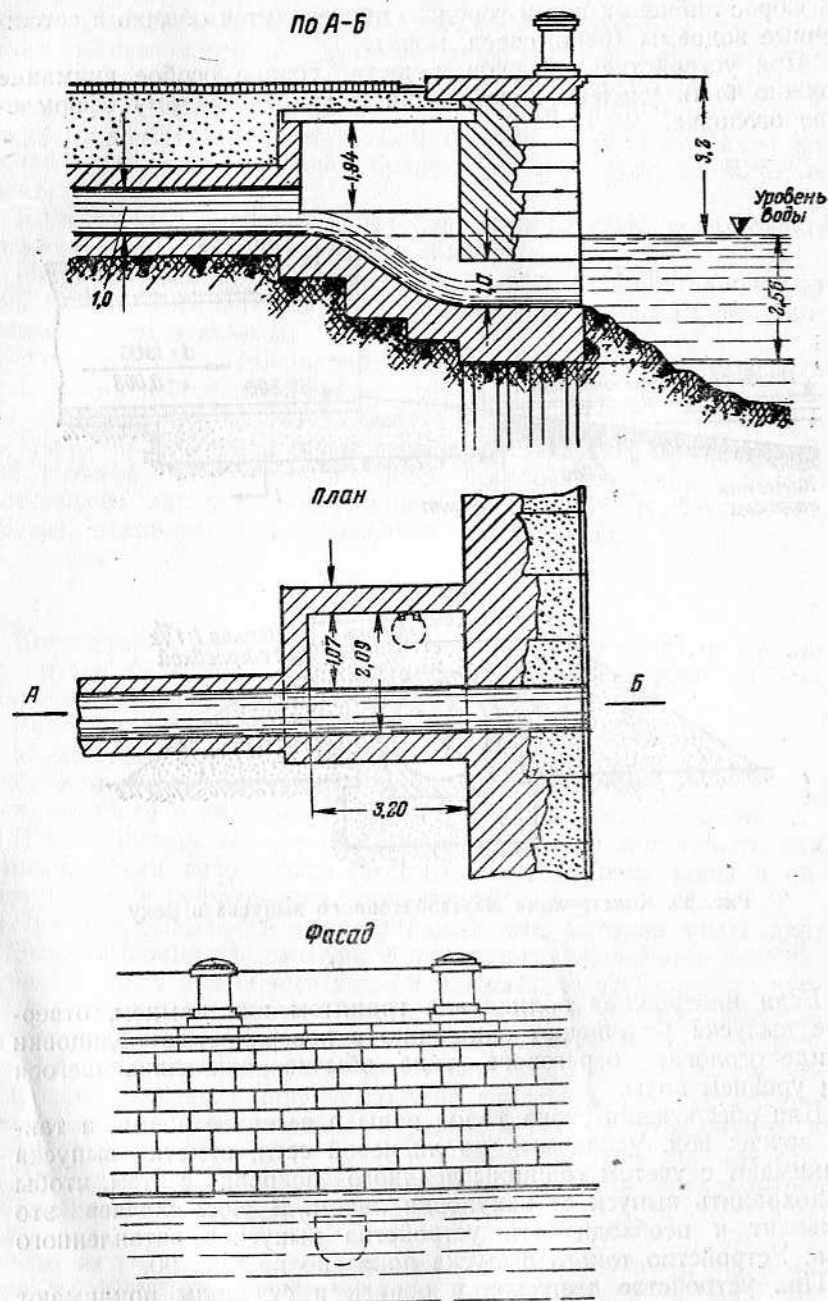


Рис. 90. Выпуск в конструкции набережной

Одна из таких конструкций показана на рис. 91.
 При открытом выпуске в виде канавы конец ее длиной не менее 10 м укрепляют защитной одеждой.

Места выпусков должны быть согласованы со схемой планировки, размещением водозаборных сооружений хозяйственно-питьевого водопровода и расположением пляжей.

По эксплуатационным соображениям в устьевой части коллекторов крупных диаметров устанавливают защитные металлические решетки.

Местоположение и конструкции выпусков на судоходных реках (за исключением выпусков берегового типа) должны быть согласованы с Управлением речного транспорта.

Выпуски в море устраивают с учетом специфических условий в зоне сброса (волнообразование, возможность изменения береговой полосы и отметок дна и пр.); при этом предусматривают защитные мероприятия против нагона в коллектор морской воды, затрудняющей сток ливневых вод.

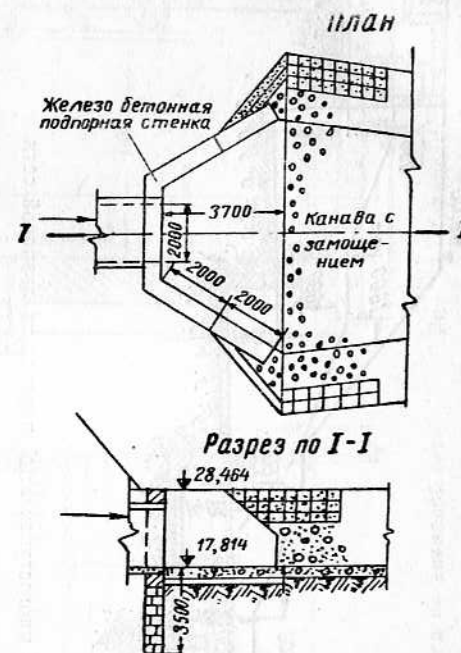


Рис. 91. Выпуск ливневых вод в замощенную канаву

5. ПЕРЕПАДЫ И БЫСТРОТОКИ

При расположении территории, обслуживаемой ливневой канализацией, на значительной высоте по отношению к месту сброса ливневых вод устраивают специальные сооружения для гашения энергии падающей воды, так называемые быстротоки и перепады¹. Последние представляют собой пороги с наклонной или вертикальной стеной и располагаются на крутом откосе выпуска.

Быстротоки и перепады выполняют из различных материалов. Выбор конструкции их производится в зависимости от местных условий, пропускной способности и инженерно-геологических условий трассы, а также от рельефа и уклона местности,

¹ Быстротоки и перепады относятся к гидротехническим сооружениям, в связи с чем вопросы их проектирования и устройства детально излагаются в гидротехнической литературе; расчет быстротоков и перепадов производится по формулам неравномерного движения, приведенным в курсах гидравлики.

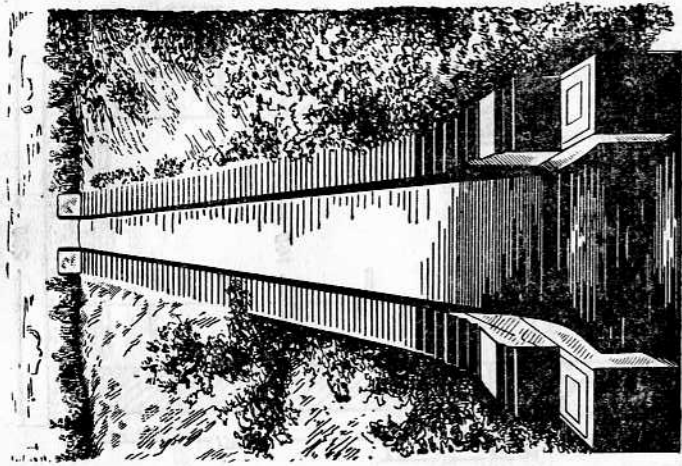


Рис. 96. Общий вид быстротока

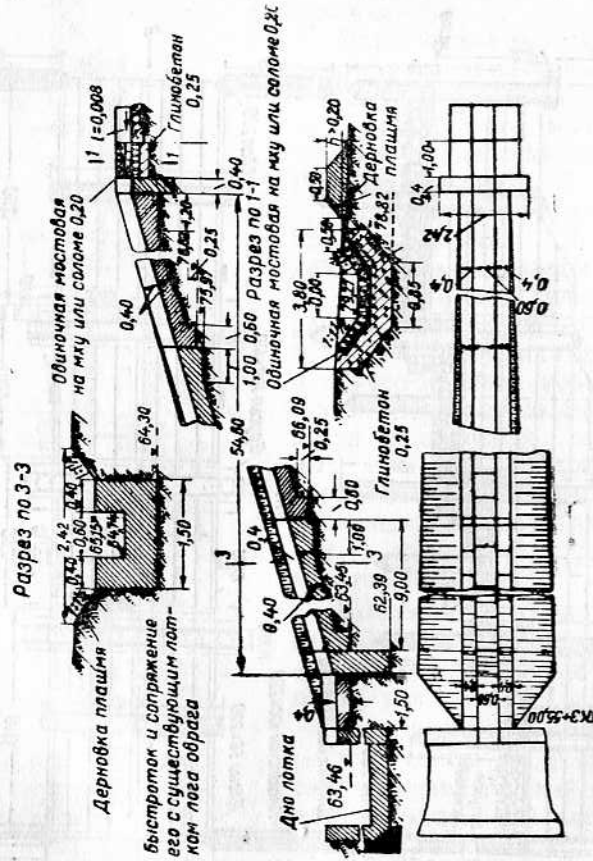


Рис. 95. Конструкция быстротока

венно быстротоком; в) нижней части, играющей роль гасителя. Конструкция быстротока показана на рис. 95.

Материал и конструкция быстротока должны обеспечить сброс воды с большими скоростями, не превышающими, однако, максимальные скорости для труб. В связи с этим быстротоки выполняют из стойких, прочных материалов, хорошо сопротивляющихся износу и истиранию; трубчатые быстротоки выполняют обычно из стальных или железобетонных труб.

Существуют два основных типа быстротоков в виде каналов и лотков: с нормальной шероховатостью, называемых обычно просто быстротоками, и с повышенной шероховатостью.

Применение быстротоков того или иного типа зависит от принятого гидравлического режима их работы и скорости движения воды; при большом количестве сбрасываемых вод обычно устраивают быстротоки с повышенной шероховатостью.

Быстротоки устраивают и при водостоках открытого типа, в первую очередь на косогорах у дорог, в тех местах, где вода, протекая с большими скоростями, может вызвать размыв грунта и нарушить движение транспорта.

Общий вид быстротока приведен на рис. 96.

6. ЛИВНЕСПУСКИ И ЛИВНЕОТВОДНЫЕ КАНАЛЫ (ПРИ ОБЩЕСПЛАВНОЙ СИСТЕМЕ КАНАЛИЗАЦИИ)

Ливнеспуски устраивают на главных коллекторах общесплавных систем канализации для сброса в реку основного количества ливневых вод с целью разгрузки коллекторов и очистных сооружений.

Ливнеспуск состоит из: камеры ливнеспуска, оборудованной водосливом; ливнеотводного канала для сброса воды в водоем; оголовка или устья канала в месте его сопряжения с берегом или набережной.

Существует ряд разнообразных конструкций ливнеспусков с водосливами различных типов. Из них наибольшее распространение получили боковые водосливы с тонкой стенкой (шириной поверху 10—15 см), а также двойные водосливы с камерой уменьшенных габаритов.

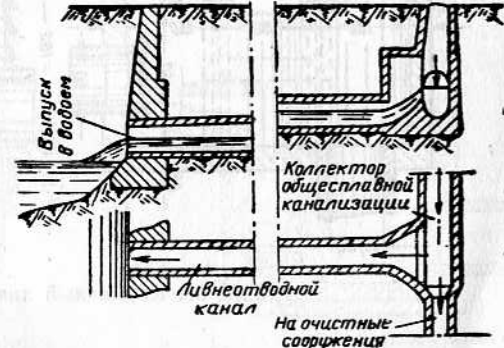
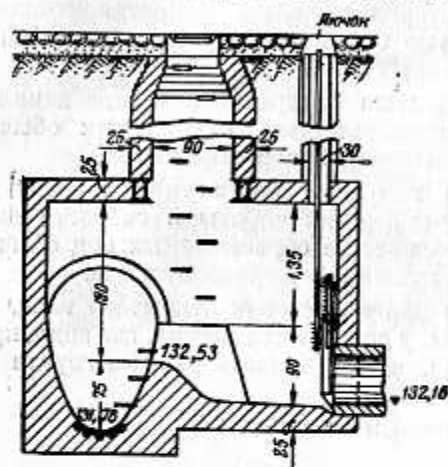


Рис. 97. Ливнеспуск с боковым водосливом и ливнеотводным каналом

Конструкция ливнепровода с боковым водосливом приведена на рис. 97.

Камеры ливнепровода устраивают из железобетона и кирпича, водосливы — из гранита и лекального кирпича, ливнеотводные каналы — из труб, применяемых для устройства основных коллекторов.



Конструкция оголовков аналогична конструкции выпусков.

Особое внимание при проектировании уделяют размещению ливнепусков по трассе, так как это имеет большое технико-экономическое и санитарно-гигиеническое значение.

Конструкция кирпичного ливнепровода показана на рис. 98.

Начало действия ливнепровода определяется отметкой порога водослива, которая устанавливается

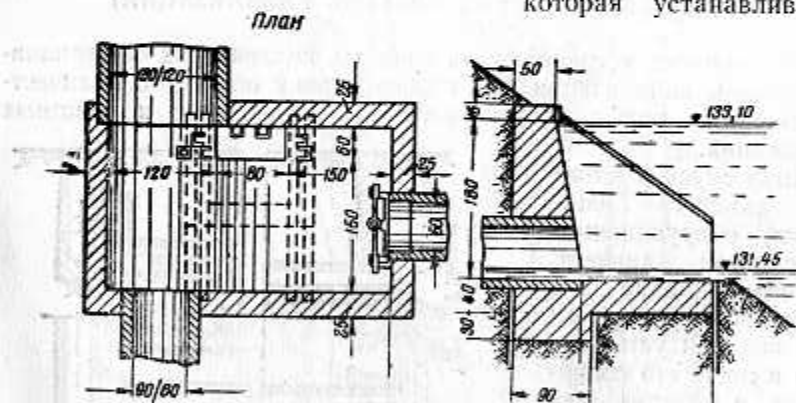


Рис. 98. Кирпичный ливнепуск

с учетом как гидравлических условий работы сооружений, так и санитарных соображений.

Отметки выпуска принимают в соответствии с горизонтами воды в водоеме, причем во всех случаях, когда это возможно по местным условиям, выпускное отверстие располагают над наивысшим горизонтом воды, так как при этом обеспечивается нормальный излив воды и не происходит затопления гребня во-

дослива. Обычно же топографические условия и глубина заложения трубопроводов не позволяют принять такое решение, вследствие чего отверстие водослива приходится располагать выше межвенного горизонта с установкой решеток и затворов, препятствующих обратному поступлению воды.

Нагорные и водоотводные каналы при значительной их длине также оборудуются сбросными устройствами простейшего типа для защиты от переполнения.

7. СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ КАМЕРЫ В ПОЛУРАЗДЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ КАНАЛИЗАЦИИ

На коллекторах полураздельных систем канализации устраивают специальные соединительные камеры.

Схема действия соединительной камеры при малом и большом поступлении воды показана на рис. 99 и 100.

Камера разделена на два отделения перегородкой: в отделении I проходит лоток сети хозяйственно-фекальной канализации, а отделение II является приемной камерой ливнеотвода, от которой отходит ливнеотводный канал.

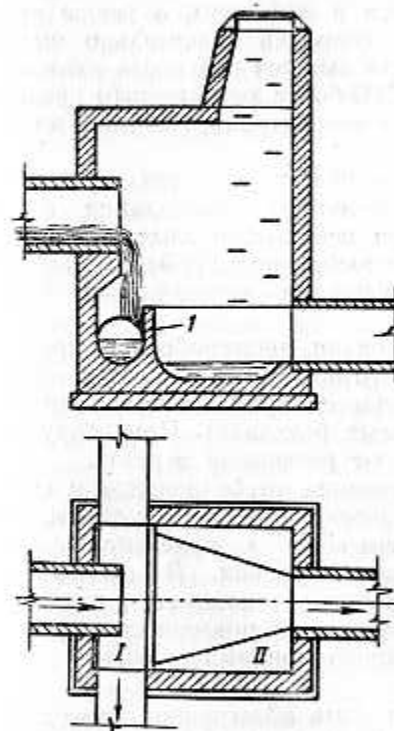


Рис. 99. Соединительная камера в сухую погоду

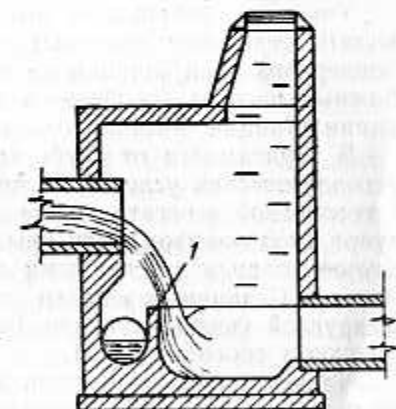


Рис. 100. Соединительная камера при ливне

В сухую погоду (при поливке улиц) или при малом дожде воды по закрытому водостоку постунают с малыми скоростями в отделение I и отводятся вместе с хозяйственно-фекальными водами на очистные сооружения. При сильных же ливнях вследствие увеличения скорости движения ливневых вод по кол-

лктору ливневой поток сбрасывается в отделение II, откуда по ливнеотводу поступает в водоем.

При расчете камеры для рационального расположения перегородки следует строить кривые спада ливневых вод при разных расходах.

8. СТАНЦИИ ПЕРЕКАЧКИ И УРАВНИТЕЛЬНЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ¹

Перекачка ливневых вод производится сравнительно редко; отведение их осуществляется обычно самотеком. Но в отдельных случаях необходимость перекачки ливневых вод вызывается местными условиями и топографическими особенностями территории. Это имеет место, например, при обслуживании бассейнов, представляющих собой замкнутую котловину без каких-либо естественных русел для сброса в них воды, а также при расположении ливнеприемников и колодцев значительно ниже уровня высоких вод в водоеме, когда имеется опасность затопления территории во время паводка. Наиболее характерным примером в этом отношении являются территории, огражденные дамбами.

Станции перекачки устраивают и в тех случаях, когда желательно избежать значительного заглубления сети (более 6—7 м), в особенности при неблагоприятных гидрогеологических условиях. Наиболее целесообразно устройство станций перекачки в сочетании с уравнительными резервуарами (или бассейнами емкости).

Учитывая небольшую высоту подачи, целесообразно производить перекачку ливневых вод вертикальными насосами пропеллерного типа, однако не исключается применение и центробежных насосов (особенно при малых расходах). При оборудовании станции обычно устанавливают резервный агрегат.

В зависимости от глубины заложения трубопроводов и гидрогеологических условий станции перекачки можно устраивать с установкой агрегата ниже уровня воды в приемном резервуаре (под заливом) или выше этого уровня. В последнем случае наряду с основными агрегатами устанавливают вакуум-насосы. Станции перекачки устраивают как прямоугольной, так и круглой формы в плане (последнюю принимают обычно при опускном способе работ).

Надземная часть станции может быть облегченной конструкции; она может быть выполнена из местных материалов или дерева. Подземная часть выполняется из кирпича, бетона и т. п.; конструкция ее определяется инженерно-геологическими условиями участка.

Конструкция станции перекачки показана на рис. 101.

¹ В настоящей главе приводятся только некоторые основные сведения. Детально этот вопрос исследован инж. С. И. Манделем (см. его работу «Расчет насосных и регулирующих резервуаров дождевых вод», изд. Министерства коммунального хозяйства, 1952).

При наличии грунтовых вод подземную часть защищают гидроизоляцией на высоту, превышающую уровень воды на 0,5 м.

Напорные трубопроводы выполняют из чугунных, стальных или железобетонных труб.

Для возможности их промывки напорные линии должны иметь выпуск в приемный резервуар; в обычное время закрытый задвижкой.

При проектировании станций перекачки, учитывая наличие в стоке тяжелых примесей, обычно предусматривают устройство песколовок и решеток с крупными прозорами.

Определение ориентировочного количества перекачиваемых ливневых вод может быть произведено, исходя из общего количества выпавших за летнее время осадков¹ со средним коэффициентом стока $\psi = 0,33$.

Уравнительные резервуары устраивают для задержания во время ливня некоторой части воды и последующего равномерного ее сброса после окончания ливня¹.

Процесс стока растягивается при этом по времени, что дает возможность разгрузить нижележащие участки сети, уменьшить их расчетные расходы, следовательно, уменьшить размеры сети и тем самым значительно снизить затраты на ее устройство.

Целесообразность устройства резервуаров становится особенно очевидной, если учесть, что максимальные расходы, на которые обычно рассчитывается сеть, имеют место в течение весьма непродолжительного периода (несколько часов в году).

Наиболее эффективно устройство резервуаров при плоском рельефе местности, когда из-за минимальных уклонов приходитсякладывать коллекторы значительных размеров.

Таким образом, устройство уравнительных резервуаров при самотечной схеме позволяет значительно уменьшить диаметры нижележащих коллекторов, а при необходимости перекачки стоков — устраивать станции перекачки меньшей мощности, так

¹ Для этого в соответствующих местах коллектора устраивают водосливы, обеспечивающие поступление избыточной воды (сверх расчетного количества для нижележащих участков) в резервуары.

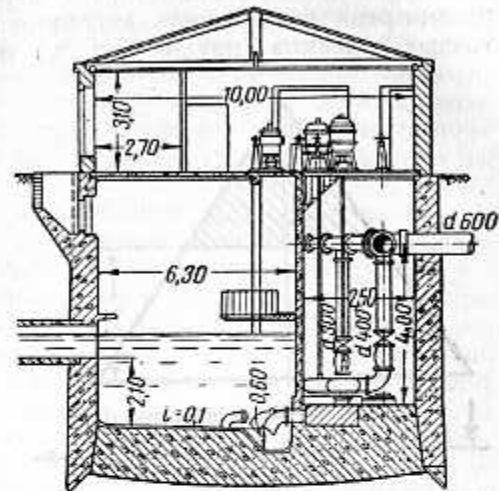


Рис. 101. Станция перекачки

как насосные агрегаты в этом случае рассчитываются на равномерную подачу некоторого сниженного расхода воды за счет снятия пиковых нагрузок.

При необходимости устройства уравнильных резервуаров для крупных бассейнов стока в первую очередь должна быть рассмотрена возможность использования существующих непрозрачных водоемов (прудов и т. д.) и пониженных мест (котловин, оврагов) и сооружений открытых прудов в зоне зеленых насаждений, что может дать значительный экономический эффект¹.



Фиг. 102. График для определения объема резервуара

Для приема вод, стекающих со склонов загородных участков, могут быть устроены открытые резервуары облегченной конструкции.

Вопросы, связанные с устройством уравнильных резервуаров и перекачкой ливневых вод, относятся к наименее изученным и почти не освещены в литературе, что

объясняется сравнительно редкими случаями применения этих устройств. Приближенный метод расчета уравнильных резервуаров предложен проф. Н. Н. Беловым².

Исходя из способа предельных интенсивностей, согласно которому максимальный расход на том или ином участке имеет место в конце расчетного ливня, проф. Н. Н. Белов с известным приближением принял, что нарастание и снижение притока воды на расчетном участке происходят по схеме равнобедренного треугольника (рис. 102). Высота этого треугольника H выражает собой максимальный расход для данного участка, а площадь треугольника характеризует общее количество поступающей в сеть воды.

Если принять для расчета данного участка сети (за резервуаром) не максимальный расход, а любую уменьшенную его величину q , например, $0,5Q$, и отложить ее по высоте треугольника, то, проведя на этой высоте прямую линию, параллельную основанию, разделим площадь треугольника на две части. Верхняя часть треугольника соответствует количеству воды,

подлежащей аккумулярованию в данных условиях, а следовательно, и объему уравнильного резервуара; нижняя часть — количеству воды, пропускаемой по сети во время ливня.

¹ При использовании существующих водоемов устраиваются обводные коллекторы для пропуска малых расходов в обход водоема.

² Коллектив авторов, под ред. проф. В. Ф. Иванова. Канализация населенных мест, ОНТИ, 1937.

следующим образом: для приема вод, стекающих со склонов загородных участков, могут быть устроены открытые резервуары облегченной конструкции.

Вопросы, связанные с устройством уравнильных резервуаров и перекачкой ливневых вод, относятся к наименее изученным и почти не освещены в литературе, что объясняется сравнительно редкими случаями применения этих устройств. Приближенный метод расчета уравнильных резервуаров предложен проф. Н. Н. Беловым².

Исходя из способа предельных интенсивностей, согласно которому максимальный расход на том или ином участке имеет место в конце расчетного ливня, проф. Н. Н. Белов с известным приближением принял, что нарастание и снижение притока воды на расчетном участке происходят по схеме равнобедренного треугольника (рис. 102). Высота этого треугольника H выражает собой максимальный расход для данного участка, а площадь треугольника характеризует общее количество поступающей в сеть воды.

Если принять для расчета данного участка сети (за резервуаром) не максимальный расход, а любую уменьшенную его величину q , например, $0,5Q$, и отложить ее по высоте треугольника, то, проведя на этой высоте прямую линию, параллельную основанию, разделим площадь треугольника на две части. Верхняя часть треугольника соответствует количеству воды,

подлежащей аккумулярованию в данных условиях, а следовательно, и объему уравнильного резервуара; нижняя часть — количеству воды, пропускаемой по сети во время ливня.

Следовательно, для того чтобы определить суммарную аккумуляющую емкость, а также емкость уравнильных резервуаров на отдельных участках, необходимо для всех расчетных участков, начиная с низового, построить соответствующие диаграммы притока воды и задаться величиной расчетного расхода.

Отсюда емкость уравнильных резервуаров, размещаемых по длине коллектора, может быть определена как разность объема, исчисленного для данного участка, и объема резервуара на вышележащем участке.

Применение данного метода расчета целесообразно только в тех случаях, когда продолжительность ливня равна или меньше принятой расчетной критической продолжительности.

Только в этом случае нарастание и снижение притока воды отвечают принятой схеме равнобедренного треугольника. Однако найденная таким образом емкость может оказаться недостаточной для аккумулярования воды при выпадении ливней другой продолжительности и интенсивности.

Отдельные из этих ливней, несмотря на то, что им соответствуют меньшие значения расчетных интенсивностей (а тем самым и расчетных расходов) могут за счет резкого увеличения продолжительности дать более значительный суммарный сток.

Поэтому для определения оптимальной емкости, при которой была бы исключена возможность переполнения резервуара и выхода воды на поверхность, необходимо произвести анализ работы сети и сооружений при поступлении воды от ливней другой продолжительности и интенсивности, которые могут иметь место за рассматриваемый период.

Графически схема притока и сброса воды для ливня, дающего максимальное количество воды, при продолжительности больше критической (принятой при ранее описанном способе) должна быть выражена в виде трапеции.

Емкость уравнильных резервуаров W может быть определена также по формуле:

$$W = 0,06 F Z A^{1,2} t^{1,1-1,2n}$$

где F — площадь обслуживаемого бассейна.

Остальные обозначения приведены выше (глава III).

При работе насоса регулирующая емкость будет равна:

$$W' = W - q t_{\text{нас}}$$

где q — производительность насоса;

$t_{\text{нас}}$ — продолжительность действия насоса¹.

¹ З. Н. Шишкин, Я. А. Карелин, С. К. Колобанов, С. В. Яковлев, Г. Л. Зак, Канализация, Гос. издательство литературы по строительству и архитектуре, 1951.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

Основными задачами проектирования в настоящее время являются:

1) использование новейших и прогрессивных методов расчета и технологических норм и применение оптимальных расчетных параметров, а также критическая оценка принимаемых решений с точки зрения возможного облегчения конструкций и уменьшения объема и трудоемкости работ;

2) применение рациональных конструкций, оснащения и оборудования, а также наиболее эффективных материалов (основным критерием для оценки качества принятых конструкций является степень их монтажности и возможность массового механизированного изготовления);

3) максимальная типизация и стандартизация, а также широкое использование сборных монтажных деталей, узлов, блоков и элементов заводского изготовления;

4) облегчение веса конструктивных элементов; широкое применение местных материалов;

5) всесторонний учет технико-экономических факторов и условий последующей эксплуатации; общее снижение первоначальных (капитальных) и эксплуатационных затрат; борьба с излишествами в проектах и сметах;

6) разработка специальных проектов организации работ, обеспечивающих индустриальные методы и передовые приемы производства строительных и монтажных работ, поточность строительства и широкую комплексную механизацию.

Значительная роль в деле упорядочения проектирования и повышения качества строительства принадлежит комплексному методу проектирования с одновременной (параллельной) разработкой архитектурно-строительного и специальных проектов; при применении этого метода обеспечивается увязка отдельных принятых решений и высокое качество проекта в целом.

Устройство ливневой канализации (являющейся одним из элементов благоустройства населенных мест и промышленных территорий) находится в самой тесной связи с дорожным строительством. Поэтому при разработке проектов ливневой канализации требуется тщательная их увязка с проектами дорог и уличной сети, что также достигается при комплексном методе проектирования.

Разработка проектов ливневой канализации населенных мест до последнего времени осуществлялась в организациях, занятых проектированием наружных санитарно-технических систем (Гипрокоммуниводоканал и др.). Однако в силу отмеченной выше связи устройства ливневой канализации со строительством

дорог разработка проектов ливневой канализации в настоящее время в большинстве случаев проводится специализированными организациями, занятыми проектированием городских дорог, находящимися обычно в ведении исполнительных комитетов областных и городских советов депутатов трудящихся.

2. СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Разработка проектов в зависимости от сложности объекта и возможности использования типовых проектов и решений производится в две (проектное задание со сводным финансовым расчетом, рабочие чертежи) или три стадии (проектное задание со сводным финансовым расчетом, технический проект со сводной сметой, рабочие чертежи).

Объем, содержание и степень детализации проектно-технической документации различны для разных стадий проектирования и зависят от рода и характера проектируемого объекта (наружные или внутренние системы, объекты гражданского или промышленного строительства и т. д.).

Основные указания в этой части даны в изданной Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства «Инструкции по составлению проектов и смет по промышленному и жилищно-гражданскому строительству», 1952 г. Здесь же освещаются только отдельные вопросы, с которыми приходится сталкиваться в практике проектирования ливневой канализации.

Проектное задание по ливневой канализации промышленных объектов обычно входит в состав комплексного проектного задания по предприятию в целом и, как правило, отдельно на рассмотрение не представляется.

Такой же порядок устанавливается и для проектных заданий по ливневой канализации поселков при промышленных предприятиях.

Разработка проектного задания по ливневой канализации крупных городов обычно является самостоятельным этапом проектирования и утверждения, имеющим то же назначение, что и применявшаяся ранее в практике проектирования стадия «основных положений»¹.

В состав проектного задания входят следующие материалы: 1) краткая пояснительная записка, содержащая основные положения, расчетные параметры и принятое решение (выбор окончательной схемы и основных сооружений из ряда вариантов); к пояснительной записке прилагаются документы, согласованные с соответствующими организациями и ведомствами (с Государственной санитарной инспекцией, управлением железной дороги и т. д.); в записке приводятся данные о строительной и

¹ При разработке проектов ливневой канализации иногда пользуются этим названием.

эксплуатационной стоимости и основные сведения по организации строительства;

2) графический материал, состоящий из: а) ситуационного плана местности с нанесением рассматриваемого участка; б) плана обслуживаемой территории в масштабе 1:5 000 или 1:10 000 с разбивкой на отдельные бассейны и нанесением основных коллекторов, сооружений и мест выпуска ливневых вод; в) эскизных профилей коллекторов (в одну линию, без разбивки на участки между колодцами), составляемых на основе имеющихся планов участка в горизонталях; масштаб профилей — горизонтальный, такой же, как и для планов; вертикальный 1:100—1:200;

3) сводно-финансовый расчет. Технический проект (при осуществлении проектирования по трем стадиям) разрабатывается по утверждению проектного задания.

В техническом проекте должны быть сделаны необходимые уточнения проектного задания и определен объем работ. По материалам технического проекта производится заказ оборудования, а также типовых и стандартных элементов и составляется смета.

В целях снижения стоимости проектирования и уменьшения объема проектно-сметной документации технические проекты крупных промышленных объектов и городов разрабатываются применительно к отдельным очередям строительства. При этом одновременно с техническим проектом первой очереди (разрабатываемом в полном объеме) должны быть разработаны и представлены на утверждение генеральный план и сметно-финансовые расчеты по всему строительству в целом.

Такой порядок проектирования полностью отвечает условиям строительства ливневой канализации в городах, где она вводится в эксплуатацию по частям, по мере развития благоустройства (устройство усовершенствованных покрытий, реконструкция и развитие уличной сети и т. д.).

Технический проект городских водостоков (разрабатывавшихся до сих пор в три стадии) состоит из чертежей, текстовой части (расчетно-пояснительной записки) и сметы.

В состав чертежей обычно входят перечисленные ниже проектные материалы.

1. Ситуационный план района в масштабе 1:10 000—1:50 000 с нанесением проектируемого объекта и намечаемой схемы ливневой канализации.

2. План города или генеральный план промышленного предприятия в горизонталях с отметками вертикальной планировки красными линиями застройки и с подразделением на бассейны стока, показанием сети дорог и улиц и с нанесением сети ливневой канализации и ее элементов.

На плане должны быть указаны: длины, диаметры, уклоны сети, нумерация отдельных ее участков и колодцев. Сеть долж-

на иметь привязки к другим инженерным коммуникациям, подземным сооружениям и зданиям.

Планы разрабатываются в масштабе: для городов 1:2 000—1:5 000; для поселков и промышленных предприятий 1:500—1:2 000 и для отдельных кварталов — 1:1 000—1:500.

3. Профили ливневой сети по расчетным участкам, составляемые на основе данных натурной съемки и нивелировки в масштабе: для горизонтальных расстояний 1:2 000—1:1 000, для вертикальных — 1:200—1:100.

На профилях должны быть нанесены места пересечений ливневой сети с подземными коммуникациями и сооружениями (с координацией и отметками), показан уровень грунтовых вод и дан геологический разрез по трассе.

4. Чертежи отдельных сооружений и устройств в масштабе 1:50—1:100, разработанные в технологической и строительной части.

Расчетно-пояснительная записка к техническому проекту должна содержать краткую характеристику проектируемого объекта, описание природных и санитарных условий района, исходные гидрометеорологические параметры для проектирования.

Наряду с этим в записке приводится детальное описание принятых решений, технико-экономическое сравнение вариантов и данные гидравлического расчета сетей и сооружений.

Сметы к техническому проекту в тех случаях, когда строительство ведется по очередям, составляются на осуществляемую очередь строительства. Стоимость работ, выполняемых в последующие очереди, определяется на основе опыта строительства аналогичных предприятий ориентировочными расчетами, исчисленными по укрупненным измерителям.

Одновременно с составлением комплексного технического проекта производится разработка специального раздела организации работ, в котором устанавливаются календарные сроки начала как строительства в целом, так и отдельных объектов и видов работ.

Рабочие чертежи составляются на основе утвержденного проектного задания (при проектировании в виде стадии) или технического проекта (при проектировании в три стадии). При этом производится окончательная увязка принятых конструкций с архитектурно-строительными и планировочными решениями, инженерными сетями и коммуникациями. По рабочим чертежам осуществляются строительные и монтажные работы, включая установку оборудования и устройство коммуникаций.

Рабочие чертежи разрабатываются только на нетиповые детали и элементы.

В отношении типовых стандартных деталей и элементов проектные организации обязаны использовать готовые типовые и бочие чертежи и альбомы типовых деталей. Привязка (присоблюдение) типовых чертежей к конкретным условиям мест-

ности производится применительно к данным натурной съемки.

Рабочие планы разрабатываются в виде отдельных чертежей (планшетов) в масштабе 1:500—1:200 (в зависимости от условий рельефа). На планах должны быть нанесены отметки вертикальной планировки, показаны конструктивные элементы, красные линии улиц и проездов (по которым осуществляется прокладка ливневой сети), фасадные линии строений (с учетом их последующего расширения), виды покрытий, подземное хозяйство и наземные сооружения.

Эти планы составляются по материалам натурной съемки и нивелировки.

Продольные профили в рабочем проекте составляются только для участков сети, принятых к строительству в ближайшую очередь, и разрабатываются по данным натурной съемки.

Под каждым профилем помещают соответствующую выкопировку из плана с указанием пикетов и трассы трубопровода, ее координации в плане и привязки к постоянным характерным точкам (зданиям и сооружениям, реперам, красным линиям застройки и т. д.).

Масштабы для рабочих профилей обычно принимают следующие: а) горизонтальные — для планов городов — 1:2 000—1:1 000 и для поселков и промышленных предприятий — 1:1 000—1:500; б) вертикальные — 1:100 в обоих случаях.

Рабочие чертежи отдельных деталей сети и сооружений разрабатываются в масштабе 1:50—1:10.

В городах с развитым подземным хозяйством проект ливневой сети должен быть утвержден также Отделом подземных сооружений на основе предварительного согласования трассы в процессе проектирования.

Исходным материалом для составления проекта ливневой канализации является генеральный проект планировки или реконструкции города (в масштабе 1:5 000—1:10 000) или генеральный план промышленного предприятия с перспективами развития и данными по инженерному благоустройству (сеть улиц и проездов, типы покрытий, схема вертикальной планировки и водоотвода и т. д.).

В генеральном проекте планировки, обычно разрабатываемом комплексно, намечают основные решения и в части водоотведения в виде принципиальной схемы ливневой канализации.

Разработка этой схемы производится непосредственно в архитектурно-планировочных организациях как часть комплексного проекта планировки или в специализированных организациях, осуществляющих разработку проекта ливневой канализации объекта.

3. МАТЕРИАЛЫ ИЗЫСКАНИЙ

Разработка проектов ливневой канализации производится на основе материалов обследования в натуре и данных изысканий.

Материалы изысканий должны дать проектной и строительной организациям точные технические данные, обеспечивающие высококачественную разработку проекта.

В задачу изысканий входят:

а) получение необходимых геотехнических, метеорологических, инженерных и других данных, необходимых для разработки проекта и осуществления строительства;

б) инструментальное обследование и геодезическая съемка отдельных участков территорий;

в) инженерно-геологические и гидрогеологические исследования отдельных участков;

г) разбивка трассы и сооружений на месте и т. д.

Состав и объем изыскательских работ определяются в каждом отдельном случае в зависимости от рода и характера объекта (город, промышленная площадка и пр.) на основе специальных инструкций. Степень детализации соответствующих изыскательских материалов (масштабы планов, сечение горизонталей) определяются стадией проектирования.

В состав изыскательских материалов, как правило, входят:

а) гидрометеорологические и климатические данные;

б) топографические и геодезические материалы;

в) гидрологические, геологические и гидрогеологические данные (данные о режиме водоемов и горизонтах воды должны быть не менее чем за 20-летний период);

г) материалы санитарного обследования;

д) данные для составления технических смет и проекта организации работ.

Для уменьшения объема и стоимости специальных изыскательских работ должны быть использованы все имеющиеся картографические и топографические материалы и данные по ранее проведенным в районе изысканиям и съемкам.

Значительная часть необходимых материалов может быть получена непосредственно от планировочных, архитектурно-строительных, дорожных и других организаций, работающих над отдельными частями общего комплексного проекта.

Поэтому во избежание дублирования изыскания для проектирования ливневой канализации должны производиться в увязке с планировочными строительными и инженерными изысканиями. В первую очередь это относится к комплексным изысканиям для проектирования ливневой канализации и дорожной сети, материалы которых в значительной части идентичны.

Изыскания делятся на подготовительные и детальные. Подготовительные изыскания проводятся перед разработкой проектного задания и носят рекогносцировочный характер. На этой стадии намечаются, в частности, способы отведения поверхностных вод и определяются границы отдельных бассейнов.

Геодезическая съемка в этом случае обычно ограничивается установлением характерных отметок отдельных площадок (пло-

щадок у места выпуска, некоторых отметок по трассе главных коллекторов и т. д.).

До начала разработки технического проекта и рабочих чертежей уточняются полученные данные и проводятся соответствующие детальные изыскания. На этой стадии производится, кроме того, съемка отдельных участков территорий, не охваченных основными топографическими изысканиями, а также съемка в крупном масштабе для разработки рабочих чертежей планов и профилей.

Глава IX

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

В общем комплексе с промышленным и коммунальным строительством выполняются работы и по инженерному благоустройству, в том числе работы по устройству ливневой канализации. Практическая реализация этих задач неразрывно связана с развитием и внедрением передовых методов строительного производства, поточно-скоростных методов работ и с широкой организацией заводского производства монтажных и сборных элементов и деталей, при применении которых на площадке осуществляется только монтаж и сборка.

В целях лучшей организации производства строительный объект разбивается на отдельные участки—захватки, на которых последовательно и непрерывно выполняются отдельные виды работ. Устройство ливневой сети разделяется на ряд отдельных процессов, выполняемых специализированными звеньями бригады в определенном заданном темпе.

Эффективному применению поточно-скоростных методов при устройстве ливневой канализации способствует то обстоятельство, что большинство применяемых элементов изготавливается, как правило, заводским или полужаводским способом в виде готовых монтажных изделий (трубы, сборные элементы колодцев и т. д.). При этом за счет выполнения ряда монтажных операций на заготовительных площадках максимально сокращается число производственных процессов, выполняемых непосредственно в траншее.

Линейный характер работ в свою очередь значительно облегчает внедрение поточно-скоростных методов их производства.

Индустриальные методы производства неразрывно связаны с высоким уровнем механизации. Это требует оснащения строительных площадок высокопроизводительными механизмами и широкого применения комплексной механизации с использованием основного оборудования для различных видов работ (например, экскаваторов для земляных работ и укладки трубопроводов и т. д.).

Особого внимания заслуживает применение технологических

правил и прогрессивных приемов, основанных на достижениях передовой техники и рациональных методах лучших стахановцев (метод взаимного контроля при производстве строительных и монтажных работ, отличное выполнение каждой производственной операции и т. д.).

Основным методом при строительстве ливневой канализации становится метод совмещенного производства дорожных и специальных работ комплексными бригадами и звеньями, оснащенными высокопроизводительными механизмами. Это требует в свою очередь слаженной работы проектных и строительско-монтажных организаций и производства работ по совмещенному недельно-суточному графику, позволяющему осуществлять повседневный контроль и эффективно использовать механизмы.

Строительство дорог и ливневых сетей в городских условиях осложняется необходимостью разрытия существующих или вновь создаваемых улиц. В связи с этим требуется такая организация работ, при которой сроки строительства или перекладки подземных сетей были бы полностью увязаны со строительством или переустройством дорог на том же участке.

Особого внимания в этом отношении заслуживает опыт московских организаций. Согласно решению, принятому Исполкомом Московского совета, организации, в ведении которых находятся отдельные инженерные сети и подземные сооружения, должны обеспечить выполнение строительных и ремонтных работ в период дорожных работ или реконструкции улиц.

Это мероприятие, направленное на упорядочение строительства и эксплуатации инженерных сетей, должно быть широко использовано и в других городах Советского Союза.

Исключительную роль в этом отношении должен сыграть установленный Московским советом порядок производства работ, согласно которому выдача разрешения на вскрытие дорожных покрытий после капитального их ремонта или реконструкции выдается только Исполкомом. При этом в каждом отдельном случае должны быть выяснены причины, потребовавшие выполнения этих работ.

Повышение качества строительных и специальных работ и снижение их стоимости могут быть обеспечены только при надлежаще продуманной организации строительства, так как только в этом случае обеспечиваются лучшие условия труда, широкое внедрение стахановских методов и более эффективное использование строительных механизмов, средств малой механизации, стахановских приспособлений, механизированных инструментов.

В настоящее время строительство ливневой канализации осуществляется по специальным проектам организации работ. Этими проектами устанавливаются:

- а) общий план строительства, порядок его развертывания и сроки (условия осуществления строительства);
- б) уточненные объемы по отдельным видам работ;

в) технологические схемы организации и методы производства основных и вспомогательных видов работ (погрузочно-разгрузочные, такелажные, транспортные и т. д.);

г) потребность строительства в рабочих различных профессий, в механизмах, транспортных средствах, материалах, строительных изделиях и полуфабрикатах;

д) мощность производственной базы и ее организация;

е) необходимый объем и сроки выполнения подготовительных работ и условия их проведения.

При составлении проекта организации работ следует предусматривать выполнение работ по устройству ливневой канализации одновременно с другими работами по благоустройству и, как правило, в общем цикле дорожно-строительных работ.

Составной частью проекта организации работ являются календарные графики, в которых приводятся сроки начала и окончания отдельных видов работ и распределение специализированных бригад и звеньев.

Объем и содержание проектно-технической документации по организации работ на различных стадиях проектирования устанавливаются в соответствии с действующими положениями.

Принятый в настоящее время порядок строительства предусматривает разделение строительных и монтажных работ на подготовительные и основные. При этом, как правило, работы проводятся в следующем порядке:

1) подготовительный период, в течение которого проводятся все организационно-технические мероприятия по подготовке объекта к производству основных работ;

2) период производства самих работ;

3) период сдачи и приемки построенных сетей и сооружений в эксплуатацию.

Работы по устройству ливневой канализации выполняются по совмещенному графику с одновременным производством других видов строительно-монтажных работ (планировка территории, постройка дорог, прокладка инженерных сетей различного назначения, устройство подземных сооружений, устройство покрытий и тротуаров и т. д.).

При строительстве промышленных предприятий или целых городских кварталов в первую очередь выполняются работы, относящиеся ко всей строительной площадке: планировка территорий, строительство дорог, устройство ливневых сетей, прокладка инженерных коммуникаций и т. д. Работы по возведению наземных сооружений и зданий должны быть начаты после осуществления подземных устройств и засыпки траншей и котлованов.

При сооружении ливневой канализации в городах и на территории действующих промышленных предприятий должна быть принята такая схема организации работ, при которой была бы обеспечена нормальная эксплуатация городского и заводского хозяйства.

Производство работ не должно по возможности нарушать движение пешеходов и транспорта и нормальную работу других инженерных сетей; должна быть обеспечена сохранность древесных насаждений и других видов благоустройства.

2. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ РАБОТ

Методы производства отдельных видов работ по устройству ливневой канализации устанавливаются в проекте организации строительства в зависимости от объема работ и условий их выполнения (инженерно-геологических условий по трассе, топографических особенностей, размеров и габаритов сооружений и т. д.).

При этом, как уже указывалось выше, широкое применение должна получить комплексная механизация с использованием для различных процессов (рытья, укладки, засыпки) одних и тех же агрегатов, оснащенных соответствующим сменным оборудованием.

До начала основных работ в соответствии с рабочим проектом должна быть произведена геодезическая разбивка и нивелировка трассы и отдельных элементов сети с привязкой их в натуре. При этом должны быть проверены и зафиксированы центры смотровых колодцев и ливнеприемников, углы поворота трассы, места пересечений и другие характерные узлы и точки.

Перед началом работ должна быть оформлена соответствующая техническая документация, выданы задания и наряды отдельным бригадам и звеньям, подготовлены рабочие места и обеспечены условия для применения скоростных методов и развертывания социалистического соревнования.

Все необходимые для производства работ материалы и оборудование должны быть доставлены к месту работ заблаговременно и распределены по трассе таким образом, чтобы перемещение их в процессе работ было минимальным. Керамические и асбестоцементные трубы в целях лучшей их сохранности должны быть доставлены на трассу непосредственно перед их укладкой в траншею.

Рытье траншей. При устройстве ливневой канализации наиболее трудоемкими являются земляные работы, производство которых должно быть максимально механизировано. Методы этих работ и применяемые в том или ином случае механизмы определяются объемом работ, грунтовыми условиями, а также глубиной и формой траншей.

Траншеи для укладки трубопроводов устраиваются в зависимости от рода грунтов с вертикальными (отвесными) или с наклонными стенками с откосами.

При большой глубине траншей и неблагоприятных гидрогеологических условиях устраивают траншеи комбинированного типа: верхнюю часть выполняют с откосами, а нижнюю — с от-

весными стенками, причем обычно верхнюю часть траншеи роют при помощи землеройных машин, а нижнюю — вручную.

При устройстве ливневых сетей в городских условиях и на территории действующих предприятий ширину траншеи следует принимать минимальной, чтобы не нарушать движения транспорта. В этих случаях траншеи обычно осуществляют с вертикальными стенками. Конструкция креплений определяется динамическими нагрузками и геологическими условиями по трассе (движение трамваев вблизи трассы, слабые грунты и т. д.).

На свободных участках и незастроенных территориях устраивают траншеи с откосами. Рытье этих траншей производится механизированным способом (обычно одноковшовыми экскаваторами) без креплений. Стоимость их значительно ниже стоимости траншеи с вертикальными стенками.

Механизированное рытье траншеи с отвесными стенками производится многоковшовыми экскаваторами (канавокопателями).

Широкое применение в настоящее время получили экскаваторы ЭТ-251 и ЭТ-351, изготавливаемые Дмитровским заводом и предназначенные для рытья траншеи в средних и легких однородных грунтах.

Экскаваторы указанных типов изготавливаются с основной рамой, на которой устанавливается один ряд ковшей; кроме того, экскаватор типа ЭТ-251 дополнительно снабжается сменными расширителями, при помощи которых можно изменять ширину траншеи, а экскаваторы типа ЭТ-351 — сменной рамой с двумя или тремя рядами ковшей.

Технические характеристики экскаватора ЭТ-251 и ЭТ-351 приведены в табл. 22.

Таблица 22

Наименование показателей	Единица измерения	Модель	
		ЭТ-251	ЭТ-351
Глубина траншеи	м	2,5	3,5
Ширина траншеи	"	0,8	0,8
Ширина траншеи при работе с уширителем	"	1,1	1,8
Емкость ковша	м ³	45	45
Тип двигателя	—	1-МА	1-МА
Мощность	л. с.	52	52
Средняя производительность	м ³ /час	До 135	До 150

Из других видов многоковшовых агрегатов, применяемых для рытья траншеи, следует указать на экскаваторы типа МК, КМК и др.

Общий вид многоковшового канавокопателя ЭТ-351 показан на рис. 103.

Многоковшовые экскаваторы в случае необходимости вместо ковшовой рамы снабжаются специальными откосниками.

В большинстве же случаев и в первую очередь при тяжелых грунтах и значительных размерах траншеи рытье производится одноковшовыми экскаваторами на гусеничном ходу, оборудованными обратной лопатой¹ (дигчером) или драглайном (канатно-скребковым ковшом).

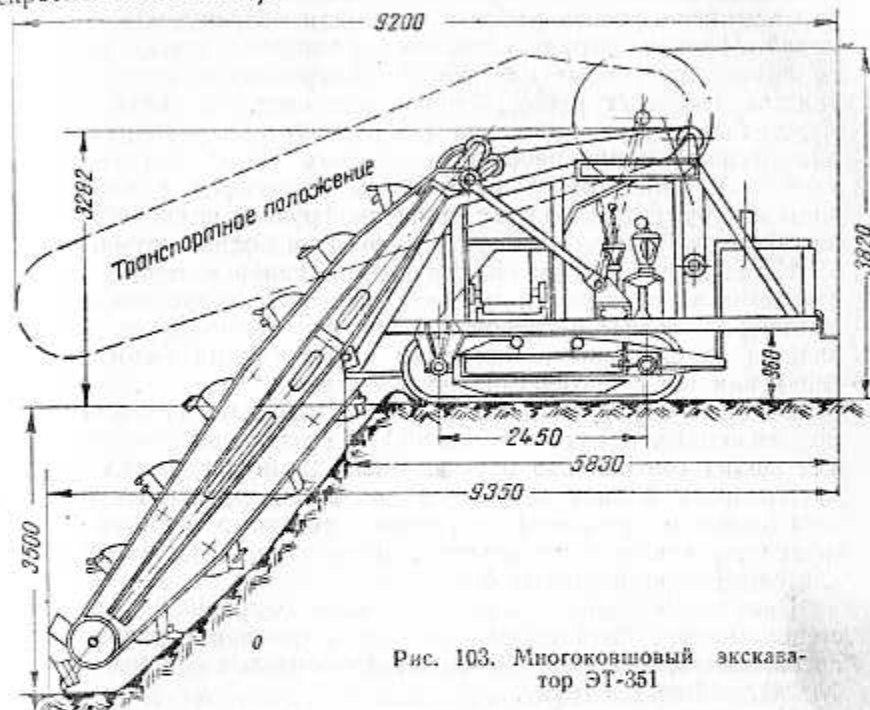


Рис. 103. Многоковшовый экскаватор ЭТ-351

Поскольку землеройные машины этого типа дают неровное сечение траншеи, обычно требуется дополнительная их подчистка.

Для рытья траншеи обычно применяют экскаваторы с ковшами малой емкости 0,25—0,50 м³; ковши большей емкости применяют только при значительных объемах работ.

Из машин с ковшами малой емкости наиболее широкое применение получил экскаватор 1-ДВ «Комсомолец» с емкостью ковша 0,35 м³, экскаваторы ДА-0,25, Д-0,25, Д-0,35, МК-0,5А и др. с глубиной резания от 3,5 до 7,2 м.

В водонасыщенных и неустойчивых грунтах применяют хрупкие экскаваторы, ковш которых (грейфер), подвешенный на стальном канате, состоит из двух створок.

¹ Экскаваторы с обратной лопатой могут быть применены и для рытья траншеи с отвесными стенками, но это требует особой тщательности работ.

При использовании экскаваторов с небольшим вылетом стрелы вынутый из траншеи грунт в ряде случаев не размещается на бровке траншеи. В этих случаях предусматривают несколько проходов экскаватора с последовательным перемещением грунта и выемкой земли из траншеи в несколько приемов.

При работе в стесненных условиях и развитом подземном хозяйстве применение крупных механизмов осложняется из-за сокращенного фронта работ и опасности повреждения коммуникаций. Поэтому наряду с механизированными иногда приходится применять ручные или же комбинированные методы производства земляных работ. Однако, как правило, рытье вручную может быть допущено только для расширения стенок, подчистки дна траншей и при небольших объемах работ (на отдельных участках). При этом должны быть применены рациональные виды инструмента (лопаты с удлиненной ручкой, со скобой, дающей возможность погружать лопату в грунт на полный штык, и т. п.).

Крепление канав. Крепление канав с вертикальными стенками в зависимости от рода грунтов, гидрогеологических условий по трассе и требований техники безопасности осуществляется со сплошными боковыми ограждениями («доска к доске») или же с прозорами (вразбежку).

Боковые ограждения могут быть выполнены из горизонтально уложенных досок (или щитов) с вертикальными стойками или же из вертикально поставленных досок с горизонтальными креплениями в виде отдельных досок или распорных рам.

Сплошные крепления устраивают только в малоустойчивых грунтах, а также в тех случаях, когда траншея должна быть длительное время открытой.

При значительной глубине и ширине траншей крепление стенок может быть произведено при помощи горизонтальных досок, закладываемых за полки двутавровых балок (обычно № 24), забитых в грунт.

Наиболее целесообразно укрепление стенок при помощи инвентарных щитов, применение которых ускоряет процесс крепления; это имеет большое значение при креплении канав, вырытых канавокопателями, так как в этих случаях требуется сразу же защищать стенки от обрушения.

В этих канавах устанавливают также вертикальные крепления с прозорами с последовательной установкой временных и постоянных распорных рам.

Установку креплений в этом случае производят сейчас же после того, как экскаватор продвинулся на 0,5 м.

Распорки рекомендуется применять инвентарные металлические винтового типа, допускающие регулирование и установку по месту; деревянные распорки следует допускать только на небольших строительствах.

Установка инвентарных распорок в траншее показана на рис. 104.

Применение инвентарных креплений обеспечивает значительную оборачиваемость материалов и надлежащее их использование.

В грунтах, сильно насыщенных водой, и в плывунах крепление выполняется в виде дощатого или металлического (из листовой стали) шпунта.

Забивку свай следует производить при помощи пневматических молотков; наиболее целесообразно применение в этом случае молотка «сваебой-38» завода «Пневматика» и др.

При слабых грунтах и опасности повреждения соседних фундаментов при обвале земли разборку креплений не производят.

Выбрасываемый из траншеи грунт в зависимости от условий строительной площадки и наличия свободного места размещают

по одну или обе стороны траншеи (с устройством в стесненных условиях специальных ограждений) или же вывозят на свободные участки, предусмотренные проектом организации работ.

Обычно вынутый грунт размещают с одной стороны траншеи на расстоянии от ее края не менее 0,6 м. При этом во всех случаях должно быть обеспечено наличие вдоль траншеи свободных участков для движения транспорта и пешеходов.

При ручной разработке и большой глубине канав (от 3 м и более) выбрасывание грунта производится с перекидкой вручную на полаты или при помощи механизированной его подачи на поверхность бадьей или ковшом, которые поднимаются электрическими талями. Наиболее часто применяются электротали типа 0,5, 1 и 2 грузоподъемностью 0,5—2 т.

Общий вид установки с электроталью показан на рис. 105.

При значительных объемах земляных работ подача вынужденного грунта осуществляется смонтированными на тележке полноповоротными кранами со стрелами грузоподъемностью 0,2—0,5 т (ДИП, С-154 и др.).

Выемка грунта из траншеи с подачей его на автомашину краном «Пионер» показана на рис. 106.

Укладка труб. Методы укладки труб устанавливаются в зависимости от размеров и веса труб с использованием, как правило, механизированных средств и приспособлений.

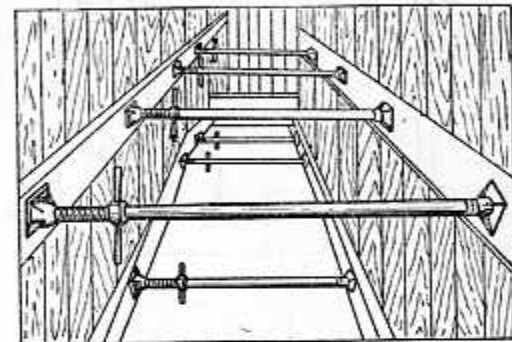


Рис. 104. Крепление траншеи инвентарными распорками

Опускание вручную применяют только для труб весом не более 0,25 т и осуществляют при помощи каната или мягкого троса. При опускании труб весом более 0,25 т применяют деревянные или металлические козлы (рис. 107) и треноги, оборудованные таями и блоками. Опускание труб при помощи треноги показано на рис. 108.

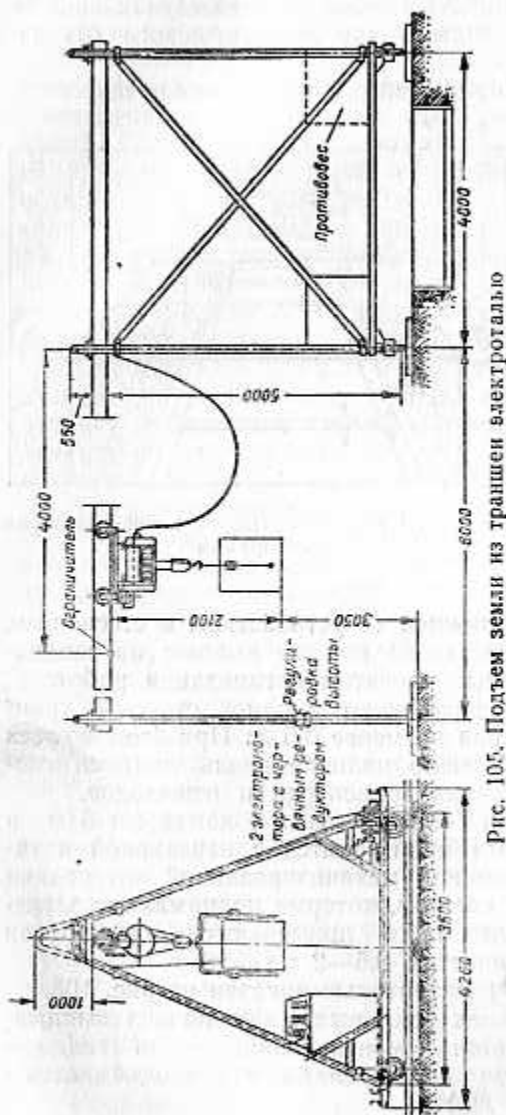


Рис. 105. Подъем земли из траншеи электроталью

Трубы крупного диаметра (600 мм и более) и значительного веса опускаются в траншею при помощи самоходных кранов на автомобильном и тракторном ходу.

При укладке таких труб применяют автомобильные краны грузоподъемностью 3 т с поворотной платформой конструкции Союзастальмоста, краны с поворотной (на 180°) платформой завода «Январское восстание»¹ на гусеничном ходу и др.

Укладка труб автокраном показана на рис. 109 и 110. В ряде случаев для укладки труб используют экскаваторы с подвеской к стреле клещей для захвата труб.

При разгрузке и опускании труб пользуются стальными тросами, корабельными цепями, специальными крючьями и скобами.

Крючья для захвата и опускания бетонных колец показаны на рис. 111.

¹ Краны завода «Январское восстание» монтируются на тракторе ЧТЗ.

При опускании труб весом более 0,5 т экскаваторы должны быть снабжены противовесами.

Разгрузка и опускание труб производится под руководством мастера или бригадира такелажной бригадой или рабочими, обученными безопасным методам работы по разгрузке и опусканию труб.

Для удобства захвата опускаемых в траншею железобетонных элементов (колец и пр.) в них заделывают специальные проушины (типа скоб) обычно из круглой стали. Для ускорения процесса укладки коротко-

метражных керамических или бетонных труб небольших диаметров (до $d=300$ мм) их предварительно собирают в звенья на специальном верстаке, передвигаемом вдоль траншеи.

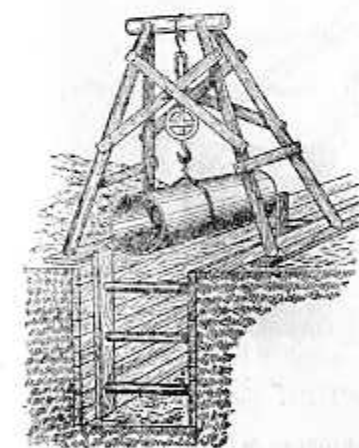


Рис. 107. Козлы для опускания труб

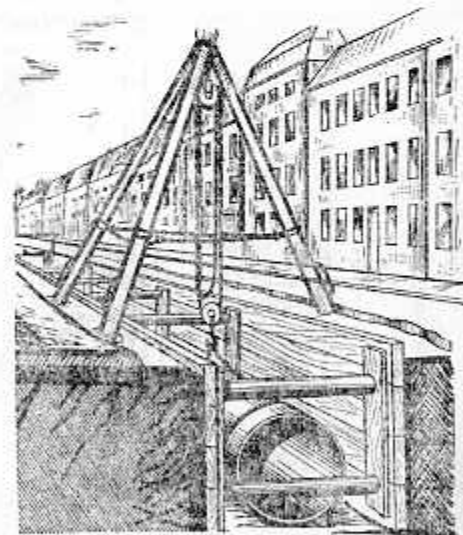


Рис. 108. Металлическая тренога для опускания труб

В последнее время широко применяется предварительная заготовка на бровке траншеи звеньев из керамических труб длиной до 4 м, собираемых в специальном деревянном коробе.

Опускание звеньев в траншею производится при помощи специальной штанги.

Особенно эффективно применение звеньев в мокрых грунтах, где непосредственная заделка асфальтовой мастикой не допускается.

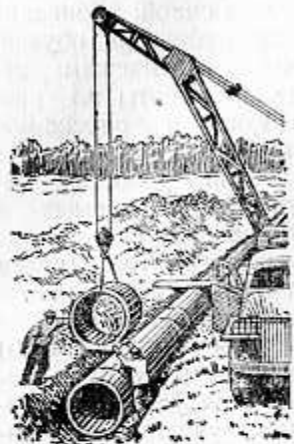


Рис. 109. Укладка водосточных труб автокраном

В настоящее время изучается вопрос о предварительной заготовке звеньев из керамических труб в мастерских и об условиях транспортировки звеньев к месту укладки.

Опускание в траншею асбестоцементных труб должно производиться с особой осторожностью вследствие отмеченной ранее хрупкости этих труб.

Прямолинейность трубопровода и правильность укладки труб (соблюдение уклонов, формы поперечного сечения и пр.) устанавливаются при помощи специальных приспособлений (отвесы, грузики с бечевкой, отражательные зеркала и т. д.) и путем визирования. Общая схема визирования приведена на рис. 112.

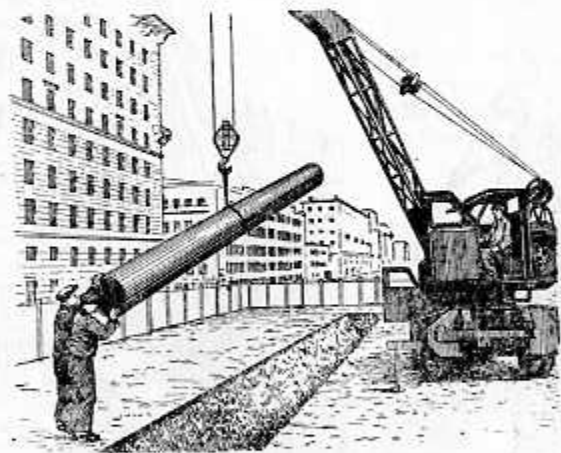


Рис. 110. Опускание труб автокраном

Укладку труб производят по уклону снизу вверх. При таком способе укладки облегчается отведение грунтовых вод и возможен последовательный ввод в эксплуатацию отдельных участков.

Для обеспечения надлежащего соединения трубы и соединительные части до опускания их в траншею должны быть подобраны и проверены на поверхности путем внешнего осмотра и простукивания. Особо тщательной проверке должны быть подвергнуты керамические и асбестоцементные трубы.

Пазухи между стенками траншеи и трубами должны быть минимальными, так как они ослабляют сопротивление труб раздавливанию под действием вертикальных сил.

По этим же причинам, а также по конструктивным соображениям (обеспечение прямолинейности укладки, требуемого заложения и пр.) осуществляют тщательную подбивку труб землей или песком, а в некоторых случаях производят подбивку цементного раствора или подбивку бетоном.

Засыпка траншей. При значительных объемах земляных работ засыпку траншей производят при помощи механизмов.

Окончательной засыпке трубопроводов предшествует частичная их засыпка, применяемая как для защиты труб, так и для повышения их устойчивости против различного рода смещений.

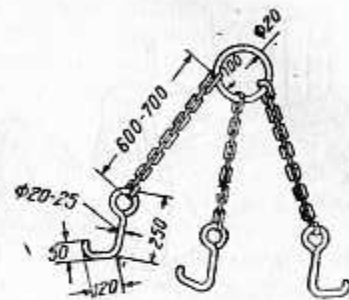


Рис. 111. Крючья для опускания бетонных колец в траншею

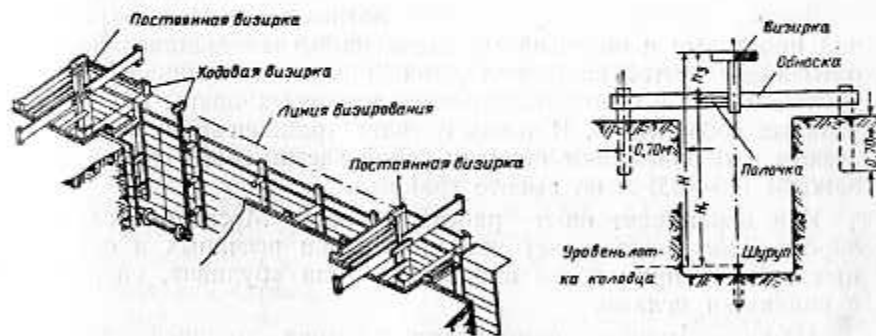


Рис. 112. Укладка труб по визиркам

Частичная засыпка производится по пролетам (между двумя смотровыми колодцами) сразу же после окончания работ по укладке труб. При этом особое внимание уделяется предохранению труб от повреждений при самой засыпке. С этой целью засыпку низа траншеи обычно производят вручную мяг-

кой несслежавшейся землей без камней и твердых предметов на высоту не менее 0,2—0,5 м над верхом трубы (в зависимости от материала труб).

Окончательную засыпку траншей производят после детального осмотра трубопровода и проведения испытаний. Траншею засыпают обычно ранее вынутой из нее землей. Однако

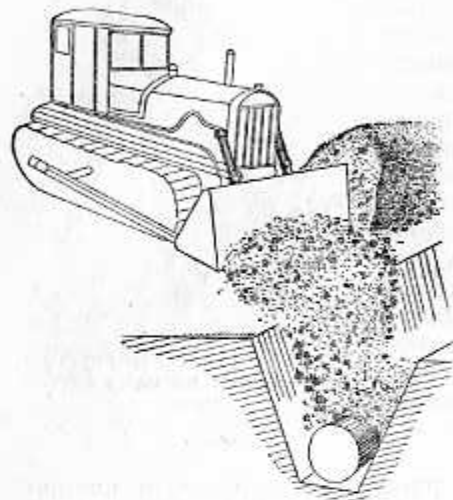


Рис. 113. Засыпка грунта в траншею бульдозером

использование смерзшейся земли, а также скальных, болотистых и торфянистых грунтов не допускается. Засыпку производят послойно (слоями 0,15—0,25 м) равномерными рядами с уплотнением грунта пневматическими трамбовками, снабженными металлическими башмаками квадратной или круглой формы (1 200—1 500 ударов в 1 мин.). При применении ручных трамбовок получается недостаточное уплотнение, вследствие чего через непродолжительное время траншея дает осадку.

Особо тщательному уплотнению подлежат траншеи

под проездами с интенсивным движением, находящихся на территориях с густой застройкой, так как последующая осадка грунта может вызвать разрушение дорожных покрытий и отдельных сооружений. В таких случаях траншеи засыпают иногда песком или применяют поливку водой засыпаемого грунта через каждые 0,5—0,6 м по высоте траншеи.

Как показывает опыт работы треста Мосводоканалстрой, хорошие результаты дает при уплотнении песчаных и супесчаных грунтов применение вибраторов типа «булава», спаренных с водяными иглами.

Наиболее широко применяется засыпка траншей стругами (бульдозерами), укрепленными на тракторе. При небольшой ширине земляного вала бульдозер перемещается вдоль траншеи, тогда как щит (отвал) устанавливается на нем под углом к направлению движения. При большой ширине вала направление движения бульдозера меняется в соответствии с принятыми по схеме организации работ отдельными захватками. Засыпка грунта бульдозером показана на рис. 113.

Для засыпки траншей используются также землеройные машины с соответствующим сменным оборудованием. В отдельных

случаях засыпку траншей производят машинами шнекового типа.

Ручной способ засыпки траншей применяется только при небольших объемах работ.

На незастроенных территориях и при отсутствии проездов, траншей засыпают вынутой землей и планировку участка производят после осадки и уплотнения грунта. Излишнюю землю вывозят в места, предусмотренные схемой планировки.

Засыпку траншей в стесненных местах (между строениями, в узких проездах и пр.) можно производить также скреперной установкой, перемещаемой вдоль траншеи.

Строительный инвентарь и приспособления. При устройстве колодцев, а также кирпичных и железобетонных коллекторов применяют инвентарные приспособления, обеспечивающие максимальную их оборачиваемость (шаблоны и лекалы для набивки лотков и кладки ступней, опалубку для устройства основания сводов и ступней, кружала, подмости и т. д.). Строительные материалы и полуфабрикаты (кирпич, раствор) опускают в траншею при помощи специальных механизмов или вручную по специальным желобам.

Специальные методы прокладки трубопроводов. При обычно принимаемой глубине заложения ливневых сетей их укладывают в траншеи, вырытые открытым способом. На отдельных же участках с неблагоприятным рельефом, где заложение трубопроводов достигает значительной глубины (более 7—8 м), открытая прокладка становится экономически нецелесообразной.

В этих случаях, а также при прокладке ливневых сетей на участках с весьма интенсивным транспортным движением и развитым подземным хозяйством (городские уличные магистрали и проезды реконструируемых предприятий), осложняющими производство работ, более эффективными являются подземные, так называемые туннельные методы производства работ, позволяющие осуществлять прокладку коллекторов крупных диаметров без вскрытия дорожной одежды. Одним из них является метод проходки щитами малого диаметра (1,5—3,0 м), удовлетворяющий современным требованиям механизации и индустриализации строительства.

Принципиальная схема щитовой проходки показана на рис. 114.

Щит представляет собой металлический цилиндр, под защитой которого производится разработка грунта и отделка туннеля (железобетонными или керамическими блоками). Верхняя часть щита имеет выступ, предотвращающий осыпание грунта с потолка. Щит передвигается в забое посредством закрепленных на нем гидравлических домкратов, работающих от насоса под давлением до 200 ат.

Средняя скорость проходки щитами колеблется в зависимости от гидрогеологических условий от 2 до 6 м в смену.

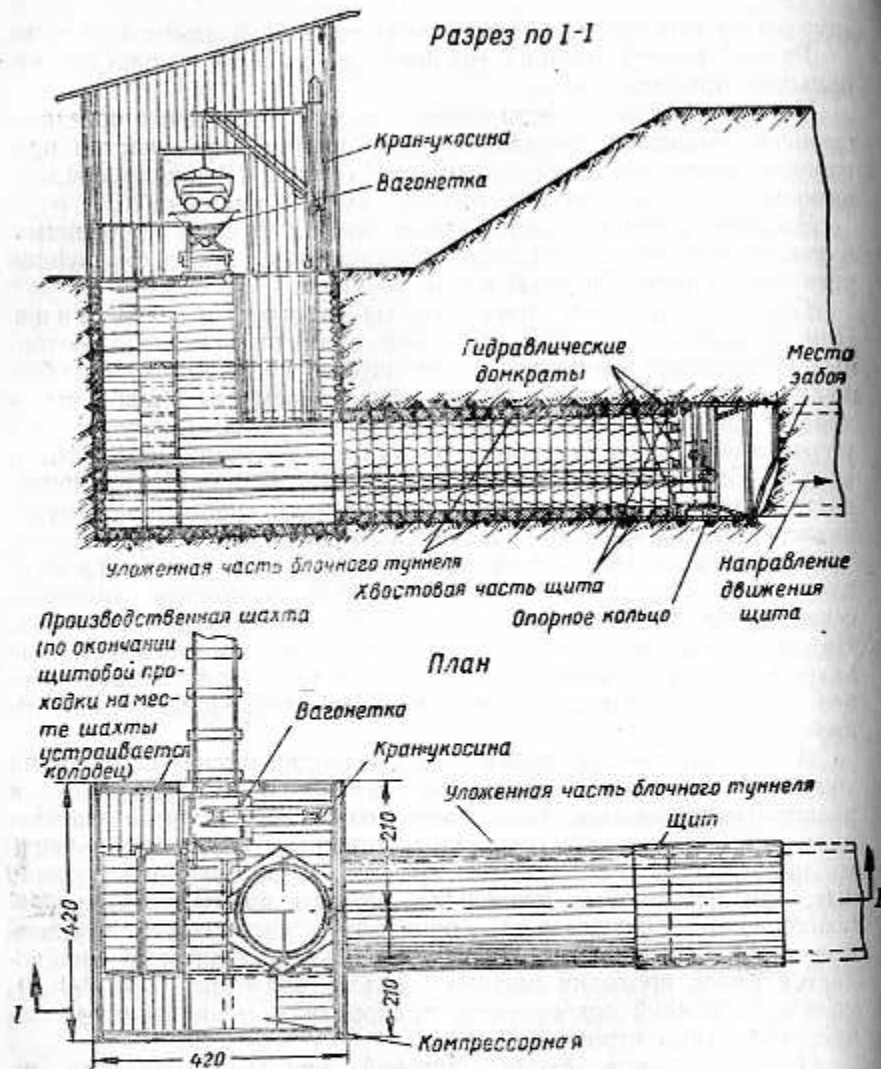


Рис. 114. Щитовой способ проходки туннеля

Щитовые работы проводятся в следующем порядке¹:

1) в первую очередь выполняются подготовительные работы, в состав которых входят: устройство шахт, подсобных помещений, дорог, установка механизмов, подводка воды и электроэнергии, опускание щитов с вводом в забой, оборудование

¹ И. М. Монес, Постройка подземных городских сооружений посредством щитов малого сечения, изд. Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1949.

шахт подъемными механизмами, лестницами и т. д.; в некоторых случаях проводятся подготовительные работы по понижению уровня грунтовых вод, водоотливу, по устройству вентиляции;

2) осуществляется собственно щитовая проходка, включающая разработку забоя, передвижку щита, укладку блоков и нагнетание раствора;

3) производятся отделочные и гидроизоляционные работы.

Расстояние между рабочими шахтами при проходе щитом диаметром 1,5—2 м принимается ориентировочно 100—150 м, а при щите диаметром 2,56—3,0 м — 160—200 м.

При необходимости уменьшить сечение туннеля до размеров, установленных гидравлическим расчетом, внутри блочной или тубинговой отделки устраиваются бетонные (рис. 115) или кирпичные (рис. 116) лотки.

Широкое применение на строительстве подземных сетей должно получить также методы горизонтального бурения и проталкивания стальных (обетонированных асбестоцементным раствором) и железобетонных труб гидравлическими домкратами.

Значительный интерес представляет предложенный инж. К. А. Романовичем метод проталкивания железобетонных секций крупного диаметра. Закрытая прокладка труб малого диаметра может производиться путем «прокалывания» грунтов наконечником, диаметр которого превышает диаметр прокладываемых труб.

Штольевой (горный) способ для прокладки закрытых водосточков в настоящее время применяется весьма редко.

При применении этого способа отделку стен туннеля следует производить сборными бетонными блоками, одновременно служащими рабочей конструкцией и заменяющими крепления.

Оригинальный способ горизонтальной подземной проходки в последнее время предложен канд. техн. наук Г. Э. Парубек и И. А. Физделем. Схема проходки по этому способу,

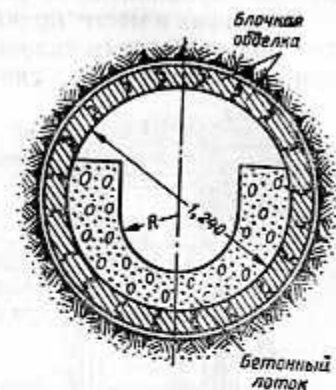


Рис. 115. Конструкция туннеля из блоков с бетонным лотком

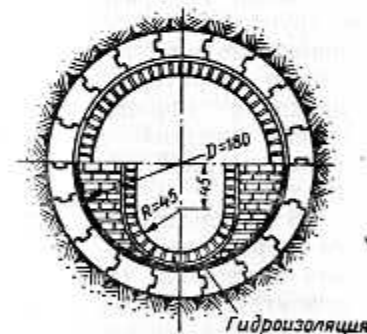


Рис. 116. Конструкция туннеля из блоков с кирпичным лотком

названному авторами вибровакуумным, приведена на рис. 117.

Для его осуществления в начале и конце линии устраивают шурфы глубиной на 80 см ниже заложения трубы.

В шурфах в месте прокладки труб делают углубление, в которое под требуемым уклоном вставляют трубу с вибровакуумным прибором (рис. 118), снабженным на конце режущей кромкой.

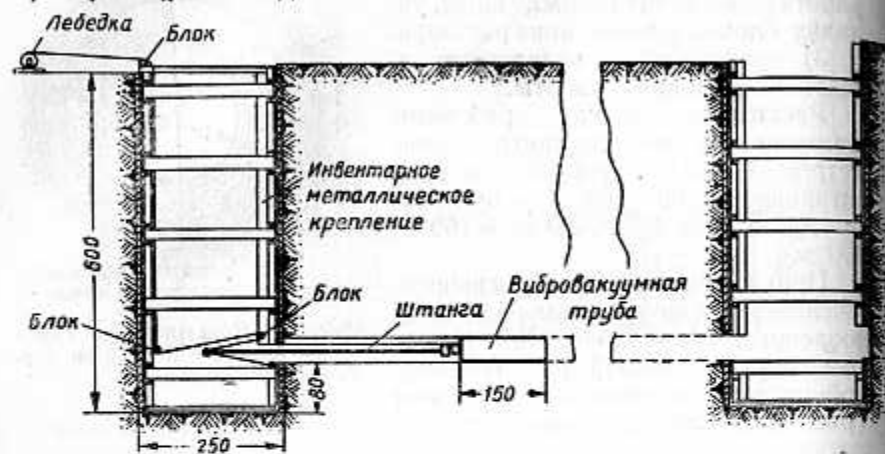


Рис. 117. Схема вибровакуумной проходки

При помощи специальных устройств трубу прижимают к грунту, после чего включают вибровакуумный аппарат. Труба под действием вакуума всасывается в грунт, причем ее продвижению значительно помогает вибратор. По мере проходки наращиваются звенья жесткой штанги, прикрепленной к оголовку трубы.



Рис. 118. Оголовок вибровакуумной трубы

В результате проходки образуется уплотненная наклонная (или горизонтальная) скважина, которая не обрушивается после удаления буровой трубы (рис. 119).

Особенно целесообразно применение этого способа в зимнее время.

Значительный интерес представляет новый землеройный агрегат, обеспечивающий полную механизацию подземных работ, так называемая «подземная лодка»¹.

¹ А. Требелев, Подземная лодка, «Московский строитель» от 25 декабря 1951 г.

Подземная лодка представляет собой аппарат сигарообразной формы, в передней части которого имеется мощный бур. Передвижение лодки производят при помощи двух пар домкратов, укрепленных в конце лодки и при передвижении упирающихся в стенки скважины.

Вокруг лодки вращается шнек, который вжимает выбранную породу в стенки скважины (без удаления грунта на поверхность), что является одним из основных достоинств описываемой конструкции.

Агрегат может работать в любых грунтовых условиях.

Скорость проходки «подземной лодкой» составляет в средних грунтах 10—12 м/час.

Скорость проходки лодкой в скважине диаметром 1,2 м во много раз превышает скорость прокладки труб обычным туннельным способом (почти в 20 раз).

Стоимость проходки «подземной лодкой» значительно ниже стоимости ручной выемки.

Водоотлив. При рытье траншей в ряде случаев приходится сталкиваться с необходимостью откачки значительных количеств грунтовой воды.

Выбор общей схемы водоотлива и агрегатов для откачки воды следует производить со всесторонним учетом условий поступления воды в траншею.

Темпы производства земляных и монтажных работ в свою очередь зависят от организации водоотлива и применяемых при этом средств.

В настоящее время для борьбы с поступающей в траншею водой применяют как открытые способы водоотлива, так и искусственное понижение уровня грунтовых вод.

При открытых способах водоотлива, наиболее широко применяемых при прокладке трубопроводов, производится откачка воды из специальных колодцев и приемков, собирающих притекающую в траншею воду.

Откачка воды при помощи ручных насосов производится только при небольшом притоке воды; для этой цели обычно применяют диафрагмовые насосы (типа «лягушка» и др.). При более значительном притоке воды применяют приводные диафрагмовые или поршневые насосы, смонтированные на тележке вместе с двигателем внутреннего сгорания (с приводом обычно от автомобиля) или электромотором.

При всех хороших эксплуатационных качествах указанные насосы имеют незначительную производительность и сравни-



Рис. 119. Общий вид скважины пройденной вибровакуумным способом

тельно небольшую высоту всасывания (от 4 до 6 м). Поэтому при производстве земляных работ с сильным притоком воды (в пловунах, водянистых грунтах и пр.) применяют мощные центробежные электронасосы или агрегаты с двигателями внутреннего сгорания (стационарные или передвижные, смонтированные на автомашине).

Особенно эффективным является применение в этих случаях центробежных насосов марок 2 и 4, изготовляемых Ростокским заводом «Главстроймашина» Министерства дорожного и строительного машиностроения. Насосы этой конструкции выгодно отличаются от центробежных насосов обычного типа тем, что вода самовсасывается через них с глубины 4—6 м. Кроме того, конструкция насоса обеспечивает бесперебойную работу при случайном поступлении воздуха во всасывающий патрубок.

При наличии вблизи трассы водопроводной магистрали с давлением 4 ат и более откачка воды может быть произведена при помощи водоструйных эжекторов. Основным достоинством эжекторов является отсутствие в них движущихся частей, которые часто требуют ремонта. В отдельных случаях применяют пневматические эжекторы.

Водоотлив должен быть организован таким образом, чтобы не было просачивания и выноса из-под креплений разжиженного грунта, так как это может повлечь за собой расстройство креплений, обрушение канав, разрушение дорожных покрытий и ближайших сооружений. Откачиваемую из траншей воду в зависимости от ее количества можно удалять как в кюветы и водостоки (по лоткам или трубам), так и в пониженные места; удаление этой воды непосредственно по траншее не допускается.

При применении открытого водоотлива откачка воды из траншей производится одновременно с земляными работами. Это является одним из недостатков данного способа, так как в этом случае нарушается общая организация работ и затрудняется механизированная разработка грунта. Поэтому в тех случаях, когда работы по прокладке трубопроводов (в том числе и рытье траншей) должны быть произведены в заранее осушенных траншеях, применяется искусственное понижение уровня грунтовых вод.

Достигается это при помощи специальной водопонижающей установки, в состав которой входят:

а) снабженные на конце приемными отверстиями и фильтром иглофильтры из стальных труб диаметром 38—50 мм, погружаемые в осушаемый грунт;

б) сборный всасывающий коллектор, который обслуживает группу иглофильтров (до 100 шт.), присоединяемых к коллектору при помощи специальных соединений;

в) вихревой насос, обеспечивающий самовсасывание (через коллектор) притекающей к иглофильтрам воды за счет вакуума,

создаваемого насосом в коллекторе и внутри отдельных игл.

Поступающая в насос вода сбрасывается по напорному трубопроводу в водоотводящую сеть.

Устанавливаются иглофильтры обычно с одной стороны траншеи на расстоянии, определяемом гидрогеологическими условиями, но не реже чем через 1,5 м. Иглофильтры погружаются (обычно под собственным весом) в разжиженный грунт, для чего через них пропускают водопроводную воду под напором 2 ат и более.

Наряду с мощными установками треста Бурводстрой (применяемыми в основном для котлованов) значительный интерес представляет установка малой производительности, сконструированная Ленинградским институтом академии коммунального хозяйства РСФСР специально для понижения уровня грунтовых вод в траншеях¹.

Эта установка, испытанная институтом совместно с трестом Ленводоканалстрой в гидрогеологических условиях Ленинграда, дала вполне благоприятные результаты: требуемое понижение уровня грунтовых вод было достигнуто в течение 1—3 дней.

Установка состоит из 10 иглофильтров, вихревого насоса производительностью до 30 м³/час и всасывающего коллектора диаметром 65 мм и длиной 30 м.

После укладки трубопроводов и засыпки траншей водопонижающие установки демонтируют. Извлечение иглофильтров в зависимости от глубины их погружения и рода грунтов производится самоходными автокранами, треногами с талями, а при неглубокой установке (до 1,5 м) — вагами.

Для защиты траншей и котлованов от размыва и затопления предусматривают специальные мероприятия для предотвращения доступа и отвода поверхностных вод с максимальным использованием существующей водоотводящей сети (лотков, кюветов и т. д.). Способы водоотведения должны быть предусмотрены в проекте организации работ.

Производство работ в зимнее время. До самого последнего времени работы по устройству ливневой канализации, как правило, производились только в теплый период года.

В зимнее время прокладывались только сети производственно-ливневой канализации, отдельные коллекторы, обслуживающие внутренние водостоки, и т. д.

В настоящее время при применении комплексного поточного метода производства дорожных работ и прокладки инженерных коммуникаций ряд строительного-монтажных организаций пере-

¹ Инж. А. Земский. Иглофильтровые установки для понижения грунтовых вод, «Жилищно-коммунальное хозяйство» № 3, 1951.

шел на круглогодичное строительство с выполнением работ по укладке ливневой сети и в зимнее время.

Следует отметить, что производство отдельных видов работ (земляных и др.) в зимнее время может оказаться в некоторых случаях даже экономически целесообразным. Сюда относится производство земляных работ при высоком уровне грунтовых вод, в пльвунах, а также рытье траншей в зимнее время при устойчивой температуре ниже -10° , когда вместо устройства специальных креплений может быть применен метод последовательного естественного замораживания стенок траншей¹ на толщину не менее 15 см.

Методы производства отдельных видов работ в зимнее время устанавливаются в проекте организации строительства применительно к температурным поясам, в которых осуществляются работы по устройству ливневой канализации.

Подлежащие укладке трубы должны быть тщательно осмотрены и очищены от снега и льда. Очистка труб, особенно каменно-керамических и асбестоцементных, должна производиться во избежание их поломки с особой осторожностью (мягкими куклами, щетками, специальными скребками и пр.).

Наибольшую сложность представляют собой работы по рытью траншей в мерзлом грунте. При небольших объемах этих работ рытье траншей производят с предварительным оттаиванием верхнего слоя грунта кострами или дымовыми газами и вскрытием его при помощи клиньев и кувалд. Ввиду исключительной трудоемкости этих работ требуется максимальная их механизация, в связи с чем для вскрытия верхнего промерзшего слоя грунта применяют пневматические инструменты, а для последующей выемки — землеройные машины.

Указанные способы отогрева грунта являются малоэффективными, трудоемкими и непригодными при скоростном строительстве. В связи с этим для оттаивания грунта в ряде случаев применяют электроотгрев, паровые и водяные иглы.

Особое внимание при производстве земляных работ в зимнее время должно быть обращено на защиту от промерзания дна траншей и оснований под трубопроводы. Поэтому в тех случаях, когда между окончанием земляных работ и укладкой труб неизбежен перерыв, дно траншей защищают специальными утеплителями (соломенными матами и пр.), а при больших морозах на дно траншей устанавливают жаровни с углем. При этом обычно оставляют невыбранным слой грунта на глубину, защищающую дно траншей от промерзания; выемку этого грунта производят непосредственно перед укладкой труб.

При промерзании основания траншей промерзший грунт удаляют и заменяют слоем песка толщиной 0,2—0,5 м.

¹ Действующими правилами допускается во всех грунтах, кроме песчаных.

В сухих песчаных и гравелистых грунтах трубы укладывают на естественное основание.

Засыпка траншей в зимнее время должна производиться талым грунтом или песком на высоту не менее 0,7 м; верхняя часть траншей может быть засыпана мерзлым грунтом.

Вопросы техники безопасности. Строительно-монтажные работы следует выполнять с соблюдением требований техники безопасности, предусмотренных специальным законодательством.

Основными мероприятиями по технике безопасности являются:

- а) рациональная организация и содержание рабочего места;
- б) содержание в исправном состоянии механического оборудования (в том числе подъемных механизмов), ручного инструмента и приспособлений;
- в) устройство защитных ограждений у вращающихся механизмов;
- г) установка в соответствующих местах различного рода предохранительных знаков и сигнальных устройств, а также широкое использование специальных плакатов по технике безопасности;
- д) своевременное проведение текущего и планово-предупредительного ремонта и т. д.

Вскрытые при разработке траншей подземные коммуникации и сети (электрокабели, газопроводы и пр.) должны быть немедленно заключены в коробки или в специальные предохранительные устройства и тщательно укреплены. Работы на этих участках надлежит производить под надзором технического персонала и представителя организации, в ведении которой находятся те или иные сети, с обязательным выполнением специальных требований техники безопасности (не применять металлические ударные инструменты: лопы, лопаты и т. д.).

Для прохода и проезда через траншеи должны быть устроены инвентарные мостики со сплошным настилом и прочными ограждениями.

Места разрытия должны быть ограждены и в ночное время освещены. Для ограждения следует применять инвентарные сборные конструкции. Весьма рациональную конструкцию имеют сборные щиты, применяемые при строительстве в Москве; отдельные секции этих щитов имеют длину 1,73 м и высоту 1,22 м.

3. СДАЧА И ПРИЕМКА РАБОТ

После окончания работ и проведения необходимых испытаний осуществляется сдача и приемка сетей и сооружений в эксплуатацию специальной приемной комиссией.

В задачи комиссии входит детальное ознакомление с проектно-технической документацией, установление соответствия

выполненных в натуре работ принятым в проекте решениям и соответствия фактической стоимости работ их сметной стоимости, осмотр и проверка работы проложенной сети и отдельных выстроенных сооружений и определение качества работ.

Приемной комиссии должны быть представлены надлежаще оформленные и утвержденные соответствующей инстанцией:

- 1) технический проект, смета и документация об их утверждении;
- 2) рабочие и исполнительные чертежи проложенной сети и выстроенных сооружений с необходимой их привязкой; на исполнительных чертежах должны быть показаны также участки, на которых выполнены специальные виды работ и конструкций (основания, шпунты, дополнительные крепления и пр.);
- 3) проект организации производства строительных работ;
- 4) акты и документы, на основании которых произведены отступления от проекта, с детальной мотивировкой этих отступлений;
- 5) акт испытаний и приемки скрытых работ (оставленных в земле креплений и т. д.).

Приемная комиссия должна:

- а) проверить все выполненные работы с точки зрения требований действующих технических условий на производство и приемку соответствующих видов работ;
- б) установить соответствие уложенных в дело материалов и изделий стандартам и техническим кондициям;
- в) проверить соответствие трассы техническому проекту и исполнительным чертежам;
- г) проверить принятые размеры трубопроводов (длину, диаметры), отметки их заложения и уклоны, а также прямолинейность отдельных участков трассы; трубы крупных диаметров (500 мм и более) должны быть осмотрены изнутри для определения состояния внутренней поверхности, проверки размеров зазоров в раструбках и т. д.;
- д) осмотреть выстроенные сооружения и проверить их размеры и размещение, в частности расстояния между колодцами и ливнеприемниками;

е) произвести испытание трубопровода путем наполнения водой (в соответствии с действующими требованиями).

Приемка ливневой сети, проложенной в границах городских проездов и улиц, производится одновременно с приемкой дорожных работ и подземных коммуникаций; до этого осуществляется предварительная приемка отдельных конструктивных элементов.

Приемка отдельных видов работ (земляные работы, укладка труб, сооружение каналов, колодцев и камер, заделка разрывов и пр.) с составлением акта по установленной форме производится техническим надзором организации, которая будет вести эксплуатацию данных устройств.

При приемке отдельных конструктивных элементов и видов работ руководствуются утвержденными Министерством коммунального хозяйства РСФСР «Техническими условиями и правилами содержания и текущего ремонта городских улиц, водосточков и набережных» (изд. Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1947).

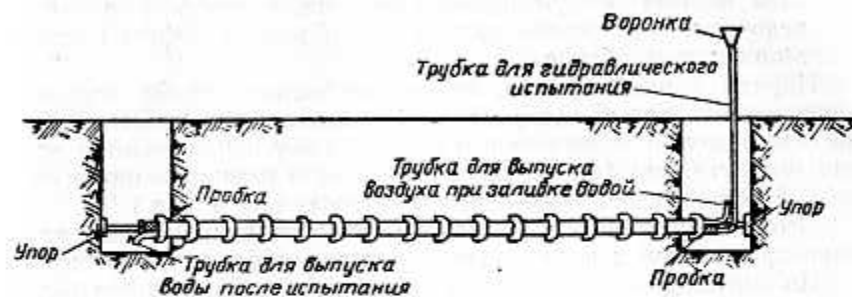


Рис. 120. Схема установки для гидравлического испытания трубопровода.

Для проверки стыков и труб сеть до ее засыпки подвергают гидравлическому испытанию по отдельным участкам. После детального осмотра и исправления дефектов производят вторичное испытание водой.

Схема установки для гидравлического испытания уложенных ливневых сетей приведена на рис. 120.

Наблюдение за уровнем воды в контрольном сосуде производят в течение 30 мин., причем по количеству доливаемой воды судят о величине утечки.

Сеть заполняют водой из верхнего колодца (отсоединенного от остального участка пробкой) или же при помощи шланга через заглушку с полугайкой, присоединенную к нижнему концу испытываемой линии.

При сдаче работ составляют акт приемки, в котором отмечают все дефекты и недоделки, подлежащие исправлению до сдачи в эксплуатацию, и устанавливают сроки их исправления.

Глава X

ЭКСПЛУАТАЦИЯ НАРУЖНЫХ СИСТЕМ ЛИВНЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

1. ЗАДАЧИ И ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛИВНЕВЫХ СИСТЕМ

Основной задачей эксплуатации ливневых систем является содержание в исправном состоянии всех сетей и сооружений для бесперебойного приема и удаления ливневых вод.

В процессе эксплуатации осуществляется регулярное наблюдение за общим состоянием сетевых устройств (главным образом, за состоянием смотровых колодцев и ливнеприемников), для чего специальное звено рабочих во главе с мастером ежедневно обходит трассу¹.

Результаты осмотра заносят в специальный журнал с детальным планом обслуживаемого участка, в котором отмечают все недочеты, подлежащие исправлению; мелкие дефекты устраняют при самом обходе.

Наряду с этим органы, ведающие эксплуатацией, осуществляют повседневный контроль за использованием ливневой сети по основному ее назначению и ведут борьбу с нарушением правил эксплуатации (например, со сбросом в ливнеприемники мусора, с неорганизованным сбросом сточных вод и т. д.).

Особое внимание уделяется очистке мест вокруг колодцев и ливнеприемников и надлежащему содержанию люков и решеток.

По специальному плану служба эксплуатации производит периодический осмотр системы для определения технического ее состояния и объема необходимых ремонтных работ.

На основе данных обследования производится текущий ремонт, а в определенные отрезки времени — капитальный ремонт сети и сооружений.

Ремонтные и аварийные работы, учитывая расположение ливневой сети, главным образом, на улицах и проездах, следует производить в минимальные сроки и на небольшой площади.

Работы по ремонту ливневой сети, проложенной под проездами с интенсивным движением, в ряде случаев производят в ночное время или в 2—3 смены с тем, чтобы не нарушать движения транспорта.

В задачу службы эксплуатации входит периодическая промывка и прочистка сетей, устранение засорений и ликвидация аварий.

Особое место занимают мероприятия по подготовке ливневой канализации к эксплуатации в зимний период, состав которых устанавливается на основе специального осмотра. К числу этих мероприятий относится подготовка ливнеприемников к содержанию в зимнее время, предохранение отдельных участков сети и особенно оголовков коллекторов от замерзания, подготовка к организации гидросплава снега и т. д.

Сроки капитального ремонта ливневой сети должны быть увязаны со сроками ремонта дорожных покрытий с тем, чтобы избежать вторичного разрытия проезда.

В процессе эксплуатации должны строго соблюдаться требования охраны труда и техники безопасности. В первую очередь

¹ При использовании ливневых сетей для отвода отработанных промышленных вод периодический осмотр и контроль за работой сети осуществляется с участием представителя Государственной санитарной инспекции.

это относится к работе внутри колодцев и коллекторов, осмотр и ремонт которых должны производиться с соблюдением требуемых мер предосторожности (дегазация, применение защитных приспособлений при опускании в колодец и т. д.).

Организация эксплуатации ливневой канализации зависит от целого ряда факторов и в первую очередь от назначения и размеров обслуживаемой территории, технического ее оснащения и протяженности сети.

Эксплуатацией ливневой сети в городах ведают органы городских советов: а) в крупных городах — дорожно-эксплуатационные управления или отделы и подчиненные им тресты, конторы или районные эксплуатационные участки; б) в остальных городах — отделы коммунального хозяйства (горкомхозы), в ведении которых находятся эксплуатационные участки или бригады. Эксплуатация внутриквартальной части ливневой сети входит в обязанность домоуправлений.

На промышленных предприятиях, где ливневая сеть обычно используется и для отведения условно чистых вод, эксплуатацией ведают управление (отдел) главного механика завода.

В задачу этого управления (отдела) входит также рассмотрение и утверждение проектно-технической документации по устройству ливневой канализации, работы по расширению и переустройству отдельных ее участков, а также технический надзор за ходом строительства и приемка в эксплуатацию выстроенных сооружений в тех случаях, когда эти работы производятся специализированными организациями.

Для круглосуточного обслуживания организуются диспетчерские пункты в управлении и на отдельных участках.

Для облегчения условий эксплуатации, контроля и производства ремонтных работ составляются исполнительные чертежи в масштабе 1:200—1:500. На чертежах указываются длина, сечение, уклоны трубопроводов и материалы, из которых они изготовлены, габариты и нивелирные отметки отдельных сооружений и устройств (колодцев, переходов и т. д.) с привязкой их к постоянным точкам (углам зданий и т. д.).

На основании исполнительных чертежей проводится инвентаризация отдельных элементов ливневой канализации.

Для того чтобы облегчить отыскание колодцев, местоположение их указывается на прилегающих стенах и заборах путем соответствующих табличек или надписей, показывающих цифрой — расстояние, а стрелкой — направление.

2. ОЧИСТКА ЛИВНЕВЫХ СЕТЕЙ

Засорение, а тем более полная закупорка ливневой сети представляют собой весьма редкое явление. Объясняется это характером и составом стоков, движущихся по сети ливневой канализации, а также крупными сечениями водосточков.

Как указывает инж. Л. Г. Демидов, даже в сетях хозяйственно-фекальной канализации, где засорение более возможно, на 1 км сети диаметром 400 мм приходится в год 0,42 случая засорения; при диаметре 600 мм число возможных случаев падает до 0,05; в трубах диаметром 700 мм возможность сильного засорения вообще мало вероятна. Однако, поскольку вместе с атмосферными осадками в ливневые сети поступает также известное количество загрязнений, смытых с поверхности, не исключена возможность отложения их на стенках трубопроводов. Для удаления налипших частиц производится периодическая (в зависимости от рода и состояния поверхности) очистка труб и каналов.

Как показывает практика эксплуатации, коллекторы крупных диаметров (1000 мм и более) следует очищать не реже 2 раз в год, причем 1 раз в весенний период, после паводка; прочистка остальных трубопроводов производится по мере надобности, но не реже 2 раз в год.

В настоящее время очистка труб, особенно труб крупного диаметра, в большинстве случаев производится механизированным способом.

Полная закупорка водостоков (в основном ответвлений от ливнеприемников) с прекращением их работы происходит сравнительно редко. Прочистка ливневой сети в таких случаях производится так же, как прочистка сетей хозяйственно-фекальной канализации (стальной проволокой, металлическими штангами и т. п.).

Извлеченный из сетей мусор и загрязнения сразу же вывозят в специальной таре на свалки.

Очистка ливнеприемников и колодцев. Очистка ливнеприемников проточного типа (без осадочников) производится только периодически, по мере накопления загрязнений, смытых с поверхности при небольших скоростях и малых расходах воды или образующихся в результате нарушения правил эксплуатации (сброс скола и мусора и т. п.). Ввиду сравнительно небольшого количества такого рода загрязнений очистку ливнеприемников в ряде случаев производят вручную, что, однако, представляет собой тяжелую и грязную работу. В связи с этим, как уже указывалось выше, ливнеприемники этого типа снабжаются специальными съемными грязеуловителями, подвешиваемыми под решеткой ливнеприемника; тем самым отпадает необходимость спуска в колодец.

Более целесообразна периодическая (и в первую очередь механизированная) очистка ливнеприемников, при которой санитарные условия улиц и проездов значительно улучшаются (предотвращается загнивание осадка и распространение дурных запахов).

Условия эксплуатации ливневых сетей значительно усложняются при применении ливнеприемников с осадочником.

Для предупреждения отложений загрязнений в коллекторе и закупорки осадочной части очистка ливнеприемников должна производиться регулярно.

Количество загрязнений зависит от рода дорожных покрытий и интенсивности движения.



Рис. 121. Илосос „Промет-37“ в момент очистки колодца

По данным канд. техн. наук Г. Г. Шигорина, среднее количество накапливающегося осадка в сетях ленинградских водостоков (при периоде между чистками 4—7 месяцев) составляет: при асфальтовых мостовых и интенсивном движении — от 0,05 до 0,10 м³ в месяц, при булыжной мостовой — от 0,06 до 0,15 м³ в месяц на один ливнеприемник с осадочником; при малом движении количество осадков уменьшается до 0,1 м³.

Как уже указывалось, ручные способы очистки (при помощи черпаков и т. д.) в настоящее время вытесняются механизированными методами очистки.

Применение и широкое внедрение стахановских приемов работы и приспособлений значительно улучшают санитарные условия работы, снижают стоимость работ (в 3—4 раза) и в 5—6 раз повышают производительность труда по сравнению с производительностью при ручной очистке.

Механизированное удаление осадка из ливнеприемников с осадочной частью производится при помощи вертикальных шнеков или илососов, смонтированных на автомашине. Илососы работают по принципу вакуумной установки, засасывающей осадок в цистерну.

Общий вид илососа показан на рис. 121; на рис. 122 приведена технологическая его схема.

Вследствие малой влажности осадка¹ (порядка 40—50%) и большого объемного его веса предварительно производится разжижение его водой; при применении илососов подача воды производится из специального бака, установленного на машине.

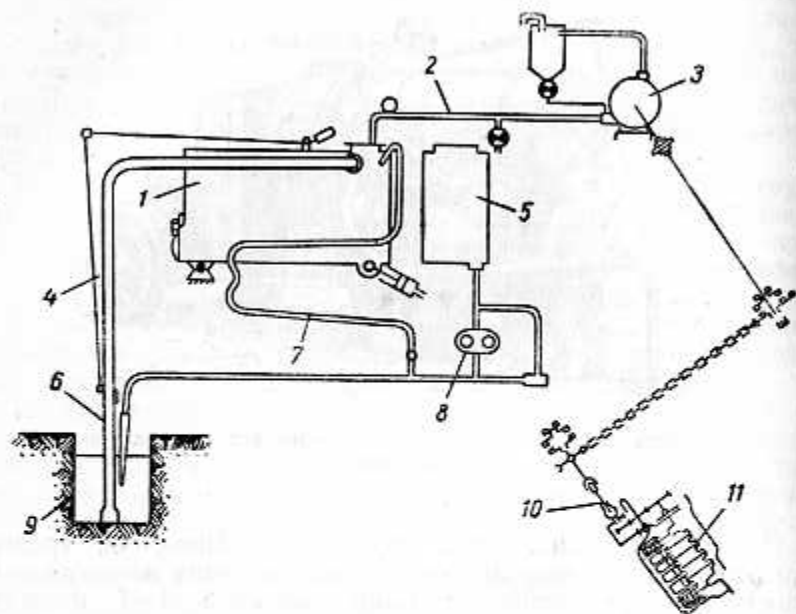


Рис. 122. Схема илососа

1 — шестерня для ила на раме самосвала с гидравлическим опрокидывающим устройством; 2 — труба для оксигенации воздуха; 3 — компрессор, создающий в шестерне вакуум; 4 — шланг; 5 — шестерня для воды, расколуемой на разжижение ила; 6 — всасывающая труба; 7 — промывная трубопровод (для промывки шестерни и облегчения ее разгрузки от ила); 8 — насос; 9 — колодец; 10 — карданный вал; 11 — автомобильный двигатель

При оборудовании ливнеприемника грязеуловителями очистка его еще более облегчается; выемка и опорожнение сосудов в специальные резервуары производится в этом случае при помощи автокранов.

Очистка смотровых колдцев производится обычными способами, применяемыми в канализационной практике.

При очистке люков и крышек колодцев от льда и снега в первую очередь должны быть очищены смотровые колодцы, расположенные близко к газопроводам, для предупреждения скопления газа в колодцах.

Наряду с этим должен производиться систематический осмотр водостоков, расположенных близко к газопроводам.

¹ Осадок содержит 90—95% песка.

При образовании в коллекторе наледей (что часто имеет место при чередовании морозов с оттепелями) применяют отопление паром при помощи резинового шланга от передвижного парового котла.

3. ПРИЕМ ДРЕНАЖНЫХ ВОД¹

Действующими правилами эксплуатации ливневой канализации допускается сброс в сеть водостоков дренажных вод с застроенных территорий. Возможность и условия сброса устанавливаются путем обследования на месте с учетом технического состояния сети, ее размеров и глубины заложения.

Основной задачей дренажа является искусственное понижение уровня подземных вод (как содержащихся в грунте, так и просачивающихся с поверхности через дорожные одежды и покрытия) с целью осушения территорий. Для этого прокладывается специальная сеть дренажных канав или трубопроводов, собирающих воду и отводящих ее от защищаемых сооружений.

Наиболее распространены следующие типы дренажа:

- а) местный дренаж для защиты отдельных зданий и кварталов;
- б) специальные виды дренажа от инженерных сооружений (трамвайных путей и т. д.);
- в) дренажные устройства в парках и скверах;
- г) дренажные устройства для санитарного оздоровления заболоченных мест и др.

При устройстве дренажа от отдельных зданий дренажную сеть закладывают ниже отметки грунтовых вод с тем, чтобы подошвы фундаментов были выше капиллярного поднятия воды. При этом обычно устраивают трубчатый дренаж. Схема местного дренажа со сбросом дренажных вод в сеть ливневой канализации приведена на рис. 123.

Дренаж в основании трамвайных путей устраивают для сбора и отведения поверхностных вод, просачивающихся через неплотности трамвайного полотна и вдоль рельсов. Выполняется этот дренаж в виде дренажных канав или труб (сплошных или дырчатых) диаметром 150—300 мм, засыпанных дренирующим материалом.

Присоединение дренажных сетей от трамвайного полотна к ливневой сети производится через каждые 200—300 м.

Конструкция бокового дренажа от трамвайных путей показана на рис. 124.

¹ Вопросы дренажа являются предметом специального изучения и рассматриваются здесь лишь в той мере, в какой это связано с обслуживанием дренажных устройств системой ливневой канализации.

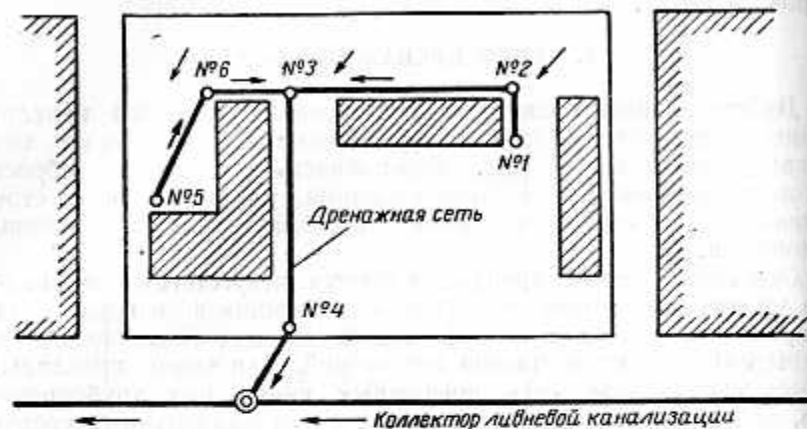


Рис. 123. Сброс дренажных вод в сеть ливневой канализации

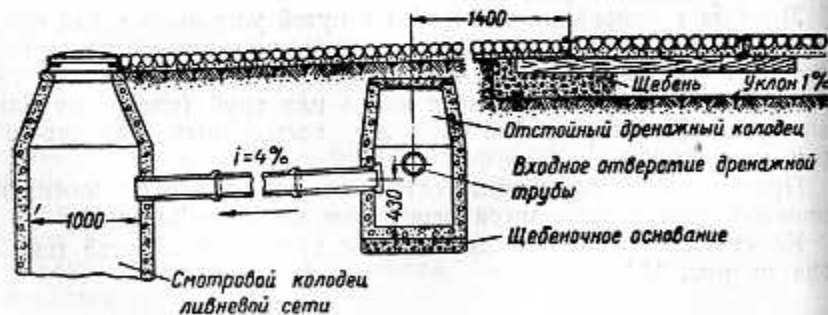


Рис. 124. Боковой дренаж от трамвайных путей

При устройстве дренажных канав сброс воды в колодцы ливневой сети осуществляется при помощи гончарных или керамических труб, закладываемых в канаву.

Для дренажа парковых территорий обычно устраивают дренажные канавы. Трубчатый дренаж в этом случае имеет ту же конструкцию, что и дренаж для застроенных территорий.

При размещении дренажной сети ниже обслуживаемого коллектора ливневой канализации устраивается перекачка дренажных вод из специальных сборных колодцев.

Сброс дренажных вод в открытые водостоки допускается только как временное решение, так как в этом случае осложняются условия эксплуатации и ухудшается санитарное состояние водостоков (образование наледей в зимнее время, скопление в лотках грязи, постоянный сток и т. д.).

При присоединении дренажных систем к сетям ливневой канализации должны быть приняты меры против обратного поступления воды во время ливней.

4. ГИДРОСПЛАВ СНЕГА

Удаление снега с территории населенных мест и промышленных предприятий производится путем:

а) вывоза снега на специальные свалки автогужевым транспортом;

б) искусственного таяния снега в снеготаялках со сбросом в ряде случаев талой воды в сеть ливневой канализации;

в) непосредственного сплава снега по сети ливневой канализации (так называемый гидросплав)¹.

Сущность способа гидросплава заключается в следующем. После того как произведено окучивание на проезде выпавшего снега, его через специальные шахты-колодцы сбрасывают в проложенный по этому проезду коллектор, куда одновременно поступает вода, транспортирующая сброшенный снег.

Стребание снега к ливневым колодцам производится при помощи снеговых плугов на автомобильном ходу с загрузкой снега вручную или механическими погрузчиками.

При применении гидросплава отпадает необходимость в механическом транспорте для вывоза снега и расходовании горючего. Кроме того, более эффективно используется ливневая сеть, которая обычно работает по своему прямому назначению лишь крайне ограниченный период, а в остальное время ливневая сеть бездействует или в лучшем случае используется для отведения небольшого количества (по сравнению со своей пропускной способностью) коммунальных или условно чистых вод.

¹ Поскольку температура воды после сброса снега редко бывает выше 2—3°, фактически в трубопроводе происходит перемещение снега.

Особенно целесообразно применение гидросплава при использовании теплых отработанных вод коммунальных предприятий (бань, прачечных и т. д.), так как эксплуатационные расходы сводятся при этом к минимуму.

Еще более целесообразно применение способа гидросплава на промышленных площадках, где для этого имеется ряд дополнительных благоприятных факторов. К числу их относятся: 1) наличие самостоятельной системы производственного водопровода; 2) более низкая стоимость производственной воды (по сравнению с городской); 3) возможность осуществления гидросплава в ночное время при отсутствии водоразбора или при сниженном водоразборе на технические нужды; 4) возможность сплава снега совместно с условно чистыми водами, сбрасываемыми в водостоки; 5) использование для сплава теплых отработанных вод и т. д.

Использование для гидросплава воды из городского водопровода, как показала практика эксплуатации, сопряжено с рядом технических и санитарных недостатков.

Одним из них является исключительно большой расход водопроводной воды на единицу сбрасываемого снега (на 1 м³ снега расходуется около 5—6 м³ воды).

Поэтому питание от городского водопровода возможно только при наличии избыточного количества воды и в том случае, если подача воды на снегосплав не вызовет перебоев в работе водопровода. Кроме того, подача воды должна осуществляться только из водопроводных магистралей крупного диаметра.

Особое внимание должно быть уделено конструкции самого присоединения к водопроводной сети и соблюдению всех санитарных требований в этой части.

Гидросплав допускается при диаметре сетей не менее 600 мм, при наполнении порядка 0,20—0,30D и скорости течения воды от 1,00 м/сек и более.

Трасса сети должна быть по возможности прямолинейной, без резких поворотов и проходить не ближе чем 5—10 м от края проезжей части.

Количество воды, подаваемой из водопроводной сети (в требуемом соотношении к количеству сплавляемого снега); регулируется при помощи специальных приспособлений.

Обычно водопроводные колодцы оборудуются задвижками и съемными патрубками, в случае необходимости выключаемыми глухими фланцами.

Для сброса снега могут быть использованы и существующие смотровые колодцы с заменой во время снегосплава глухих крышек съемными решетками (крестовинами). Конструкция промежуточного колодца для подачи воды приведена на рис. 125.

Шахты, устраиваемые специально при сбросе снега, должны располагаться по оси коллектора. Различные схемы присоеди-

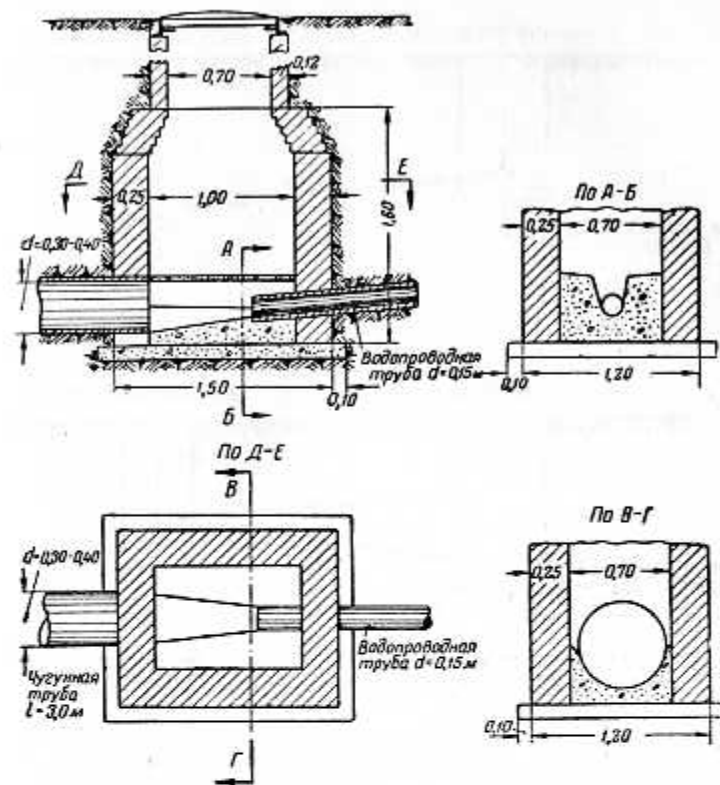


Рис. 125. Колодец для подачи воды в загрузочную шахту

нения шахт к производственному водопроводу (неочищенной воды) показаны на рис. 126.

Для определения количества снега, которое допускается сбрасывать в ливневую сеть, пользуются формулой:

$$A = \frac{B(T_n - T_n)}{80 + 0,505 T_c + T_k},$$

где A — вес снега в кг, сбрасываемого в коллектор в единицу времени;

B — вес в кг или расход воды в л, проходящей по коллектору в ту же единицу времени;

T_n — начальная температура сточных вод в коллекторе до снегосброса;

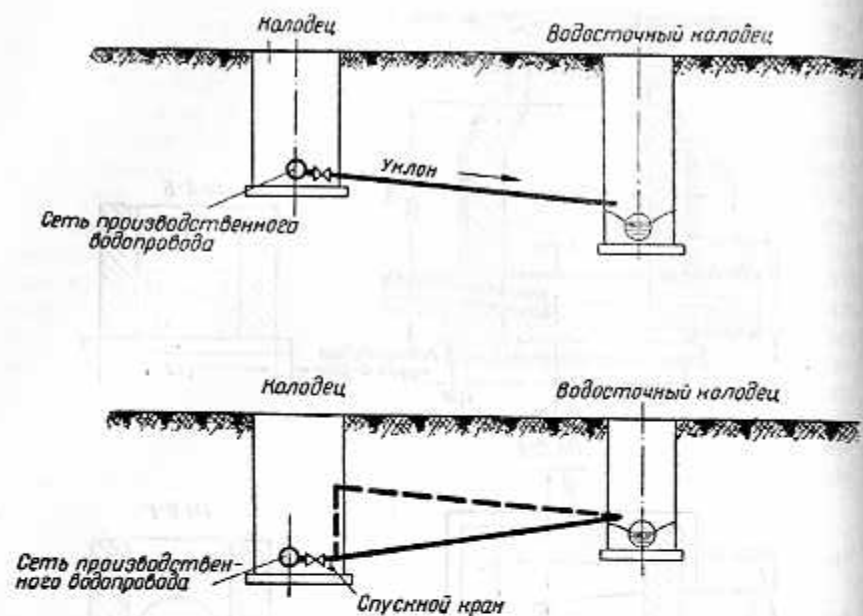


Рис. 126. Различные варианты присоединения снегобросных шахт к производственному водопроводу неочищенной воды

- T_k — конечная температура сточных вод после сброса снега¹;
 80 — скрытая теплота таяния снега в ккал/час;
 0,505 — удельная теплоемкость снега в ккал/кг;
 T_c — температура снега.

При сбросе снега в ливневую сеть с постоянным протоком условно чистых вод объем снега, сбрасываемого в коллектор, не должен превышать 20% объема сточной жидкости, проходящей через коллектор в ту же единицу времени.

Для облегчения расчетов автором составлены специальные таблицы снегопропускной способности ливневых сетей промплощадок, в зависимости от количества протекающей по коллектору воды и ее температуры.

При применении гидросплава особое внимание должно быть уделено надлежащему содержанию устьевых участков коллекторов.

Для борьбы с переохлаждением воды и талого снега внутри коллекторов потоками холодного воздуха, проникающего в сеть

¹ Температура воды в сети после таяния в ней снега не должна быть ниже 3—4°, поскольку более низкая температура может нарушить нормальную работу коллектора.

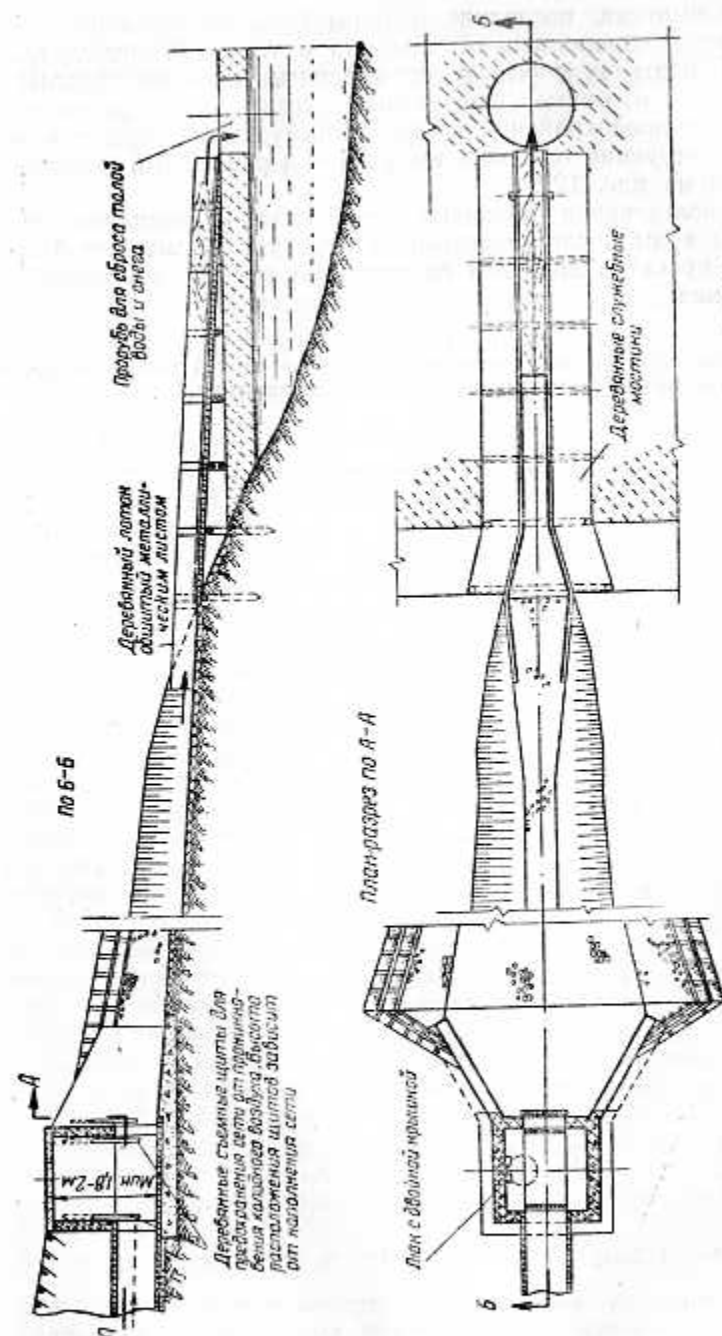


Рис. 127. Оголовок и деревянный лоток для гидросплава снега в водоем

через выпуски, последние должны быть надлежащим образом утеплены (специальными щитами и т. д.). В местах выпуска талой воды и снега в естественные протоки должны быть устроены отгонные переносные лотки для регулирования сброса и предохранения отверстия выпуска от закупорки снегом.

Конструкция оголовка выпуска с деревянными лотками приведена на рис. 127.

Использование ливневых сетей для гидросплава снега и сброса воды после снеготаялок¹ требует комплексной разработки проектов ливневой канализации вместе со схемой снегоудаления.

¹ Конструкции снеготаялок и их расчет в данной работе не рассматриваются и являются предметом специального изучения.

ВНУТРЕННИЕ СИСТЕМЫ ЛИВНЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ (внутренние водостоки)

Глава XI

НАЗНАЧЕНИЕ И ЗАДАЧИ ВНУТРЕННЕЙ ЛИВНЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВНУТРЕННИХ ВОДОСТОКОВ

Внутренние системы ливневой канализации, или так называемые внутренние водостоки, служат для приема и удаления атмосферных осадков, выпавших на покрытия зданий, профиль которых требует внутреннего отведения воды.

В дореволюционной практике внутренние водостоки почти не устраивались, так как для промышленных зданий того времени было достаточно устройства наружного водоотвода простейшей формы (наружные водоспуски).

Широкое применение внутренней ливневой канализации начинается в годы сталинских пятилеток в связи с развитием промышленного и гражданского строительства.

Строительство крупных промышленных зданий (площадью в несколько гектаров) с новыми формами и конструкциями покрытий (многопролетные здания с бесчердачными покрытиями специальной конструкции, со световыми фонарями или с крышами, имеющими незначительные уклоны и т. п.) потребовало устройства внутренних водостоков, так как наружное водоотведение в этих условиях оказалось невозможным.

В архитектурно-строительной практике получило распространение устройство крыш-террас (так называемых плоских крыш). Это способствовало внедрению внутренних водостоков и в области жилищно-гражданского строительства.

В некоторых случаях, несмотря на то, что профиль покрытия дает возможность наружного водоотведения, все же прибегают к устройству внутренних водостоков, когда это вызывается архитектурными и эксплуатационными требованиями (оформление фасадов отдельных зданий, строительство отдельных объектов в условиях макропористых просадочных грунтов и т. д.).

2. ВИДЫ ПОКРЫТИЯ С ВНУТРЕННИМИ ВОДОСТОКАМИ

В настоящее время внутренние водостоки устраивают, как правило, в многопролетных промышленных зданиях с бесчердачным покрытием при наличии световых фонарей.

Конструкция фонарей (рис. 128) и их размещение оказывают значительное влияние на схему внутренних водостоков.

Наибольшее распространение имеют прямоугольные фонари с вертикальным остеклением, трапециевидные фонари с наклонным остеклением, М-образные и пилообразные фонари; фонари последних двух видов устраивают как с вертикальным, так и наклонным остеклением.

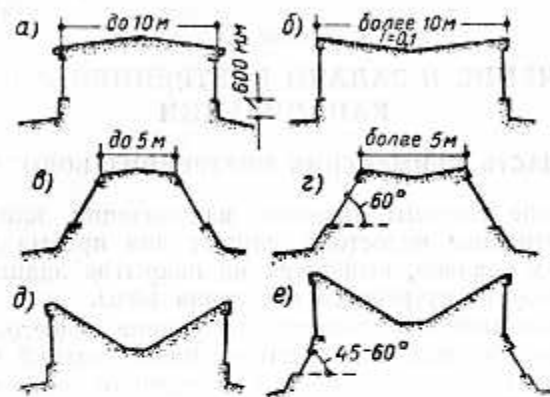


Рис. 128. Поперечные разрезы световых фонарей

а, б — прямоугольных с внешним и внутренним водостоком;
в, г — трапециевидных с внешним и внутренним водостоком;
д, е — М-образных с вертикальным и частью наклонным остеклением

Внутренние водостоки с надфонарных покрытий устраивают в тех случаях, когда на этих покрытиях может скопиться значительное количество воды и снега, в частности при М-образных фонарях, всех типов, при трапециевидных фонарях и прямоугольных фонарях с шириной надфонарного покрытия 5 м и более.

Водоотведение с трапециевидных фонарей при ширине надфонарного покрытия до 5 м осуществляется при помощи наружных желобов.

Бесчердачные покрытия промышленных зданий выполняются из железобетонных сборных гладких или ребристых плит, асбестоцементного, деревянного или стального настила с соответствующим термоизоляционным слоем.

Кровлю бесчердачных промышленных зданий устраивают преимущественно из рулонных материалов: рубероида, пергамин, толя и др. При этом для кровель промышленных зданий преимущественно применяется руберонидный ковер (в 2—3 слоя рубероида и пергамин); толевые кровли устраивают, главным образом, над зданиями вспомогательного назначения и временными сооружениями.

Устройство рулонного покрытия по цементному выравнивающему слою показано на рис. 129.

С точки зрения индустриализации строительства и ускорения процесса проектирования особого внимания заслуживают широко применяемые в настоящее время типовые секции для одноэтажных промышленных зданий с внутренними водостоками при различных пролетах и высоте помещений и при шаге колонн 6 и 12 м. К указанным промышленным зданиям могут быть отнесены и так называемые «гибкие цехи»¹. Особенностью этих зданий является возможность их использования для разнообразных отраслей промышленности и малая их зависимость от технологического процесса. В связи с этим модернизация процесса и обычно связанная с ней перестановка технологического оборудования могут быть осуществлены без переустройства самого здания (т. е. по гибкой технологической схеме).

Эти здания требуют применения такой схемы внутренней ливневой канализации, размещение отдельных элементов которой было бы возможно при различном расположении технологического оборудования.

В соответствии со специальными архитектурными требованиями к оформлению монументальных зданий (высотные здания, клубы, зрелищные предприятия, санатории и т. п.) и конструктивной их схемой крыши над ними часто выполняют в виде террас, используемых под солярии, кино, для физкультурных занятий и т. д., и также оборудуют внутренними водостоками.

Конструкция крыш-террас включает в себя: а) основание (обычно железобетонное); б) термоизоляционный слой с цементной стяжкой, образующей гладкую внешнюю поверхность; в) гидроизоляцию, выполняемую обычно из рулонных материалов (4—5 слоев рубероида и пергамин); г) фильтрующую прослойку из гравия, предназначенную для отвода поступающих

¹ Решение этой новой проблемы промышленного строительства принадлежит Институту ЦНИПС и КТИС Министерства строительства предприятий тяжелой индустрии.

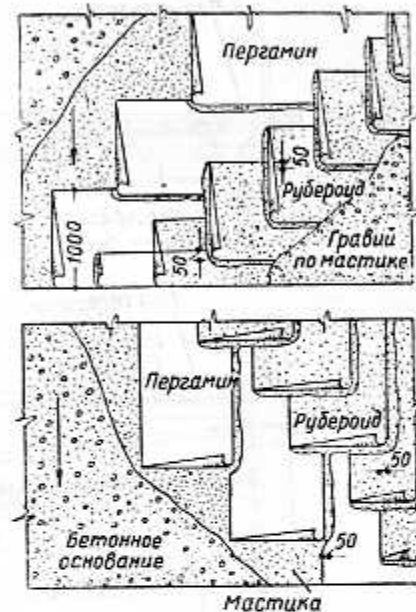


Рис. 129. Конструкция рулонного покрытия

через конструкцию пола (в местах соединения) атмосферных осадков и тем самым предохраняющую пол и кровлю от деформаций под влиянием резких колебаний температуры; д) пол из сборных бетонных плит, деревянных решеток и др. с уклоном для стока воды к водосточным воронкам.

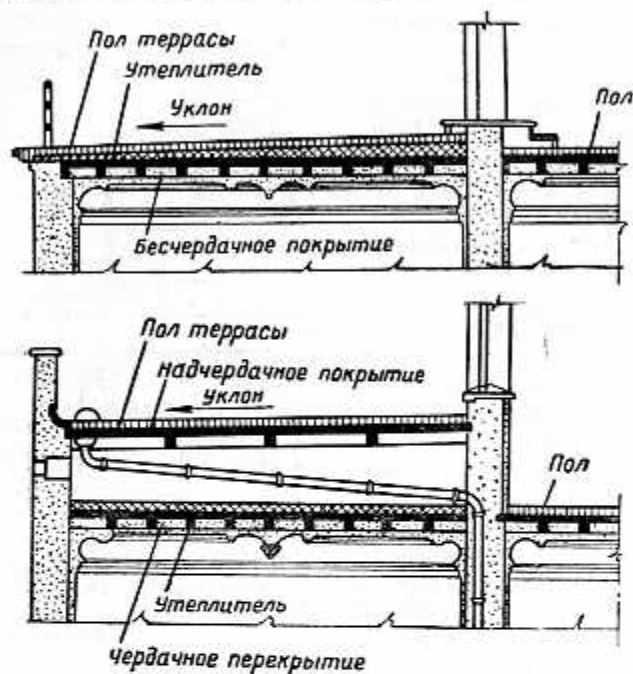


Рис. 130. Конструктивные схемы крыш-terraces

Конструктивные схемы крыш-terraces показаны на рис. 130. В ряде случаев для декоративного оформления крыш-terraces производят их озеленение. Однако при этом следует иметь в виду, что корни растений, проникая через зазоры между плитами, могут разрушить кровельный ковер и тем самым нарушить водонепроницаемость покрытия. Поэтому растения обычно помещают в специальные ящики на ножках, чтобы обеспечить свободный сток воды к водосточным воронкам¹.

3. РАБОТА ВНУТРЕННИХ ВОДОСТОКОВ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ

К числу положительных особенностей внутренних водосточков относится более благоприятный режим их работы в зимнее время по сравнению с наружным водоотведением.

¹ В настоящее время изучается вопрос об устройстве крыш-цветников с грунтовым покровом и защитой перекрытий от повреждения (устройство специальных поддонов, дренажа, применение гидрофобного порошка и пр.).

При устройстве внутренних водостоков в бесчердачных промышленных зданиях сравнительно легко разрешается весьма сложный вопрос об удалении снега и талой воды, которое обычно связано с крупными эксплуатационными затратами.

В зимнее время под влиянием поступающего изнутри тепла (избыточное тепловыделение агрегатов, отопление помещений и т. д.) на покрытиях бесчердачных зданий происходит подтаивание снега и образование талой воды. Этот процесс начинается с нижних слоев снега и происходит независимо от метеорологических условий (солнечной радиации, оттепелей и т. д.).

При наружном водоотведении талая вода, дойдя до периметра здания, соприкасается с холодной поверхностью наружных стен и карнизов (не подогреваемых снизу) и замерзает, образуя ледяные сосульки и глыбы, иногда значительной величины (рис. 131). Свисающие наледы заслоняют световые проемы и фонари и нередко являются причиной повреждения остекления и переплетов, а также сквозного промокания стен. При отрыве и падении глыб и наледей происходит разрушение кровельного ковра, возможны и несчастные случаи. Кроме того, желоба и водосточные трубы обычно забиваются льдом и выходят из строя. При этом образовавшийся ледяной порог задерживает новые порции поступающей талой воды, что увеличивает намерзание. Образование наледей портит, кроме того, внешний вид сооружений и их архитектурное оформление.

При наличии чердака таяние снега происходит только в случае значительного повышения наружной температуры (в период оттепелей), а также под действием солнечной радиации.

Если лежащий на покрытии слой снега незначителен и не может впитать в себя всей талой воды, она медленно стекает к наружным стенам. В таких случаях имеют место все описанные выше отрицательные явления, связанные с наружным водоотведением.

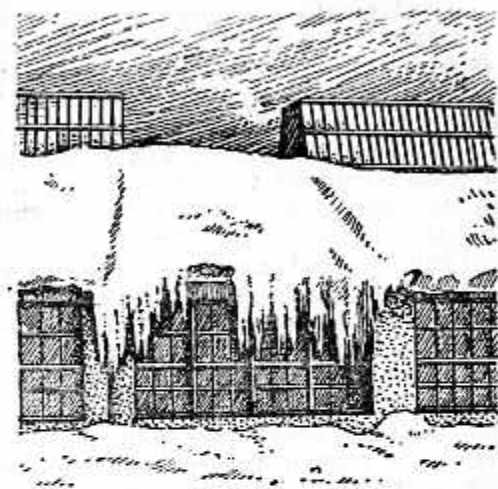


Рис. 131. Свисающие наледы на фонарях покрытия промышленного здания при наружном водоотводе

Для предупреждения образования наледей на крышах чердачных зданий коэффициент теплопередачи (k) этих крыш обычно принимают с таким расчетом, чтобы температура на наружной поверхности кровли была ниже нуля, т. е. чтобы не происходило подтаивания снега.

Таким образом, по условиям эксплуатации в зимнее время надчердачные покрытия сильно отличаются от бесчердачных покрытий промышленных зданий с полутеплыми или холодными кровлями. Объясняется это наличием промежуточного чердачного помещения (которое устраняет непосредственное воздействие внутренних тепловыделений на конструкцию покрытия) и теплотехническими свойствами кровли.

Таким же образом, как и на крышах чердачных зданий, протекает процесс таяния снега на крышах-террасах, имеющих обычно теплые покрытия с невысоким коэффициентом теплопередачи.

При большой площади крыш-террас для предотвращения образования значительных наледей устраивают внутренние водостоки. Талая вода в этом случае принимается ближайшими водосточными воронками, вследствие чего не происходит ее скопления на крыше.

На практике встречаются случаи, когда внутренними водостоками, учитывая условия их работы в зимнее время, оборудуют и те здания, конструкция которых допускает наружное отведение воды. В частности можно указать на устройство специальных ограждающих парапетов (по периметру здания) с установкой водосточных воронок и на решение крайних пролетов с обратным уклоном от наружных стен.

Интенсивность таяния снега на покрытиях бесчердачных зданий зависит от:

- а) наружной температуры воздуха;
- б) температуры в верхней зоне помещений, где обычно скапливается наиболее нагретый воздух;
- в) размеров тепловыделений от производственных агрегатов и режима их работы;
- г) конструкции и термозоляционных свойств самого покрытия;
- д) толщины и плотности лежащего на крыше снега.

Количество тепла, поступающего изнутри и вызывающего таяние снега, может быть определено согласно основному закону теплопередачи по формуле:

$$Q = Fk(t_{в} - t_{н}), \quad (75)$$

где Q — количество тепла, проходящего через ограждение, в ккал/час ;

F — площадь ограждения в м^2 ;

$t_{н}$ и $t_{в}$ — соответственно внутренняя и наружная температура воздуха;

k — общий коэффициент теплопередачи ограждения; коэффициент k характеризует количество теплоты, проходящей в 1 час через 1 м^2 ограждения из данного материала при разности температур внутреннего и наружного воздуха в 1° .

Для выражения k обычно пользуются формулой¹:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \frac{1}{\alpha_{н}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n}, \quad (76)$$

где $\alpha_{в}$ — коэффициент тепловосприятия в $\text{ккал/м}^2 \text{ град час}$, характеризующий количество теплоты, воспринимаемой 1 м^2 ограждаемой поверхности в 1 час при разности температуры воздуха внутри помещения и температуры внутренней поверхности ограждения в 1° ;

$\alpha_{н}$ — коэффициент теплоотдачи в $\text{ккал/м}^2 \text{ град час}$, характеризующий количество теплоты, которая отдается 1 м^2 ограждаемой поверхности в течение 1 часа при разности температур поверхности и воздуха в 1° ;

λ — коэффициент теплопроводности материала в $\text{ккал/м}^2 \text{ град час}$, выражающий количество теплоты, проходящей в 1 час через 1 м^2 поверхности материала (в данном случае покрытия) толщиной 1 м , при разности температуры поверхностей, ограничивающих материал, в 1° ;

δ — толщина конструктивного элемента в м .

Величины, обратные указанным коэффициентам, т. е. $\frac{1}{k}$,

$\frac{1}{\alpha}$, $\frac{1}{\lambda}$, называют термическим сопротивлением и означают время (в часах), необходимое для передачи 1 ккал через 1 м^2 поверхности при разности температур в 1° .

Для межфазных ендов и лотков бесчердачного покрытия промышленного здания, оборудованного световыми фонарями, проф. В. Д. Мачинский рекомендует принимать коэффициент теплопередачи по формуле²:

$$k_{\text{макс}} = \alpha_{н} \frac{(\tau_{н} - t_{н})}{t_{в} - t_{н}}, \quad (77)$$

где $\tau_{н}$ — температура на наружной поверхности покрытия (под снегом); остальные обозначения те же, что в формулах (75) и (76); $\tau_{н}$ определяют, исходя из предположения, что снег не поглощает теплоты и не тает, а является лишь утеплителем.

¹ В. Д. Мачинский, Теплотехнические основы строительства, Госстройиздат, 1949.

² Значение коэффициента теплопередачи $k_{\text{макс}}$ получено из условия стационарного режима $\alpha_{н} (\tau_{н} - t_{н}) = k (t_{в} - t_{н})$.

Процесс таяния снега в ендове рассчитывается для средней январской температуры t_n и при среднем допустимом слое снега в ендове δ_c (с коэффициентом λ_c); слой δ_c принимается меньшим глубины ендовы (рис. 132).

Исходя из принципа равенства количества тепла, проходящего в единицу времени (1 час) через всю толщу покрытия (или отдельную часть), т. е.:

$$k_1 F (t_n - t_n) = k_2 F (t_n - \tau_n),$$

можно найти значение τ_n :

$$\tau_n = t_n - \frac{k_1 (t_n - t_n)}{k_2}, \quad (78)$$

где

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{k} + \frac{\delta_c}{\lambda_c}}, \quad k_2 = \frac{1}{\frac{1}{k} - \frac{1}{\alpha_n}}.$$

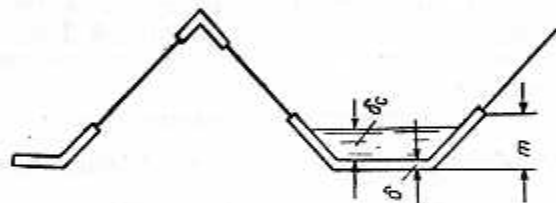


Рис. 132 Лоток ендовы

По знаку, полученному для значения τ_n , можно судить, будет ли при данных условиях происходить таяние снега на покрытии.

При ориентировочных расчетах величину α_n принимают в среднем равной 17 ккал; величину α_n — в пределах 7—7,5.

В результате наблюдений над бесчердачными покрытиями промышленных зданий, расположенных в средней полосе Советского Союза, установлено, что таяние нижних слоев снежного покрова происходит обычно при наружной температуре выше -15° . Как показали отдельные наблюдения, снег таял и при более низких температурах, но это происходило только в тех случаях, когда толщина защитного слоя была не менее 0,2 м.

Значительный интерес представляют данные о состоянии снежного покрова на покрытиях бесчердачных промышленных зданий и фактическом режиме его таяния.

Прежде чем приступить к детальному освещению этого вопроса, приводим принципиальную схему распределения снега на некоторых элементар-

ных формах рельефа (рис. 133), а также схему отложения снега на кровле промышленного здания со сложным профилем покрытия (рис. 134).

Трестом Промстройпроект были проведены наблюдения над состоянием снежного покрова на бесчердачном покрытии крупного промышленного здания в Москве. Наблюдения показали, что в межфонарных коридорах в зависимости от внутренней температуры состояние снежного покрова было весьма различным. Надфонарные же покрытия ни разу не были покрыты снежным покровом, превышающим 7—8 см. Объясняется это действием ветра, сдувавшим снег (даже после сильных снегопадов) с открытых надфонарных покрытий в межфонарные коридоры. Поэтому снег на фонарях обычно лежит в ендовах и лотках для стока воды.

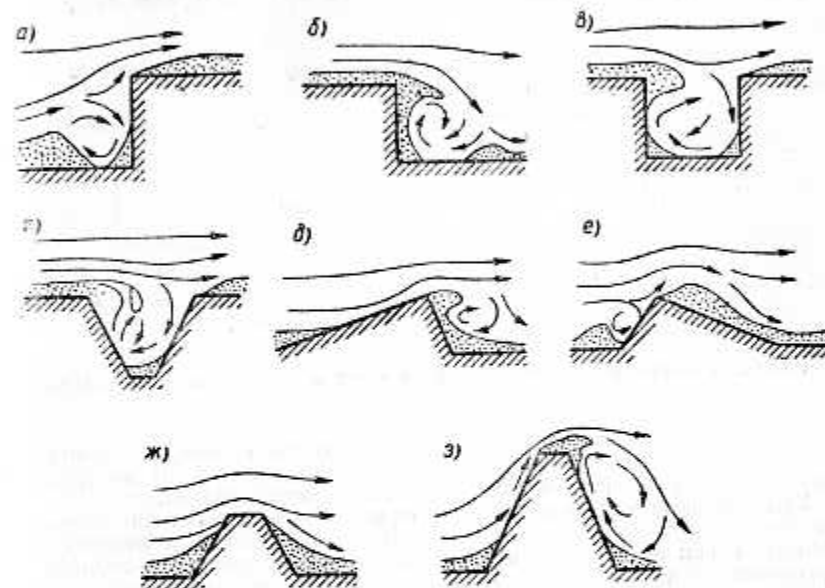


Рис. 133. Различные схемы снегонакопления в зависимости от условий местности

а — у отвесной стенки, обращенной к ветру; б — у отвесной стенки, обращенной от ветра; в — у р-я, ограниченного отвесными склонами; г — у р-я, ограниченного отлогими склонами; д — у узкой гряды с пологими склонами, обращенными к ветру, и крутыми отлогими; е — у узкой гряды с крутыми склонами, обращенными к ветру, и пологими затертыми; ж — у равносторонней невысокой гряды; з — у равносторонней высокой гряды

Наблюдения показали, что если наружная температура после снегопада резко не понижается, то снег быстро тает и отводится внутренними водостоками. При значительном падении температуры снег, представляющий собой местами мокрую кашеобразную массу, превращается в лед, после чего (даже после вторичного повышения температуры) дальнейшее таяние происходит значительно медленнее.

Сток талой воды с межфонарных коридоров происходит следующим образом. Вследствие частых колебаний наружной температуры нулевая точка таяния перемещается в пределах толщи снегового покрова. При этом чем выше поднимается нулевая точка, тем интенсивнее происходит таяние. В зоне колебания нулевой точки образуется ледяной слой (1—2 см), под

которым находится небольшой слой воды (2—3 см), не успевшей уйти в водосток. Над слоем льда лежит снег в естественном состоянии.

При значительном понижении наружной температуры процесс подтаивания сразу замедляется; вода стекает и подо льдом образуется воздушный прослой. При повышении наружной температуры лед снизу вновь начинает подтаивать и образующаяся вода вытесняет воздух. При этом интенсивность таяния возрастает с увеличением внутренней температуры под покрытием.

Снег, оттаивая снизу, образует над воронкой нечто вроде пещеры с отверстием наверху, из которого все время струится в виде легкого облачка теплый воздух, выходящий из трубы внутреннего водостока.

Заносов снега на исследуемом покрытии не наблюдалось. Объясняется это удачной ориентацией фонарей по странам света (направление фонарей

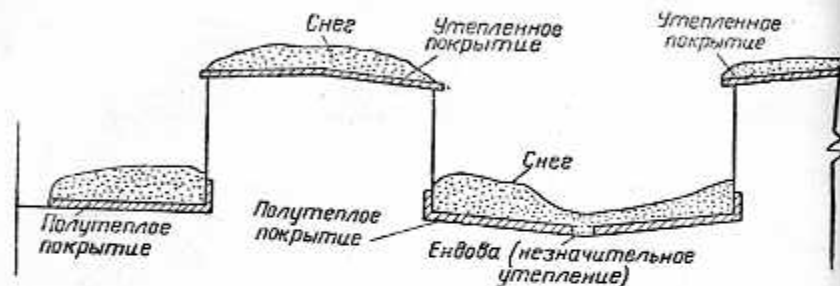


Рис. 134. Схема отложения снега на крыше промышленного здания

почти совпадает с направлением ветра), теплотехническими свойствами покрытия, обеспечивающими быстрое таяние скопляющегося на поверхности снега, и достаточно высокой внутренней температурой здания.

Установленные на покрытии водосточные воронки работали исправно. При этом было отмечено, что снег вокруг воронок оттаял, а ледяной слой вплотную к ним не подходил и нормальная работа водосточных воронок не нарушалась.

Ввиду отрицательных явлений, имеющих место при прокладке отводящих воду трубопроводов в помещениях с температурой ниже нуля, внутренняя ливневая канализация устраивается, как правило, только в отапливаемых помещениях.

Действующими правилами не допускается также установка внутренних водосточных стояков в толще наружных стен, в наружных пилястрах и колоннах и других местах, где возможно замерзание стояков в зимнее и весеннее время. В тех же случаях, когда приходится водосточные стояки устанавливать в неотапливаемых помещениях, должны быть приняты соответствующие меры против замерзания в них воды. С этой целью производят утепление трубопроводов, обогрев стояков при помощи паровых труб, периодический пуск пара в стояк и т. д.; для предупреждения циркуляции теплого воздуха в стояке на выпуске иногда устанавливают гидравлический затвор. Весьма

действенным мероприятием в этих случаях является исключение стояков на зимний период путем плотного закрытия выпусков у водосточных воронок.

В целях предотвращения наледей не следует допускать неорганизованного стока воды с участков покрытия, на которых происходит таяние снега (под влиянием поступающего изнутри тепла), на участки, где подтаивание не происходит. Спуск талой воды с повышенных участков покрытия на пониженные должен быть надлежаще организован путем установки специальных стояков, желобов и т. д., так как при неорганизованном стоке образующиеся наледы и сосульки могут повредить кровлю (особенно при падении). Поэтому в местах выпускных отверстий стояков (на пониженных участках покрытия) рекомендуется укладывать бетонные или другие плиты для защиты рулонной кровли от разрушения.

Для усиления снеготаяния на отдельных бесчердачных покрытиях промышленных зданий были установлены на стояке (у самого перекрытия) специальные металлические футляры с подводкой к ним пара. Эти устройства должны были предотвратить возможное обледенение и замерзание водосточных воронок во время сильных морозов. Однако, как показала практика эксплуатации, подогрев воронок в зимнее время оказался не нужным, так как водосточные воронки на этих зданиях в течение всего зимнего периода исправно работали и без подогрева.

Глава XII

СИСТЕМЫ ВНУТРЕННИХ ВОДОСТОКОВ

1. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ВНУТРЕННИХ ВОДОСТОКОВ

Внутренние водостоки представляют собой самостоятельную систему, не связанную внутри здания с другими системами канализации (хозяйственно-фекальной, производственной и др.), отводящими загрязненные стоки.

Таким образом, независимо от принятой системы наружной ливневой канализации (раздельной или общесплавной) внутри здания устраиваются раздельные системы канализации.

Только в отдельных случаях при необходимости внутреннего отведения дождевых вод с небольших площадей, не превышающих 100 м² (балконов, лоджий и т. д.), возможно осуществить сброс дождевых вод в сеть хозяйственно-фекальной канализации при условии установки гидравлического затвора. Этот вопрос должен быть согласован с организацией, ведающей эксплуатацией канализационной сети.

В сеть внутренней ливневой канализации может быть допущен сброс только условно чистых производственных вод

(с температурой не выше 40°), сточных вод от питьевых фонтанчиков, обработавших вод из системы кондиционирования воздуха и холодильных установок, переливных вод из водопроводных баков и т. д.

Система внутренней ливневой канализации состоит из следующих основных элементов:

- а) водосточных воронок, отводящих воду с покрытий;
- б) отводящих труб, соединяющих водосточные воронки со стояками;
- в) стояков, принимающих воду от водосточных воронок;
- г) подпольной сети, состоящей из боковых ветвей и сборных коллекторов, принимающих воду от стояков;
- д) отдельных устройств на сети (колодцы, прочистки и т. д.);
- е) выпусков, соединяющих коллекторы внутренних сетей с наружной сетью ливневой канализации.

Для приема ливневых и талых вод на покрытиях промышленных зданий и крышах-террасах устанавливают водосточные воронки. План одного из таких покрытий с расстановкой водосточных воронок показан на рис. 135.

Воронки устанавливают на определенном расстоянии друг от друга, зависящем от длины пути стекающей к воронке воды (с учетом режима работы системы в зимнее время), от конструктивных особенностей покрытия и конструкции самой воронки. Принимаемые воронкой атмосферные осадки через водосточные стояки и боковые ветви поступают в сборные коллекторы и далее в выпуски. Для присоединения, осмотра и прочистки внутренних подпольных сетей устраивают смотровые колодцы и специальные ревизионные устройства.

Выпуски внутренних водостоков непосредственно присоединяют к подземной сети наружной ливневой канализации и только в отдельных, весьма редких случаях, сброс воды производится в поверхностные лотки и кюветы, т. е. в наружные водостоки открытого типа.

При присоединении внутренних сетей к наружной общеплавной канализации на выпуске должен быть установлен специальный гидравлический затвор для защиты от проникновения газов из наружной сети в помещение и на крышах через водосточные воронки и неплотности в соединениях трубопровода.

При неблагоприятных местных условиях, когда сброс ливневых вод в наружную сеть водостоков оказывается невозможным или связан со значительными трудностями, прибегают к устройству сборных бассейнов с последующим удалением из них воды. Устройство сборных бассейнов весьма рекомендуется в районах, бедных водой, с целью использования дождевых вод для хозяйственных нужд.

В отдельных случаях может быть осуществлена также система внутреннего водоотвода, при которой ливневые воды в летнее время сбрасываются

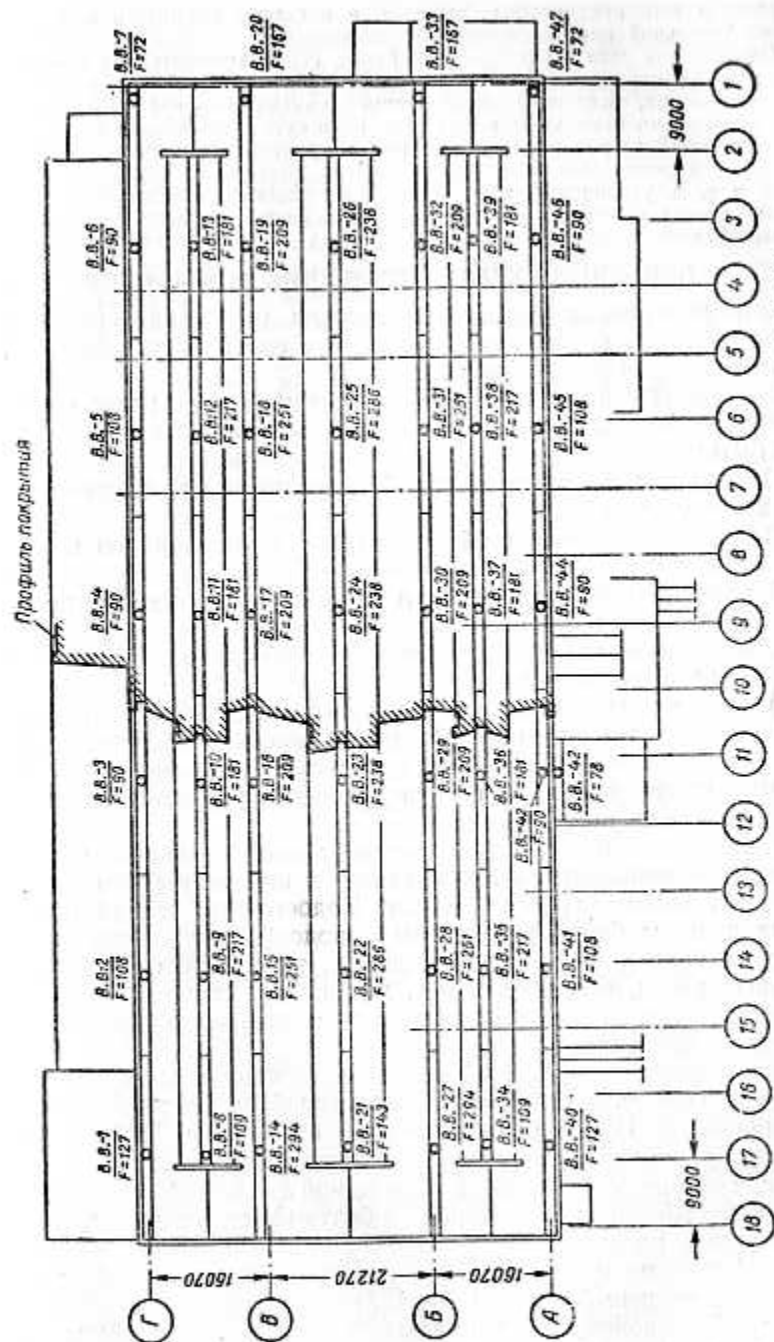


Рис. 135. План крыши промышленного здания с внутренними водостоками

в открытую сеть придорожных люков, а в зимнее время — в сеть хозяйственно-фекальной или промышленной канализации.

Однако, как уже было отмечено ранее, сброс ливневых вод в сеть хозяйственно-фекальной канализации можно производить только с разрешения организации, ведающей эксплуатацией канализационной сети. Поэтому более желательно использовать для этой цели сеть промышленной канализации, отводящей загрязненные стоки, но ввиду необходимости переключения водосточков в зимнее время и в летнее время, установки гидравлических затворов и т. д. увеличивается стоимость эксплуатации, вследствие чего эту систему можно применять только при доказанной технико-экономической целесообразности устройства наружных сетей ливневой канализации.

2. ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ ВНУТРЕННИХ ВОДОСТОКОВ

Сеть внутренних водосточков должна быть запроектирована таким образом, чтобы протяжение всех ее трубопроводов было по возможности кратчайшим.

Сеть внутренних водосточков в отношении расположения основных сборных коллекторов в производственных зданиях может быть:

1) подпольной с прокладкой трубопроводов в земле, под полами помещений;

2) подвешенной с открытой прокладкой трубопроводов по фермам, стенам и под потолками помещений.

В зданиях с подвалами сети прокладывают иногда по стенам подвальных помещений.

Способ прокладки и размещение трубопроводов устанавливаются в зависимости от:

а) технико-экономических соображений; б) архитектурно-строительных требований; в) расположения оборудования и требований производственного процесса; г) размещения подземных коммуникаций; д) последующего развития системы в связи с расширением здания.

В жилых и общественно-коммунальных зданиях сборные коллекторы прокладывают в подвале, а при отсутствии последнего — под полом первого этажа. Водосточные стояки в этом случае должны быть размещены в подсобных и вспомогательных помещениях (во вспомогательных, технических этажах, санитарных узлах, вестибюлях и т. д.), а при скрытой проводке в специальных бороздах с соблюдением соответствующих архитектурных требований.

Трассировку подпольной сети водосточков обычно производят по перпендикулярной или пересеченной схеме расположения трубопроводов. При перпендикулярной схеме (рис. 136) осуществляется прокладка ряда сборных коллекторов, обслуживающих стояки, которые устанавливают по одной линии колонн или вдоль стен. Каждый из коллекторов обслуживает одну или две симметрично расположенные линии стояков и имеет непосредственный выпуск из здания для соединения с наружной сетью.

При пересеченной схеме (рис. 137) подпольная сеть состоит из ряда трубопроводов, объединяемых сборным коллектором с одним общим для всех трубопроводов выпуском.

К достоинствам перпендикулярной схемы относятся:

- наличие внутри здания ряда самостоятельных участков, что облегчает эксплуатацию системы в целом;
- относительная прямолинейность трубопроводов и меньшее заглубление выпусков;
- меньшие диаметры сети по сравнению с диаметрами сети, уложенной по пересеченной схеме.

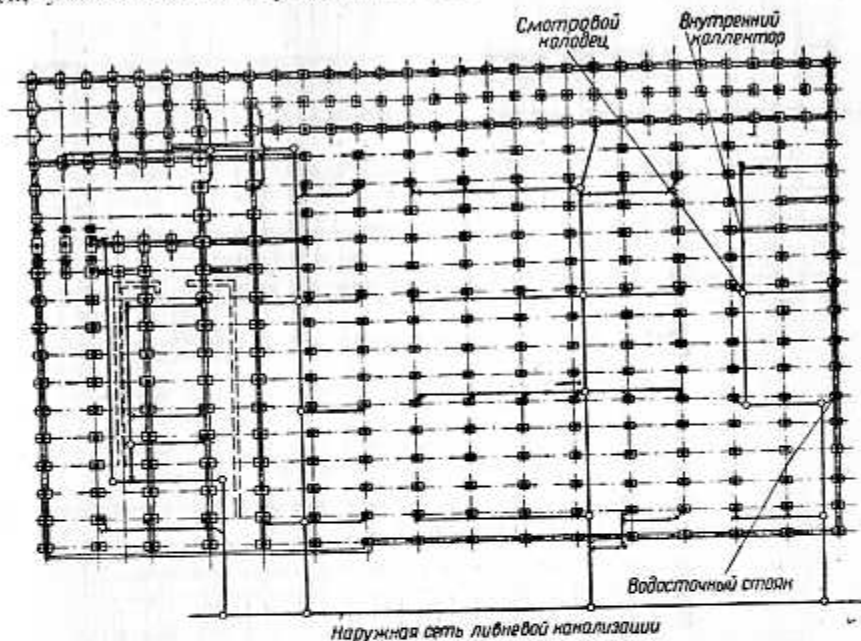


Рис. 136. Перпендикулярная схема внутренних водосточков

К недостаткам этой схемы относятся:

- значительное количество выпускных колодцев, удорожающих систему;
- необходимость укладки наружных коллекторов вдоль здания (близко к наружным стенам), что может помешать прокладке и присоединению других трубопроводов.

Положительными особенностями пересеченной схемы являются:

- меньшее количество выпусков из здания по сравнению с количеством выпусков при перпендикулярной схеме;
- более рациональное использование пропускной способности коллекторов.

К недостаткам этой схемы относятся:

- наличие объединенного выпуска, засорение которого может привести к нарушению работы системы в целом;

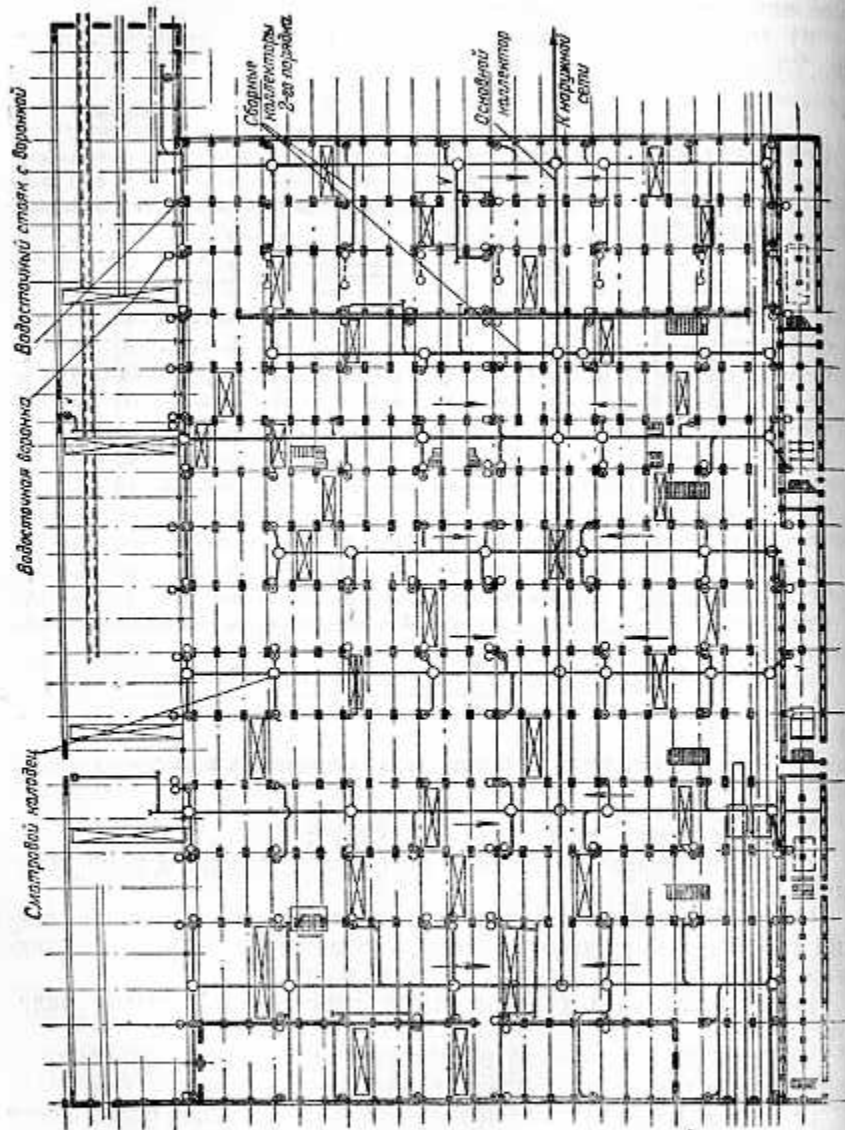


Рис. 137. Пересеченная схема внутренних водостоков

б) прокладка внутри здания труб значительных диаметров. Вследствие того, что системы с несколькими выпусками (перпендикулярная схема) обеспечивают лучшие условия эксплуатации, они получили более широкое применение при устройстве внутренних водостоков. Однако, принимая во внимание, что обе схемы имеют отмеченные выше достоинства и не-

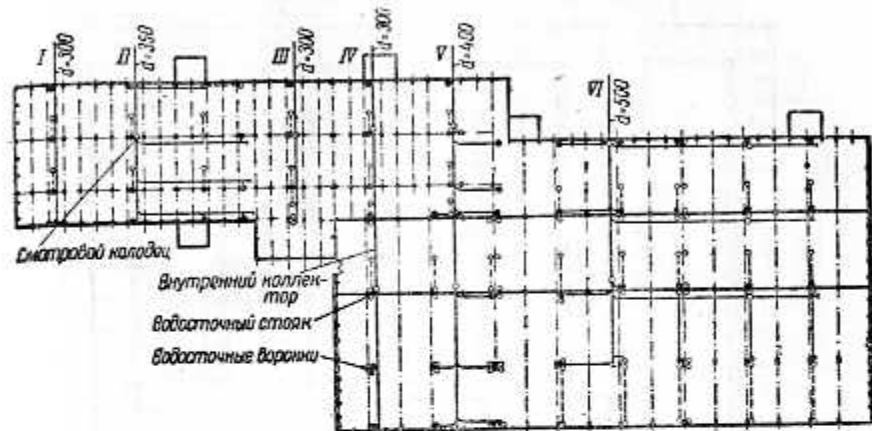


Рис. 138. Комбинированная схема внутренних водостоков

достатки, в ряде случаев на практике применяют эти схемы не в чистом виде, а с некоторыми отклонениями, и в отдельных частях здания осуществляют наиболее рациональную для данного случая схему (рис. 138).

Выбор схемы должен происходить на основе сравнения ряда вариантов и технико-экономических показателей, так как при одном и том же расположении водосточных воронок возможны различные решения подпольной сети.

3. ТРАССИРОВКА ВНУТРЕННИХ СЕТЕЙ ЛИВНЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Трассировка внутренних сетей ливневой канализации зависит от целого ряда факторов.

При присоединении внутренних водостоков к действующей наружной сети значительное влияние на трассировку оказывают местоположение и глубина заложения последней.

Не меньшее влияние оказывают требования технологического процесса промышленного предприятия и увязка с конструктивными особенностями здания.

В качестве одного из примеров своеобразной трассировки следует указать на устройство внутренних водостоков в крупных кузнечных цехах (рис. 139), где отсутствие колонн в

пролете диктует установку водосточных стояков у наружных стен, а наличие внутри здания туннелей не позволяет производить прокладку сборного коллектора внутри цеха.

Сеть внутренних водостоков, как правило, проектируется с прямолинейным очертанием в плане.

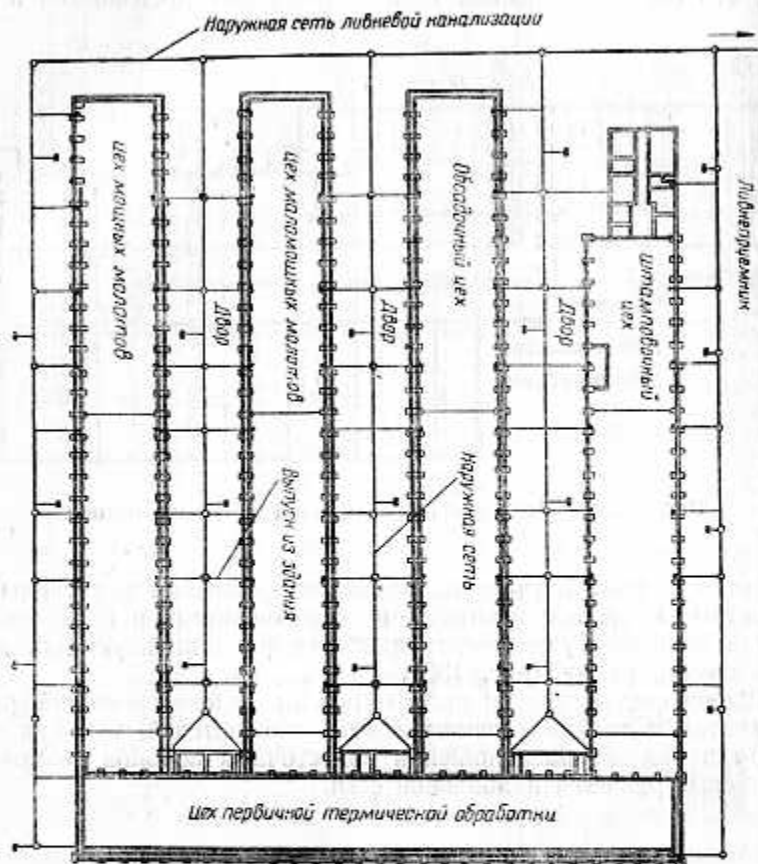


Рис. 139. Схема водосточной сети для зданий особой конфигурации

Трассировка трубопровода параллельно линии колонн и стен и осуществление боковых присоединений (под углом, близким к прямому) обеспечивают наиболее эффективное использование площади в зоне укладки трубопровода и уменьшают длину демонтируемых участков.

Кроме того, при прямолинейном начертании в отличие от диагонального отсутствуют пересечения под острым углом, усложняющие производство работ.

Повороты на сети делают плавными, для чего применяют соответствующие фасонные части и соблюдают необходимые радиусы закругления при устройстве лотков в колодцах.

При выборе направления выпусков должна быть обязательно учтена возможность последующего расширения зданий.

При этом возможны два решения: 1) применение внутренней сети увеличенных сечений и соответствующее ее заложение, обеспечивающее последующее присоединение трубопроводов для удаления атмосферных осадков с пристраиваемой части здания, и 2) устройство для последней самостоятельной системы водостоков с непосредственным присоединением к наружной сети, причем в этом случае никаких запасов в сечении основного трубопровода и начальном заглублении сети не требуется.

Совершенно очевидно, что второе решение более целесообразно, ввиду чего оно получило более широкое применение в практике проектирования.

Трасса внутренней ливневой канализации, принятая с учетом последующего расширения здания, приведена на рис. 140.

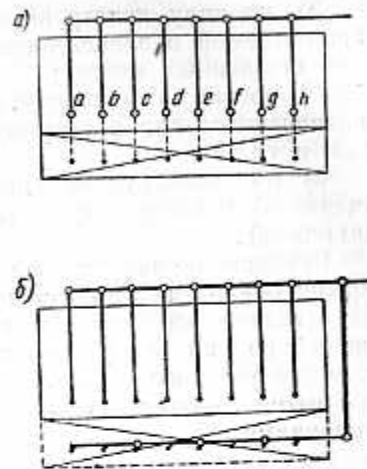


Рис. 140. Различные варианты трассировки водосточных сетей

а — трасса внутренней водосточной сети с учетом будущего расширения здания; б — трасса внутренней водосточной сети без учета последующего расширения здания

Глава XIII ВОДОСТОЧНЫЕ ВОРОНКИ

1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ ВОРОНОК

При устройстве внутренних водостоков значительное внимание уделяют выбору надлежащего типа водосточных воронок применительно к конструкции и профилю покрытий и требованиям нормальной эксплуатации.

Конструкция воронок должна обеспечивать быстрый прием и удаление выпавших на кровлю ливневых вод, а также задержание крупных частиц (листьев, веток, мусора и т. п.), которые могут засорить сеть внутренних водостоков.

Существующие типы водосточных воронок могут быть классифицированы:

1) по роду материала (сталь, чугун, латунь и пр.), из которого они изготовлены;

2) по внешнему очертанию и форме (круглые, прямоугольные, квадратные и т. д.);

3) по виду конструкции (вертикальные, наклонные и пр.), принимаемой в зависимости от условий установки в свободных или стесненных местах;

4) по типу соединения с трубопроводом (с выпуском, предназначенным для раструбного соединения, с внутренней резьбой и т. д.);

5) по конструкции приемных решеток (неподвижные и съемные) и по их форме (плоские, купольные, цилиндрические, шаровые).

Размещение воронок на покрытиях бесчердачных зданий и крышах-террасах производят с учетом их профиля и конструктивных особенностей, принятого типа, предельной площади водосбора на одну воронку, величины допускаемого подпора в месте установки, расчетного слоя и т. д. При этом площадь покрытия должна по возможности равномерно обслуживаться воронками.

При расстановке водосточных воронок соблюдают основное условие, чтобы длина пути (от линии водораздела), по которому вода стекает к воронке, не превышала 15 м. Указанное расстояние принимают, исходя из необходимости обеспечения нормального стока талой воды.

По этим соображениям водосточные воронки устанавливают: на покрытиях промышленных зданий с рулонной кровлей — на расстоянии 18—24 м, но не более 30 м друг от друга; на покрытиях из волнистой стали — на расстоянии до 15 м; на крышах-террасах — на расстоянии 12—16 м.

При этом считают, что для нормального отвода дождевых вод по ендове скорость движения воды должна быть не менее 0,20 м/сек, так как при этой скорости мелкие частицы песка проносятся вместе с водой и не осаждаются на покрытие.

Диаметр выпуска водосточной воронки принимают в зависимости от площади обслуживаемого участка покрытия, которая в большинстве случаев не превышает 400—500 м².

При такой площади можно применять воронки с выпуском диаметром 100 мм. Воронки с большим диаметром выпуска применяют настолько редко, что массовое изготовление их нецелесообразно. Поэтому в таких случаях обычно устанавливают две воронки рядом или же водосборную площадь уменьшают до допустимых пределов.

Водосточные воронки должны быть изготовлены из водонепроницаемого и непористого материала, обладающего такой прочностью, при которой он может выдерживать внутренние напряжения, вызванные температурными колебаниями, а также замерзанием и оттаиванием воды. Кроме того, все элемен-

ты воронки следует изготавливать из стойких против коррозии материалов, так как протекание воронок может вызвать разрушение покрытий, порчу продукции, а в отдельных случаях привести к аварии (при попадании воды в расплавленный металл и т. д.).

Конструкция приемного устройства воронки зависит от вида покрытий и места установки. Приемники изготовляют в виде шарообразных, куполообразных или цилиндрических поверхностей с прорезями и отверстиями для стока, в виде плоских решеток, устанавливаемых заподлицо с поверхностью кровли и т. д. Куполообразные приемники следует изготавливать, как правило, с вертикальными прорезями, что обеспечивает лучший прием ими воды. Некоторые воронки оборудуют также съемными сетками, устанавливаемыми внутри воронок для удержания крупных и взвешенных веществ, успевших проскочить вместе с водой через приемные отверстия.

2. РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ ВОДОСТОЧНЫХ ВОРОНОК И ИХ УСТАНОВКА

Применяемые в настоящее время водосточные воронки могут быть отнесены к следующим трем группам:

1) воронки, при применении которых в целях водонепроницаемости обязательна укладка в месте соединения с кровельным покрытием металлического листа (из кровельной оцинкованной стали, латуни, свинца); в ряде случаев кровельный ковер соединяют не с самым корпусом воронки, а с выпуском, приемный же колпак свободно устанавливают сверху; приемную чашу в этом случае заменяет плоский поддон, служащий основанием для приемного колпака;

2) воронки, не требующие прокладок металлического водонепроницающего листа и соединяемые с кровельным покрытием винтами или болтами;

3) воронки, не требующие металлического листа, а также и винтовых или болтовых соединений. Форма чаш этих воронок обеспечивает надлежащее их сопряжение с кровельным ковром, зажимаемым или непосредственно в закраины чаши или при помощи специальных колец.

В промышленных зданиях с рулонным покрытием широко применяют водосточную воронку типа «И-ПСР» (Промстройпроект) (рис. 141).

Воронка состоит: а) из чугунного горшка с закраинами, устанавливаемого в конструкции покрытия; б) из приемного цилиндра с ребрами и отверстиями (прорезями); в) из съемной чугунной крышки с прорезями и ребрами.

Закраинам в горшке придают извилистую форму для лучшего сопряжения воронки с кровельным ковром. Чтобы предотвратить застой воды, наружное кольцо горшка делают с уклоном к выпуску.

Соединение чаши воронки (чугунного горшка) с кровельным ковром производят на клебемассе, укладываемой в закраины; после этого устанавливают приемный цилиндр. Соединение получается водонепроницаемым и вместе с тем пластичным.

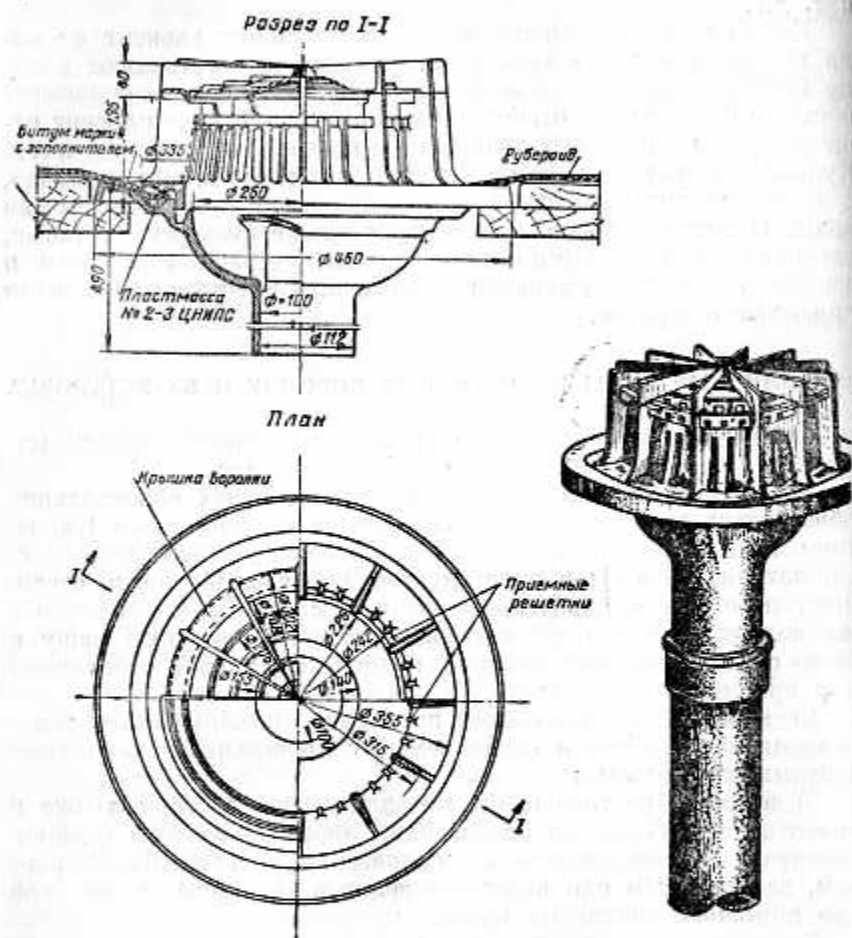


Рис. 141. Водосточная воронка типа „I-ПСП“

Основание приемного цилиндра выполняют в виде кольца с выступами для лучшего сопряжения с закраинами чаши.

Приемный цилиндр снабжен впереди глубокими суживающимися кверху ребрами. Эти ребра не пропускают твердых частиц и в то же время обеспечивают свободный сток воды к следующему ряду ребер. Крышку воронки также снабжают выступающими ребрами (совпадающими с ребрами цилиндров), предохраняющими ее отверстия от закупорки.

Очистку воронки производят после снятия с нее крышки и, если это необходимо, приемного цилиндра.

К недостаткам этих воронок можно отнести значительный их вес, а также значительные габариты опорной части чаши ($d=460$ мм), затрудняющие, а в ряде случаев делающие даже невозможной установку этих воронок в узких железобетонных сборных лотках ендов.

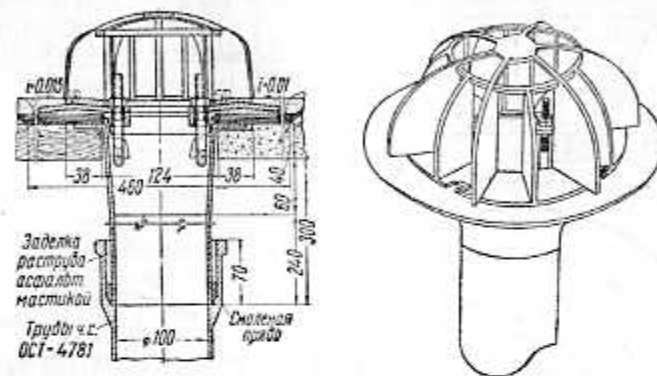


Рис. 142. Водосточная воронка типа „II-ПСП“

В связи с этим наряду с описанной воронкой применяется водосточная воронка типа «II-ПСП» облегченной конструкции. Эти воронки имеют меньшие габариты и почти в 4 раза меньший вес по сравнению с весом воронок типа I.

Конструкция водосточной воронки этого типа приведена на рис. 142.

Воронки облегченного типа, так же как и воронки типа I, изготавливают с выпуском внутренним диаметром 100 мм. Выпуск присоединяют к чугунным сливным (канализационным) раструбным трубам или к соответствующим фасонным частям. Воронка облегченного типа состоит из патрубка, поддона со стаканом, крышки и стяжных болтов с гайками.

Патрубок снабжен фланцем, устанавливаемым «в четверть» железобетонной плиты или деревянного настила и имеющим скос к центру патрубка для лучшего прихватавания кровельного ковра.

Верхней части патрубка (снабженной приливами для стяжных болтов) придают коническую форму. Между фланцем и устанавливаемым на него поддоном зажимается кровельный ковер.

Поддон в виде диска отливают вместе со стаканом, состоящим из 12 симметрично расположенных ребер, соединенных в нижней части с поддоном, а в верхней—с опорным кольцом. Соединение патрубка и поддона производят при помощи стяж-

ных болтов, в свою очередь пропускаемых через два ушка, имеющих в крышке воронки.

В месте установки воронки укладывают лист кровельной оцинкованной стали размерами 350×350 мм, а на него—один

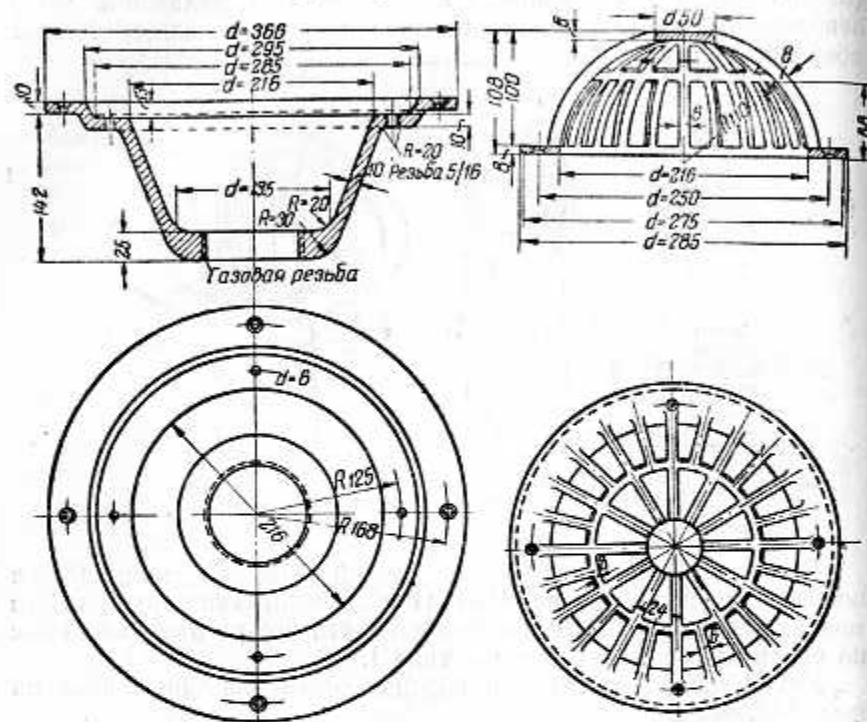


Рис. 143. Водосточная воронка с винтовым соединением

слой просмоленного холста (700×700 мм) и два дополнительных слоя рубероида.

При помощи стяжных болтов лист зажимается между патрубком и поддоном воронки вместе с рубероидным ковром и холстом, что обеспечивает водонепроницаемость в месте установки.

Таблица 23

Тип воронки	Максимально допускаемая площадь водосбора в м ²			Величина подпора у воронки в см		
	при расчетном слое осадков в мм/час					
	50	65	75	50	65	75
I	600	550	500	5,3	6,3	6,8
II	400	350	300	6,9	8,0	8,0

В табл. 23 приведены предельные площади водосборов для воронок типов I и II с выпуском диаметром 100 мм.

Расстановку водосточных воронок (с выпуском $d=100$ мм) на крышах-террасах высотных зданий производят с расчетом на обслуживание площади водосбора 200—250 м².

Существует еще ряд других типов водосточных воронок для промышленных зданий: воронка типа ЦНИПС, воронка с купольным покрытием (рис. 143) и др. Недостатком последней является соединение купола с чашей при помощи медных шурупов и слабое сопряжение с ковром. В то же время конструкция этой воронки очень проста и состоит из двух элементов: чаши (горшка) и купола с прорезями для приема воды. Выпуск воронки снабжен резьбой для соединения воронки с трубопроводом при помощи муфты.

Если профиль покрытия не допускает обычно (вертикального) расположения выпуска воронки (узкие ендовы, архитектурное оформление

нижележащих помещений, наличие подьендовых вентиляционных коробов и т. д.), устанавливают воронки с выпуском под углом и с боковым приемом воды. Особенно распространена установка такого типа воронок на покрытиях текстильных предприятий, где в межфонарных проходах под ендовами расположены вентиляционные каналы и воздухопроводы. Применение воронок обычного типа здесь нецелесообразно, так как при установке их пришлось бы пересекать каналы трубопроводами. Поэтому в таких случаях устанавливают специальные воронки конструкции треста Текстильпроект с выпуском под углом (рис. 144).

Для установки в стесненных условиях весьма удобна водосточная воронка конструкции треста Промстройпроект с уменьшенными габаритами (рис. 145).

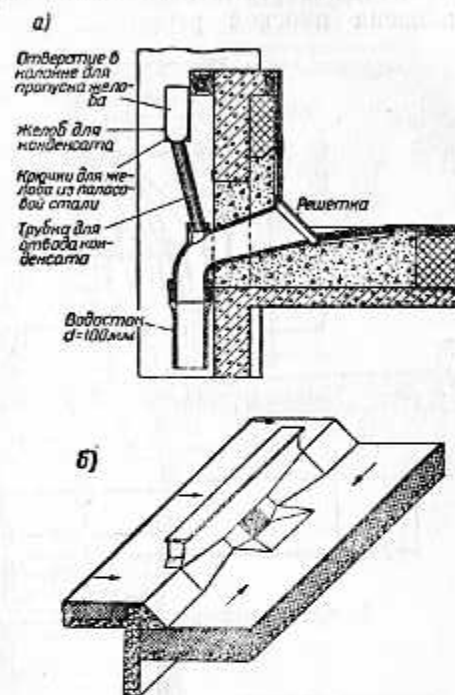


Рис. 144. Водосточная воронка с боковым выпуском

Для кровель, покрытых вместо рулонного ковра гидрофобным порошком, предложен специальный тип водосточной воронки в виде двухъярусного трапа (рис. 146)¹.

На крышах-террасах устанавливают специальные воронки, в частности воронки видоизмененного типа I-ПСП. Эта воронка снабжена плоской решеткой, устанавливаемой заподлицо с

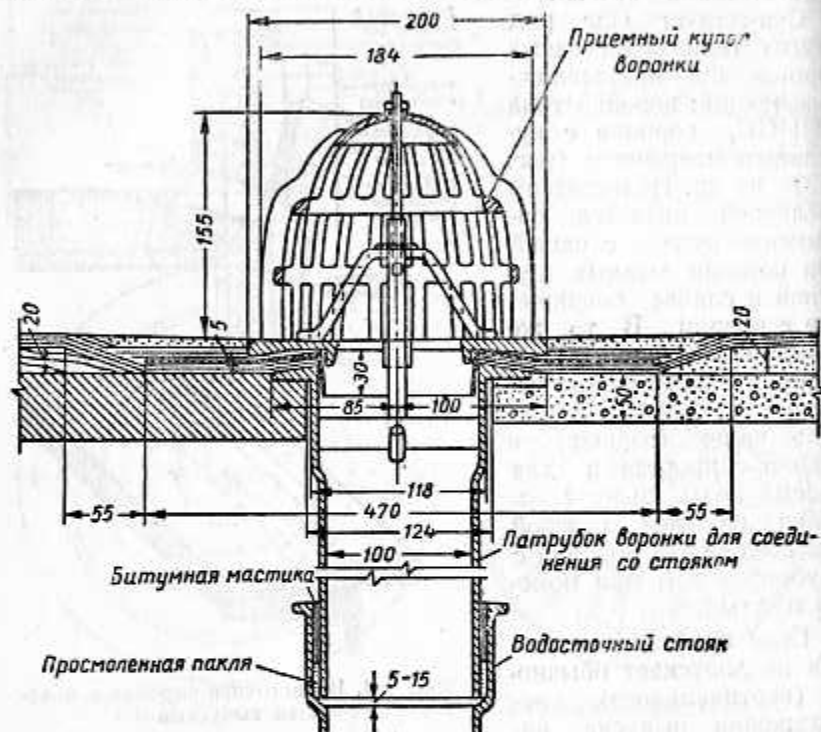


Рис. 145. Водосточная воронка конструкции ПСП для стесненных условий установки

кровлей (рис. 147). Конструкция ее имеет, однако, весьма существенный недостаток: при ее применении далеко не полностью используется приемная часть корпуса, значительная часть которого находится под плитами покрытия; кроме того, выступающие за колпак ребра при обсыпке его гравием фактически не используются.

Более целесообразна установка воронок, состоящих из двух конических чугунных отливок с широкими фланцами, между ко-

¹ Н. Михайлов, лауреат Сталинской премии, канд. техн. наук, А. Панин, канд. техн. наук, В. Черный, инж., Новая кровля, Гидрофобный порошок вместо рулонного покрытия, «Московский строитель» от 31 мая 1951 г.

торыми зажимается кровельное покрытие (рис. 148,а). На верхний фланец устанавливается приемный дырчатый корпус круглой или прямоугольной формы, изготовляемый из чугуна или бетона.

Для установки на плоских крышах высотных зданий применяется водосточная воронка конструкции УСДС, показанная на рис. 148,б.

Согласно Временным техническим условиям (ВТУ 101-48) при установке водосточных воронок на крышах-террасах высотных зданий рекомендуется предусматривать специальные мероприятия для предохранения воронок от обледенения во время оттепелей.

Воронки всех описанных конструкций изготовляются заводским способом. Конструкция стальной сварной воронки (предложенная автором), которая легко может быть изготовлена в механических мастерских на строительстве, показана на рис. 149.

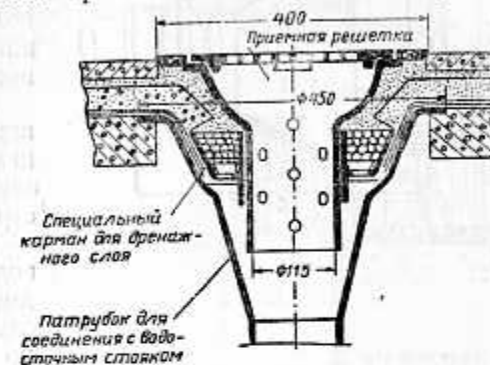


Рис. 146. Водосточная воронка для крыш с гидрофобным порошком вместо рулонного покрытия

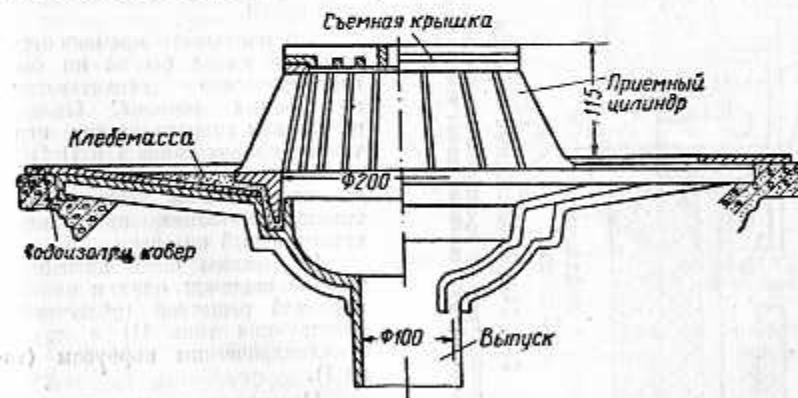


Рис. 147. Водосточная воронка для плоских крыш

Сварная воронка состоит из трех основных элементов: патрубка, корпуса и крышки.

Патрубок выполняется из отрезка стальной трубы диаметром 100 мм и снабжен фланцем, устанавливаемым на покрытие. При помощи шпилек фланец патрубка соединяется с фланцем

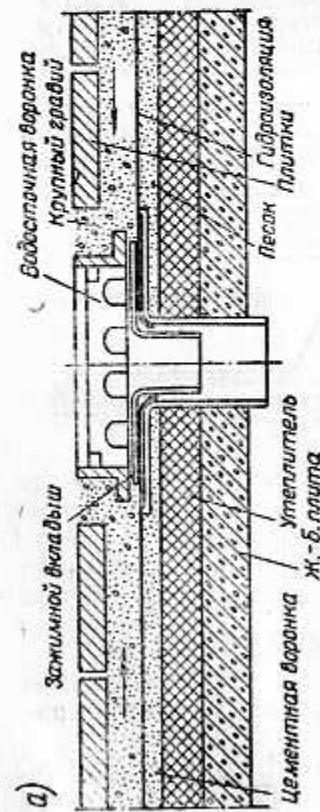
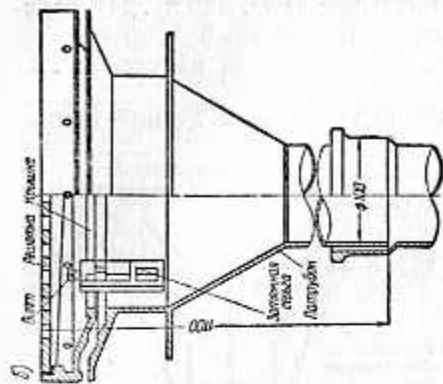


Рис. 148. Водосточные воронки
 а — для плоских крыш, рассчитанных на пребывание людей (солариум, спортплощадки и др.);
 б — для плоских крыш высотных зданий (конструкции УСДС)

корпуса воронки и между ними зажимается кровельный ковер. Корпус воронки состоит из 16 подковообразных элементов, согнутых из полосовой стали, образующих решетку, через которую поступает вода.

Кроме описанных типов воронок, существует еще целый ряд других воронок самых разнообразных конструкций и форм.

Отсутствие стандарта на водосточные воронки приводит к выбору в отдельных случаях воронок недостаточно совершенных конструкций. В связи с этим разработка рациональных конструкций воронок для различных условий их установки и создание стандарта на их изготовление является неотложной задачей нашей строительной промышленности.

До последнего времени отсутствовали какие бы то ни было гидравлические характеристики водосточных воронок. Поэтому результаты гидравлических испытаний воронок типов I и II ПСП, проведенные Институтом Водгео по выработанной совместно с автором методике, представляет значительный интерес.

Испытанию были подвергнуты две воронки: одна с куполообразной решеткой (облегченной конструкции типа II) и другая с цилиндрическим корпусом (тип I).

Испытание происходило на открытой площадке, оборудованной лотком, причем для приближения к нормальным условиям стока на покрытие в воду искусственно добавлялось небольшое количество песка и листьев. Количество протекающей воды измерялось объемным способом (при помощи мерного бака).

Испытание проводилось при высоте слоя воды у воронки (подпоре) от 4 до 23 см.

Основной задачей при испытании было снятие гидравлических характеристик и исследование зависимости:

$$q = f(h),$$

где q — количество воды, пропускаемой воронкой, в л/сек.
 h — высота слоя воды в см в различных условиях эксперимента.

Кривые $q-h$ приведены на рис. 150.

Как показали испытания, куполообразная решетка, помимо своего основного назначения — предохранить сеть от засорения, играет большую роль в повышении отводоспособности воронки и вместе с тем оказывает незначительное сопротивление движению поступающей через нее воды.

Куполообразная решетка в значительной мере устраняет вредное влияние образующейся при стоке «гидравлической воронки».

Наличие последней, как правило, уменьшает отводоспособность приемника, вследствие чего водосточные стояки работают неполным сечением. Для устранения «гидравлической воронки» необходимо, чтобы выпускное отверстие было покрыто соответствующим слоем воды. В увеличении высоты этого слоя значительную роль играет высота приемного корпуса, поэтому конструкция воронок с приемным корпусом более целесообразна, чем с плоской решеткой, устанавливаемой заподлицо с кровлей.

Полученные при испытании данные приведены в табл. 23.

При расположении вертикальных противопожарных стен (поперечных и продольных брандмауэров, а также висячих брандмауэров, пересекающих только покрытие здания) по линии разжелобков требуется установка водосточных воронок с каждой стороны преграды. Присоединение их к общему стояку допускается без компенсирующих устройств и мертвых точек. Такая установка водосточных воронок по обе стороны противопожарной стены показана на рис. 151. Установка в этом случае одной воронки

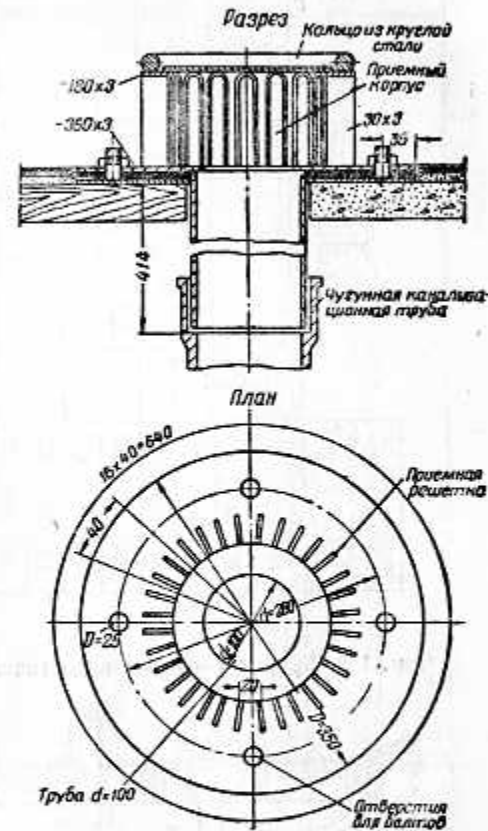


Рис. 149. Стальная сварная водосточная воронка конструкции А. И. Шнейерова

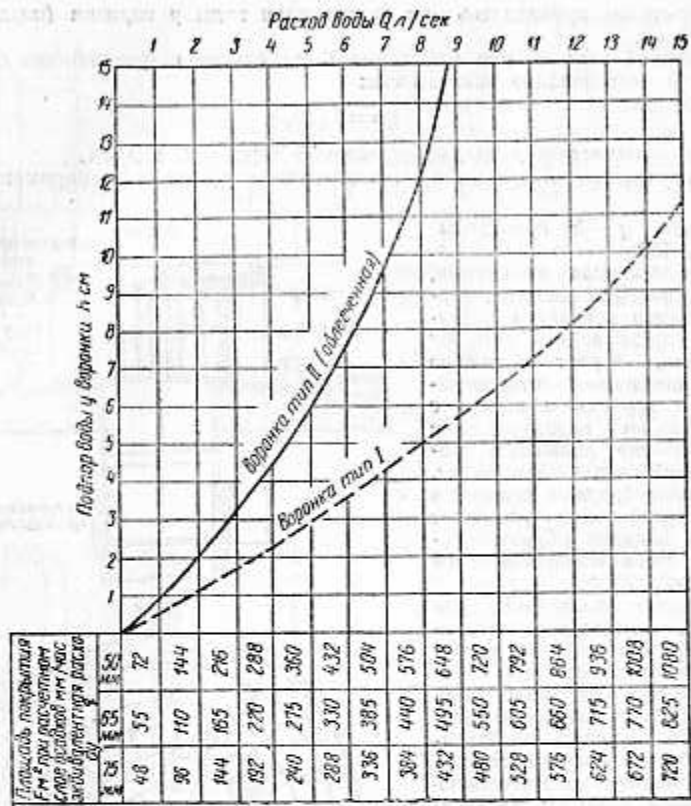


Рис. 150. Кривые $q - h$ для водосточных воронок типа I и II ПСП

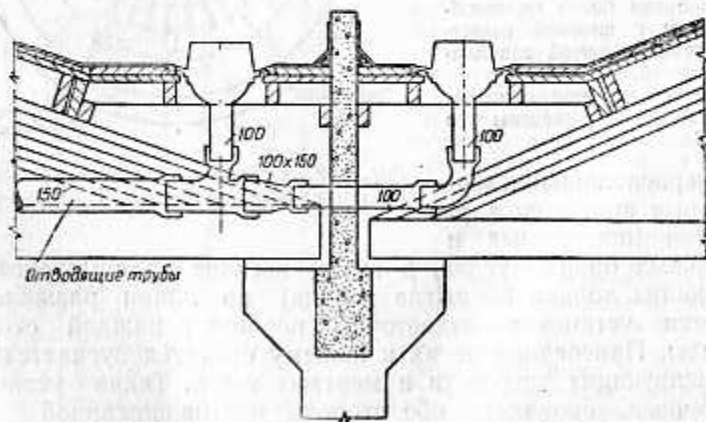


Рис. 151. Установка водосточных воронок у противопожарной стены

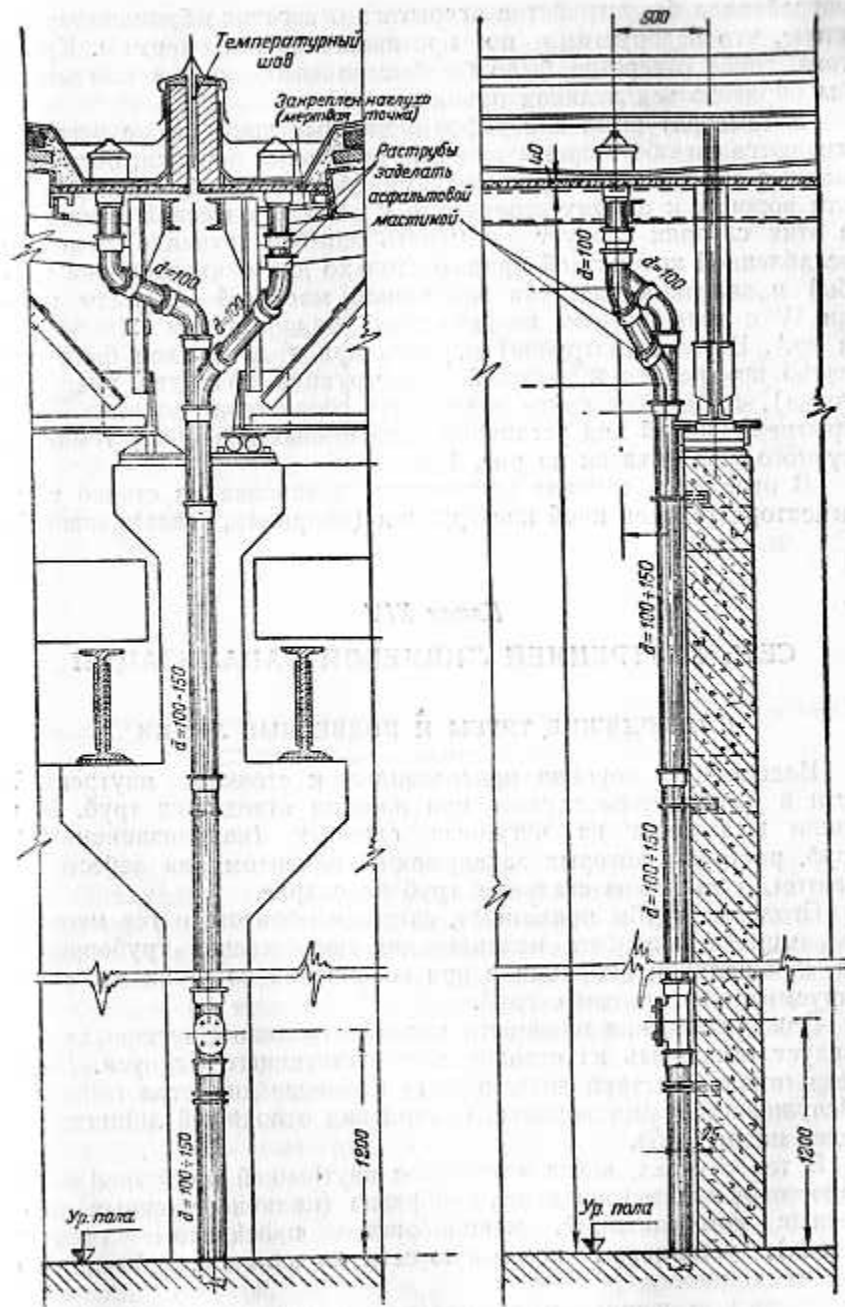


Рис. 152. Установка водосточных воронок у температурного шва

потребовала бы устройства открытого отверстия в брандмауерной стене, что недопустимо по противопожарным нормам. Кроме того, такое отверстие было бы быстро засорено и в нем могла бы образоваться ледяная пробка.

У температурных или деформационных швов также устанавливаются по обе стороны шва две отдельные воронки, обслуживаемые самостоятельными стояками. Можно также присоединять эти воронки к одному стояку или к общей подвесной линии, но в этих случаях следует применять компенсирующие стыки с ослабленной конопаткой прядью (только для центрирования трубы) и заделку раструба эластичной мастикой—битумом марки IV с минеральным волокнистым наполнителем (асбестом и др.). Выпуск (патрубок) воронки при этом должен быть наглухо прикреплен к несущей конструкции покрытия (мертвая точка), чтобы обеспечить надежность сопряжения воронки с покрытием. Общий вид установки водосточных воронок у температурного шва показан на рис. 152.

В отдельных случаях применяется установка на стояке компенсатора той или иной конструкции (например, сальникового).

Глава XIV

СЕТЬ ВНУТРЕННЕЙ ЛИВНЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

1. ОТВОДЯЩИЕ ТРУБЫ И ПОДВЕСНЫЕ ЛИНИИ

Водосточные воронки присоединяют к стоякам внутренней сети в большинстве случаев при помощи отводящих труб. Эти линии выполняют из чугунных сливных (канализационных) труб, раструбы которых заделывают цементом или асбестоцементом, а также из стальных труб на сварке.

Стальные трубы применяют, главным образом, в тех местах, где имеется опасность механических повреждений трубопровода, при наличии вибрации и при соединении со стояками, монтируемыми из стальных труб.

Для обеспечения плавности изгибы отводящих чугунных труб следует выполнять из отводов соответствующего радиуса. Диаметр отводящих труб должен быть не менее диаметра выпуска обслуживаемой ими воронки. Общий вид отводящей линии приведен на рис. 153.

В тех случаях, когда устройство внутренней подземной сети водостоков технически нецелесообразно (наличие сложных подземных коммуникаций, макропористые просадочные грунты и т. д.), устраивают подвесную сеть водостоков, обычно из стальных труб.

Подвесные линии устраивают также в промышленных зданиях большой высоты и с большими пролетами, где приме-

ние подвесной прокладки может дать значительную экономию в длине трубопровода. Недостатками подвесной сети является значительно больший расход металла по сравнению с количеством металла, расходуемого на устройство подземной сети (выполняемой обычно из неметаллических труб), загромождение внутреннего объема здания трубопроводами, а также ряд других монтажных и эксплуатационных неудобств.

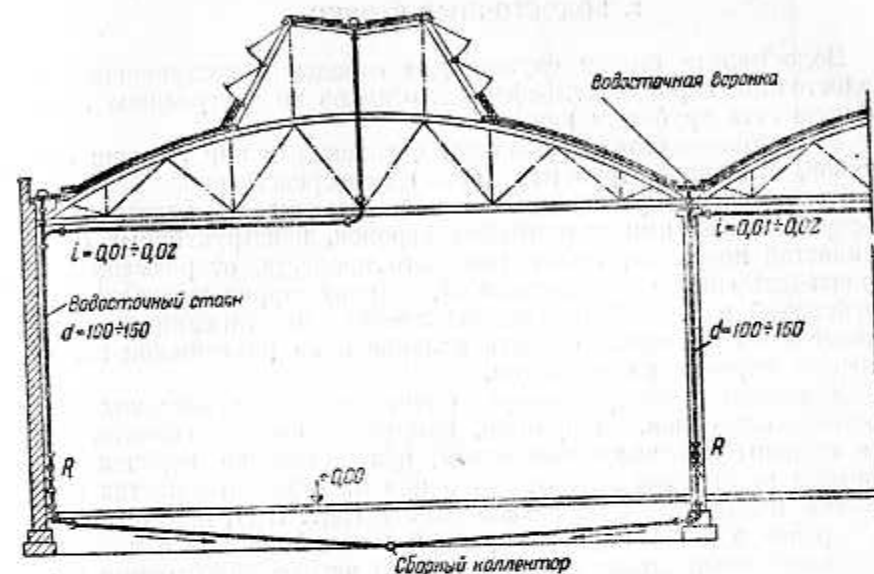


Рис. 153. Отводящая линия

Прокладка подвесных линий производится в строгом соответствии с требованиями, предъявляемыми технологическим процессом, и конструктивными особенностями здания. В частности подвесные и отводящие линии должны быть расположены так, чтобы они не мешали движению внутрицевых кранов и не проходили над технологическими агрегатами, попадание влаги на которые недопустимо.

Максимальный диаметр подвесных линий не должен превышать 200 мм. В тех же случаях, когда требуется прокладка труб большего диаметра, устраивают несколько самостоятельных линий.

Подвесные линии и отводящие трубы прокладываются с уклоном 0,01—0,05 и должны быть прочно прикреплены к строительным конструкциям (фермам, балкам, стенам и т. д.) при помощи хомутов, подвесок, крючьев, кронштейнов и пр.; в исключительных случаях допускается прокладка этих труб с уклоном 0,005.

На линиях длиной более 15 м устанавливают ревизии или тройники для прочистки, причем на подвесных линиях диаметром до 150 мм их устанавливают не реже чем через 15 м, а при трубах диаметром 200 мм—не реже чем через 20 м.

Трубы, пропускаемые через пожарные преграды, следует заделывать в них наглухо.

2. ВОДОСТОЧНЫЕ СТОЯКИ

Водосточные стояки служат для отведения поступивших в водосточные воронки атмосферных осадков во внутреннюю подземную сеть труб или каналов.

Водосточные стояки соединяют с воронками при помощи отступов, отводящих труб или (реже) непосредственно.

Расположение водосточных стояков зависит от расстановки обслуживаемых ими водосточных воронок, конструктивных особенностей покрытия, технологического процесса, от размещения производственного оборудования, архитектурно-строительных требований и т. д. В отдельных случаях расстановка стояков может в свою очередь оказать влияние и на размещение водосточных воронок на покрытии.

Допускается обслуживание одним стояком нескольких водосточных воронок, например, при расположении воронок по обе стороны брандмауерной стены, при установке воронок на близком расстоянии друг от друга или на отдельных частях покрытия, находящихся на разной высоте (рис. 154), при установке воронок в межфонарном коридоре и над фонарями и т. д.

Водосточный стояк, обслуживающий четыре водосточные воронки, показан на рис. 155.

Во всех этих случаях при установке общего (для двух и более воронок) водосточного стояка требуется прокладка отводящих труб.

В высотных зданиях линия, обслуживающая несколько воронок, монтируется в пределах технического этажа, чердака или в подшивном потолке одного из верхних этажей.

Присоединение к общему стояку воронок на крышах-террасах, расположенных на разных отметках, допускается только в отдельных случаях, когда иное решение нецелесообразно.

При таком соединении не исключено поступление воды из стояка (при его засорении) в нижнюю воронку, что является недостатком такого решения. Однако в этом случае напор в основном стояке при его засорении несколько снижается.

Водосточные стояки следует устанавливать у колонн и стен строго вертикально с наименьшим числом изгибов и поворотов. Изгибы стояков должны быть плавными и выполняться из отводов с углом не менее 135° . По архитектурным и декоративным соображениям иногда применяют скрытую установку в специальных бороздах, выполняемых с соблюдением соответствующих

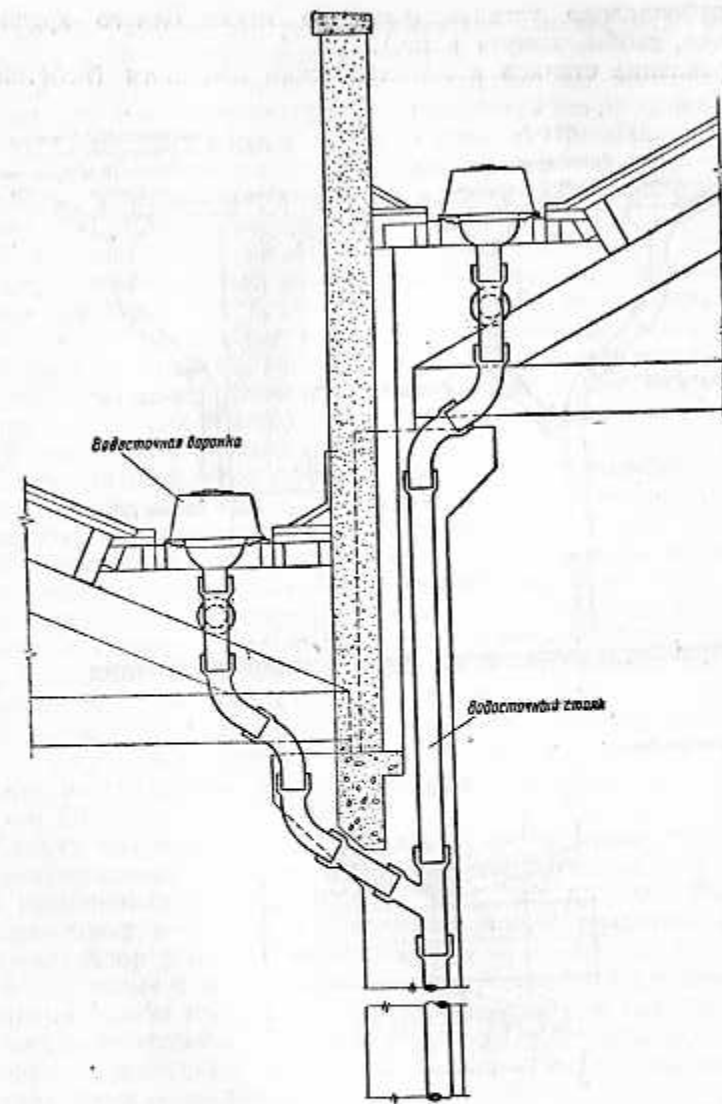


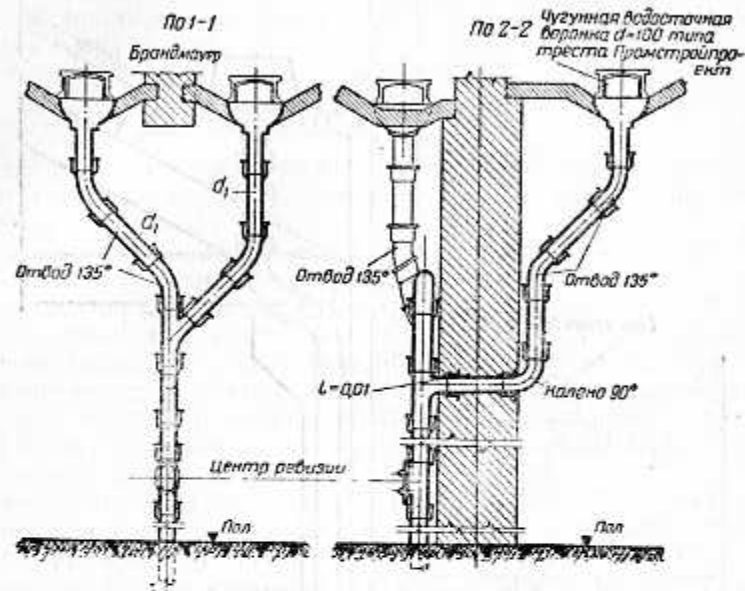
Рис. 154. Установка водосточных воронок в разных уровнях на общем стояке

требований (оштукатурка по сетке, доступ к ревизиям через специальные дверки и т. д.).

Водосточные стояки следует прикреплять к строительным конструкциям таким образом, чтобы исключалась возможность их провисания и смещения. С этой целью на каждые 2 м дли-

ны трубопровода устанавливают не менее одного крепления (крючка, скобы, хомута и пр.).

Крепление стояков к металлическим колоннам (небетониро-



Размеры в мм

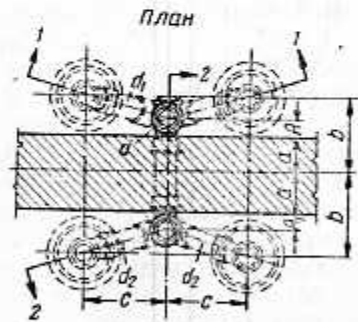


Рис. 155. Установка водосточного стояка, обслуживающего четыре водосточные воронки

ванным) производится скобами из круглой стали (с нарезкой на обоих концах), пропускаемыми через отверстия в колонне и закрепляемыми при помощи гаек.

Водосточные стояки в промышленных зданиях устраиваются преимущественно из чугунных сливных (канализационных)

труб $d=100-200$ мм на асбестоцементных стыках или же из стальных труб, соединяемых на сварке.

Если стояки из чугунных труб устанавливают около станков и агрегатов (на которых производится операции с длинными и тяжелыми предметами), а также вдоль внутренних проездов, вдоль входов и выходов, то для защиты труб от повреждения применяют специальные защитные футляры или ограждения на высоту 2 м от пола.

В случае невозможности применения защитных футляров или ограждений следует устанавливать стояки из стальных труб (менее подверженных повреждениям). Такие стояки устанавливают и в тех местах, где не исключена возможность вибрации.

В кузнечных цехах, где имеется опасность повреждения трубопровода, в ряде случаев осуществляют комбинированную сборку с прокладкой верхней части стояка из чугунных, а в рабочей зоне — из стальных труб.

Стальные трубы покрывают изнутри антикоррозийной изоляцией (лаками, цементным молоком или битумным покрытием), а снаружи окрашивают масляной краской за 2 раза.

В помещениях с высокой влажностью воздуха стояки изолируют нетеплопроводными материалами. При устройстве внутренних водостоков в производственных зданиях, где возможна усиленная коррозия труб (например, в некоторых цехах химической промышленности), выбор материала труб и вида изоляции производится с учетом вредного действия газов.

В жилых и общественно-коммунальных зданиях устанавливают стояки диаметром 100 мм; для обслуживания балконов, лоджий площадью до 25 м² допускается установка стояков диаметром 50 мм.

Стояки высотой до 30 м монтируют из чугунных (сливных) канализационных труб, а в более высоких зданиях — из чугунных водопроводных или стальных труб, так как при большой высоте стояка в случае его засорения может создаться значительный напор у основания стояка.

Водосточные стояки в этих зданиях должны быть звукоизолированы, чтобы шум падающей во время дождя воды не передавался в помещение. В частности в связи с этим поставлен вопрос о применении в жилых и общественно-коммунальных зданиях стояков из асбестоцементных труб.

Подпольную часть стояка до присоединения к подземной линии обычно монтируют из чугунных труб того же диаметра, что и диаметр основного стояка.

При прокладке подземной части стояка у его основания целесообразно устанавливать специальную чугунную фасонную часть в виде отвода с двумя раструбами в верхней части, один из которых служит прочисткой.

На стояках на расстоянии 1 м до центра устанавливают обычные канализационные ревизия.

В «гибких цехах», где ливневая сеть одновременно служит и для приема условно чистых вод, устраивают развитую сеть подпольных трубопроводов для обеспечения приема стоков при перемещении технологического оборудования.

Каждая водосточная воронка обслуживается при этом отдельным стояком, соединенным с подпольной сетью. Для удобства присоединения новых трубопроводов к основной сети без дополнительной установки фасонных частей и устройства колодцев у основания стояков (в специальном приемке, перекрываемом съемной плитой) должны быть заблаговременно оставлены тройники.

Когда конструкция или планировка помещения требуют некоторого смещения стояка от основного направления, применяются отступы или отводные вставки в виде небольшого участка «лежащего» трубопровода; на каждом стояке должно быть не более двух отводных вставок.

Устройство отводных вставок допускается лишь в пределах вспомогательных помещений (технических этажей или коридоров), причем перекрытие в этом месте должно быть тщательно гидроизолировано.

Для устройства отступов можно пользоваться готовыми стандартными изделиями или же изготавливать их из фасонных частей (отводов 135°) со смещением оси стояка.

Особое внимание при установке стояков в промышленных и высотных зданиях должно быть обращено на увязку подпольной части стояков с фундаментами колонн; недоучет этого обстоятельства может вызвать значительные затруднения при прокладке сети, особенно при неглубоком заложении фундаментов.

Трубы, служащие для отведения условно чистых вод, в ряде случаев присоединяют к подпольной части стояка.

При прокладке водосточных стояков в неотапливаемых помещениях (что вообще нежелательно) производится утепление труб антисептированным войлоком, путем прокладки в деревянных футлярах с утеплением опилками, золой и т. п.

Внутренние водостоки в высотных зданиях монтируются в основном по принципу скрытой проводки с таким расчетом, чтобы была обеспечена возможность осмотра и ремонта их на всем протяжении.

Для этого водосточные стояки устанавливают в специальных шахтах, проходящих через все этажи здания и имеющих в каждом этаже входную дверь и перекрытие. Шахта должна быть огнестойкой и иметь конструкцию, предотвращающую распространение при пожаре огня и дыма по зданию. Отдельные стояки можно также монтировать в бороздах, обшивках колонн и фальшивых пилястрах, оборудованных съемными щитами.

В гостиницах и в административных зданиях скрытая проводка труб должна быть произведена так, чтобы они были до-

ступны для осмотра со стороны коридоров или других вспомогательных помещений.

Трубы, прокладываемые по служебным помещениям здания (котельным, тепловым пунктам, служебным подвалам, техническим этажам или полуэтажам, помещениям для насосов, баков), допускается монтировать открытым способом.

Трубопроводы внутренних водостоков в высотных зданиях монтируют из чугунных раструбных (обычно водопроводных) труб или из стальных труб с повышенной противокоррозийной стойкостью (оцинкованных, хромированных, гудронированных и т. п.).

Ориентировочная длина водосточных стояков, приходящаяся на 1 м² площади промышленных зданий, составляет:

при площади до 10 000 м ²	0,064 м
• • • • • от 10 000 до 30 000 м ²	0,045 •
• • • • • более 40 000 м ²	0,040 •

3. ПОДПОЛЬНАЯ СЕТЬ ТРУБ И КАНАЛОВ

Подпольная сеть, принимающая воды от стояков, состоит из:

а) отводных линий, соединяющих стояки с подземной сетью труб;

б) коллекторов, расположенных под полом здания и реже — в подвальном этаже;

в) смотровых и ревизионных колодцев и прочисток.

Выбор трассы подпольной сети производится с учетом грунтовых условий, конструктивных и производственных особенностей здания, принятой наружной системы ливневой канализации и т. д. Особое внимание при этом должно быть уделено механической прочности и водонепроницаемости материалов трубопровода.

В промышленных зданиях подпольная сеть устраивается:

1) из каменно-керамических труб диаметром до 400 мм с заделкой стыков асфальтовой мастикой. При этом ввиду отрицательного влияния горячей воды на прочность асфальтовых стыков температура удаляемых по сети условно чистых вод не должна превышать 40—50°; допускается заделка раструбов и асбестоцементом;

2) из бетонных и железобетонных труб обычно диаметром 400 мм и более на асбестоцементных стыках;

3) из асбестоцементных труб;

4) из кирпичных или бетонных лотков или каналов.

В местах, где имеется опасность повреждения трубопроводов, на ответственных участках, а также при неблагоприятных грунтовых условиях укладывают железобетонные, чугунные, канализационные и водопроводные трубы или же стальные трубы с антикоррозийной изоляцией.

В жилых и административных зданиях подпольную сеть устраивают из чугунных сливных (канализационных) или водопроводных труб на асбестоцементных стыках.

Глубина начального заложения подпольной сети от уровня пола до верха трубы назначается в зависимости от принятой конструкции пола, допускаемых нагрузок, характера внутрицевого транспорта, расположения подземных сооружений и се-

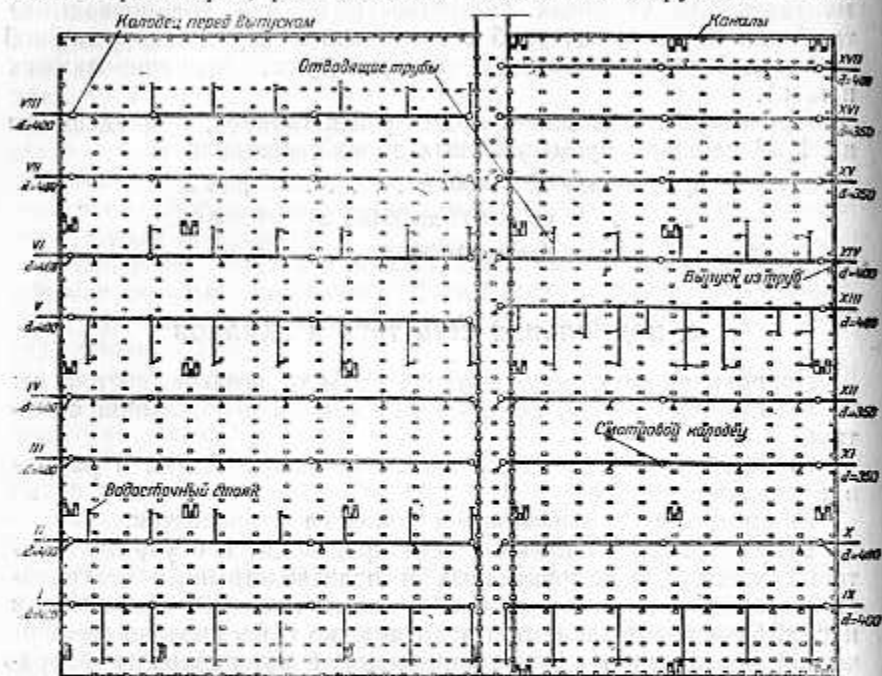


Рис. 156. Подпольная сеть лотков

тей и должна быть не менее 400 мм при бетонных полах и 500 мм — при земляных полах.

В тех промышленных зданиях, в которых передвигаются тяжелые грузы (цехи металлургических заводов и др.), указанные значения минимальной глубины заложения следует повышать до величин, гарантирующих трубы от разрушения, либо принимать специальные меры для защиты трубопроводов от повреждений путем заключения их в чехлы, кожухи и т. д.

Глубина заложения труб в этом случае определяется расчетом.

Подпольную сеть в макропористых просадочных грунтах укладывают в специальных бетонных лотках с отводом воды из последних в дренажную сеть; как правило, в этих случаях устраивают подвесную систему водостоков.

При проектировании подпольной сети диаметр основных коллекторов принимают не более 600 мм, что соответствует допускаемой площади покрытия около 2 га (на один выпуск). Применение внутри здания труб большего диаметра вызывает необходимость значительного заглубления сети, затрудняет присоединение боковых ответвлений и осложняет эксплуатацию. При больших расчетных сечениях следует увеличивать число выпусков из здания.

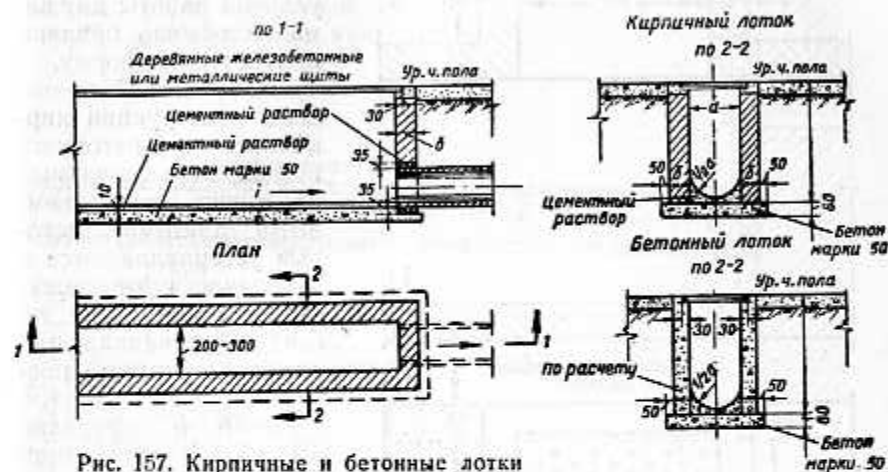


Рис. 157. Кирпичные и бетонные лотки

Присоединение к коллекторам боковых ответвлений осуществляется, как правило, в смотровых колодцах.

Максимальная длина выпусков от здания до наружной сети ливневой канализации без устройства промежуточных колодцев принимается для труб диаметром до 200 мм — 25 м, для труб диаметром более 200 мм — 30 м.

Ориентировочная длина подпольной сети в промышленных зданиях, приходящаяся на 1 м² площади обслуживаемого здания, составляет:

в зданиях площадью до 10 000 м ²	0,056 м
• • • • • от 10 000 до 30 000 м ²	0,051 .
• • • • • более 40 000 м ²	0,048 .

Кроме подпольных сетей, выполняемых из труб, в ряде случаев устраивают подпольную сеть из лотков и каналов (рис. 156). Такие сети прокладывают обычно в промышленных зданиях:

а) при мелком заложении сети наружной ливневой канализации;

б) при обслуживании территории промышленного предприятия открытой системой водостоков;

в) при необходимости облегчить осмотр и прочистку отдельных участков сети, отводящих стоки от производственных установок.

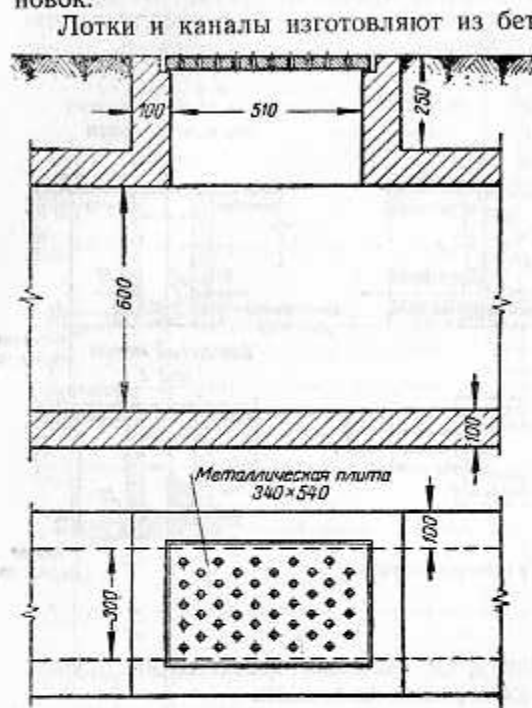


Рис. 158. Подпольный канал с трапами для приема воды

расстоянии 5 м от наружной стены лотки внутри здания через специальный смотровой колодец переходят в выпуски из труб соответствующего диаметра.

В ряде случаев устраивают каналы закрытого типа с перекрытием под землей. Начальное их заглубление определяют, исходя из условия предохранения перекрытия от повреждения динамической нагрузкой. Такие каналы перекрывают съемными железобетонными плитами, укладываемыми с уклоном параллельно дну канала для постоянства сечения в отдельных пролетах.

Изменение сечения канала осуществляют в смотровых колодцах специальной конструкции.

При использовании подпольных каналов для отведения незагрязненных отработанных вод они поступают в канал непо-

средственно по отводным трубам от отдельных агрегатов или же через присоединяемые к каналу трапы с решетками (рис. 158).

Присоединение водосточного стояка к каналу показано на рис. 159. Следует, однако, отметить, что стоимость и трудоемкость устройства подпольной сети из лотков значительно выше, чем такой же сети из труб, изготавливаемых, как правило, заводским способом.

Ширина лотков принимается: при глубине до 0,5 м — не менее 200 мм, при большей глубине — 250 мм. На

средственно по отводным трубам от отдельных агрегатов или же через присоединяемые к каналу трапы с решетками (рис. 158).

Присоединение водосточного стояка к каналу показано на рис. 159.

Следует, однако, отметить, что стоимость и трудоемкость устройства подпольной сети из лотков значительно выше, чем такой же сети из труб, изготавливаемых, как правило, заводским способом.

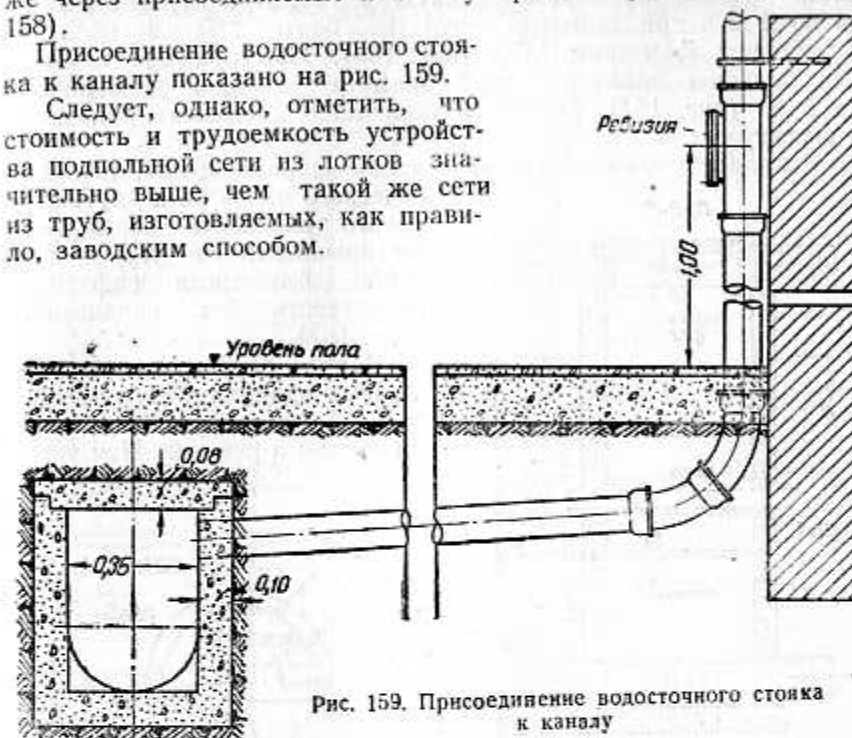


Рис. 159. Присоединение водосточного стояка к каналу

4. СМОТРОВЫЕ КОЛОДЦЫ И ПРОЧИСТКИ

Смотровые колодцы внутри здания устраивают, главным образом, в промышленных зданиях, где это необходимо по условиям эксплуатации. Кроме того, смотровые колодцы устраиваются на коллекторах внутренней сети ливневой канализации высотных зданий, оборудованной перемычками и прокладываемой под полом подвала (см. стр. 279).

В жилых, общественных и коммунальных зданиях вместо колодцев устанавливают прочистки или ревизионные устройства обычного типа.

Смотровые колодцы изготавливают по типу канализационных с устройством лотков и устанавливают: а) на каждом повороте сети; б) в местах изменения диаметра трубопроводов; в) в местах изменения уклона сети; г) в местах присоединения к коллектору боковых ветвей; д) на прямых участках сети — на расстоянии не более 25 м друг от друга; е) на выпуске — на расстоянии не более 25 м от смотрового колодца наружной сети.

Колодцы изготовляют из бетона или кирпича, они имеют в плане круглую или прямоугольную форму. При глубине колодца до 2 м и при диаметре труб не более 250 мм колодцы устраивают диаметром 0,7 м (рис. 160). При большей глубине или большем диаметре труб диаметр колодца увеличивают до 1 м (рис. 161). Трубы в колодцах соединяют «шельга в шельгу».

Колодцы в зависимости от условий их размещения, технологического процесса и внутрицевого транспорта перекрывают крышками из чугуна или стали, имеющими рифленую поверхность без вкладышей (рис. 162).

В ряде случаев в промышленных зданиях вместо смотровых колодцев устанавливают прочистки и ревизии. При уста-

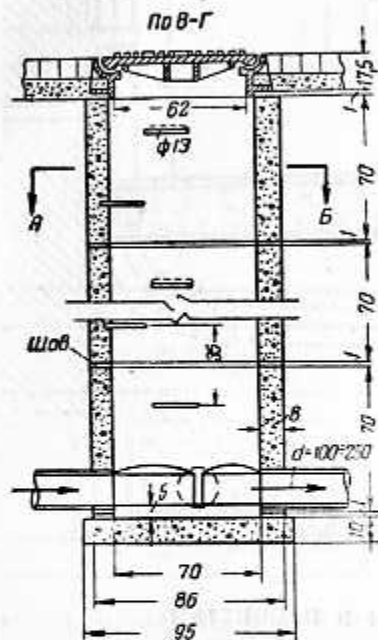


Рис. 160. Водосточные колодцы из бетонных колец $d=700$ мм

новке прочисток количество смотровых колодцев сводится к минимуму, причем условия эксплуатации и работы сети не ухудшаются.

Прочистки, как правило устанавливают:

- в тупиковых концах сети, если расстояние от прочистки до ближайшего смотрового колодца не превышает 10 м;
- при присоединении к коллектору диаметром до 250 мм одной или двух боковых ветвей длиной не более 5 м.

Прочистки устанавливают выше присоединения на расстоянии около 2 м. В отдельных случаях боковые ветви присоединяют к вертикальному патрубку прочистки.

Установка более двух прочисток подряд не рекомендуется.

Расстояние между двумя смежными прочистками не должно превышать 15 м.

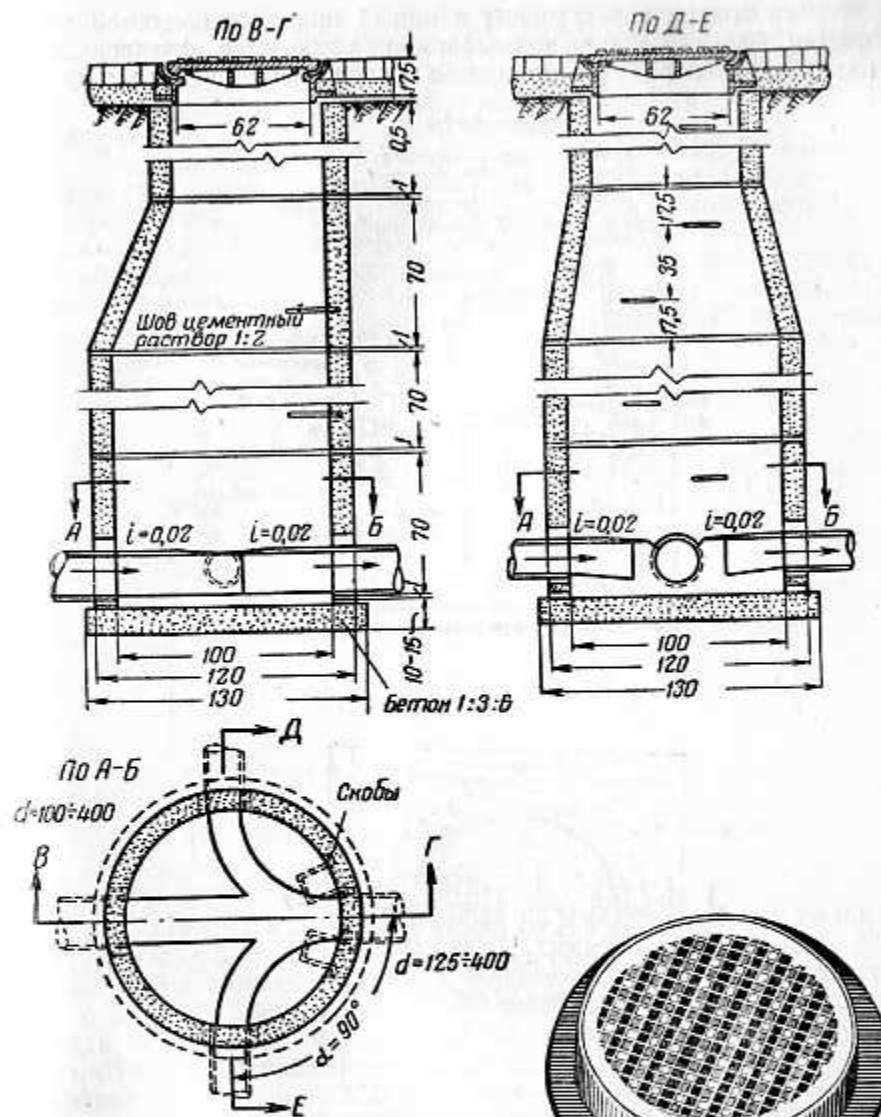


Рис. 161. Водосточные колодцы из бетонных колец $d=1000$ мм

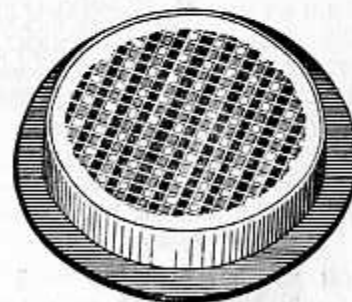


Рис. 162. Чугунный люк с рифленой крышкой для смотровых колодцев

Широкое распространение в нашей практике получили прочистки (рис. 163) с использованием в качестве футляра для патрубка «ковера» (специального лючка, применяемого в газо-

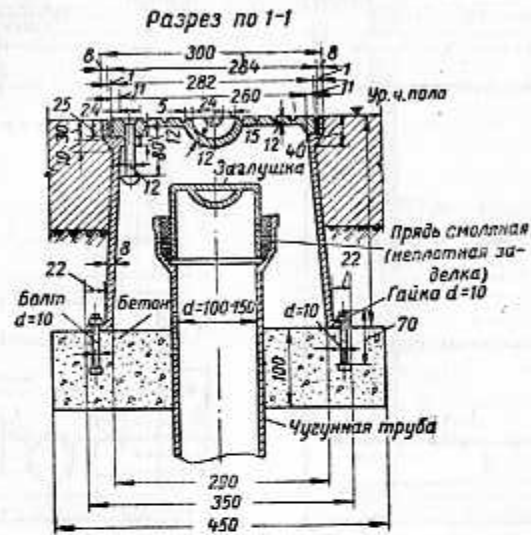


Рис. 163. Прочистка с чугунным лючком

вом хозяйстве). Для этой цели можно использовать также и обычный чугунный тапер; в таких случаях отпадает необходимость в специальных чугунных отливках. Тапер, снабженный специальной крышкой, устанавливают в растроб тройника или отвода на пластичной мастике. При значительном заглублении подпольной сети осуществляется установка специального патрубка.

В отдельных случаях устанавливают ревизии обычного канализационного типа (при прокладке трубопроводов по стенам, на стояках).

Установка прочисток на водосточной сети показана на рис. 164.

Для осмотра и прочистки водосточных сетей в высотных зданиях устраивают ревизионные колодцы. Устройство на подпольной сети подвала смотровых колодцев лоткового типа должно быть надлежаще обосновано.

Боковые ветки к коллекторам в ряде случаев присоединяют с перепадом. В зависимости от местных условий принимают одну из описываемых ниже конструкций перепадных колодцев.

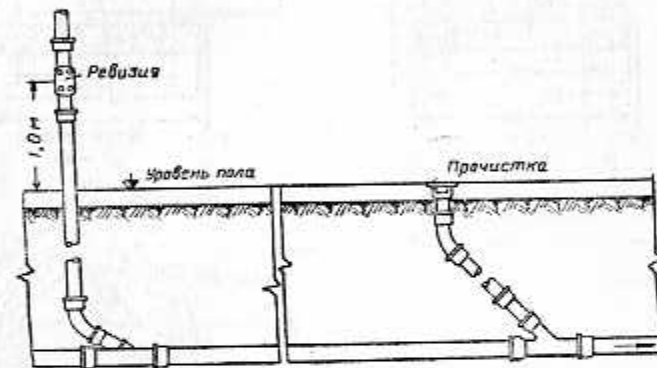


Рис. 164. Установка прочисток на водосточной сети

1. Перепад в виде вертикальной чугунной трубы, располагаемой внутри колодца (рис. 165). Перепады такого же типа устраиваются на сети диаметром до 250 мм и высотой до 2 м. Перепад состоит из фасонной части для перехода от керамической или бетонной трубы к чугунной, тройника, вертикальной трубы и отвода, прикрепленных при помощи специальных скоб или хомутов к стене. Свободное отверстие тройника закрывают заглушкой или деревянной пробкой, прикрепляемой на цепочке к одной из скоб колодца.

Недостатком этих перепадов является загромождение рабочей камеры колодца (которая в связи с этим должна быть больших габаритов) и разбрызгивание жидкости при ее падении.

Разновидностью перепадов являются перепады с заделкой трубы в толщу колодца, что делает рабочую камеру более свободной.

РАСЧЕТ СЕТИ ВНУТРЕННЕЙ ЛИВНЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Основной задачей при проектировании внутренних водостоков является определение количества ливневых вод, по которому выбираются поперечные сечения отдельных участков сети.

В практике проектирования применяют следующие методы расчета внутренних водостоков:

- 1) методы, при которых расчетное количество ливневых вод и, следовательно, диаметры трубопроводов определяются в зависимости от расчетного часового слоя осадков и площади водосбора обслуживаемого участка покрытия;
- 2) методы, основанные на способе предельных интенсивностей.

I. РАСЧЕТ ВНУТРЕННИХ СЕТЕЙ ПО ЧАСОВОМУ СЛОЮ ОСАДКОВ И ПЛОЩАДИ ВОДОСБОРА

Расчет по этому методу производится на основе метеорологических данных о величине часового слоя осадков.

По данным проф. Н. М. Ушакова, высота часового слоя осадков (в среднем) колеблется для средней полосы СССР от 25 до 40 мм, а для юга СССР — от 40 до 60 мм и более.

В настоящее время на основании уточненных метеорологических данных в качестве расчетного обычно принимают часовой слой осадков, равный 50, 65 и 75 мм в зависимости от климатического пояса¹.

К первому поясу относят северную область, бассейны рек Оби, Енисея и Лены, нижнее течение рек Волги и Урала, а также большую часть бассейна р. Аму-Дарьи; ко второму поясу — все остальные районы СССР за исключением юго-западного; к третьему поясу — юго-западный район СССР, кроме западного побережья Кавказа, для которого расчетный часовой слой осадков устанавливают на основании метеорологических данных.

Границы между отдельными поясами показаны на рис. 167. Диаметры трубопроводов определяют из приведенных ниже формул. Диаметры водосточных стояков — из формулы:

$$F = \frac{kD^2}{h}, \quad (79)$$

где F — допускаемая площадь водосбора в m^2 ;
 k — опытный коэффициент, принимаемый равным 438;
 D — диаметр стояка в cm ;
 h — высота расчетного часового слоя осадков в $mm/час$.

¹ Разбивка на пояса предложена Е. Д. Швецовым.

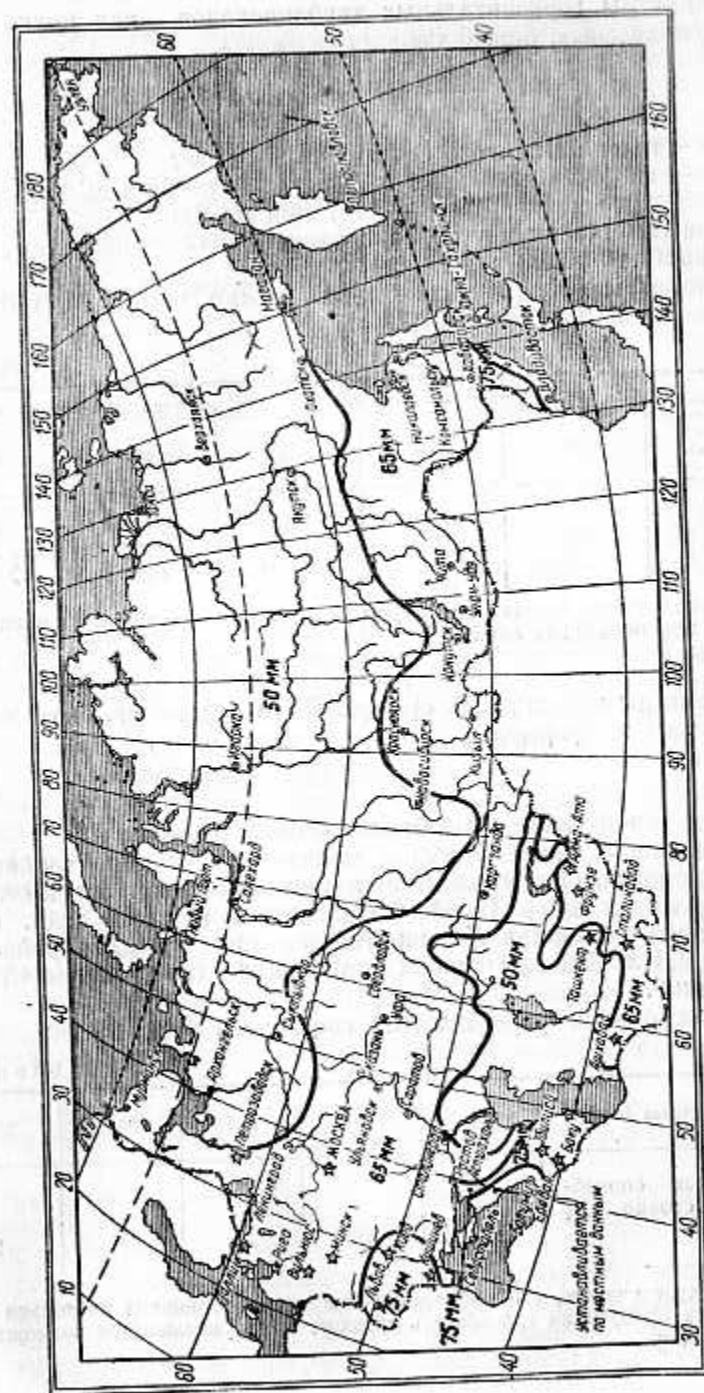


Рис. 167. Схематическая карта СССР с показанием поясов расчетного слоя осадков

Диаметры горизонтальных трубопроводов, как подпольных, так и подвесных, определяют из формулы:

$$F = \omega v \frac{3600}{h} 1000 = \frac{\pi d^2}{4} v \frac{3600}{h} 1000, \quad (80)$$

где ω — площадь живого сечения трубы в m^2 ;

v — скорость движения жидкости по трубе в $m/сек$, определяемая по формуле (45) при $n=0,013$.

Для облегчения и ускорения расчета обычно пользуются специальными таблицами.

Диаметры водосточных стояков можно найти из табл. 24, составленной по формуле (79).

Таблица 24

Расчетный часовой слой осадков в мм/час	Допускаемая площадь водосбора F в m^2 на стояк диаметром в мм				
	75	100	125	150	200
50	490	880	1370	1970	3500
65	380	670	1050	1520	2700
75	330	570	910	1310	2350

Примечание. Стояки диаметром $D = 200$ мм применяются преимущественно при подвесных линиях.

Диаметры водосточных стояков D (в см) могут быть также определены из формулы:

$$Q_{ст} = K D^2, \quad (81)$$

где $Q_{ст}$ — пропускная способность стояка в $л/мин$.

Значение K определяется в зависимости от типа тройников, при помощи которых отводящие линии присоединяются к стояку.

По данным проф. Н. И. Фальковского и канд. техн. наук Г. Л. Зака, величина K принимается при прямых тройниках равной 7,3 $л/мин$, при косых тройниках (под углом 45°) — 13,3 $л/мин$.

На основании формулы (81) составлена табл. 25.

Таблица 25

Диаметр стояка D в мм	75	100	125	150	200
Пропускная способность стояка $Q_{ст}$ в $л/сек$	10	20	35	50	90

¹ Следует указать, что при применении косых тройников не только увеличивается пропускная способность стояков, но и уменьшается возможность их засорения.

Для определения диаметров горизонтальных подпольных и подвесных трубопроводов автором по формуле (80) составлены таблицы, приведенные в приложениях III и IV.

Приложение III составлено для труб, рассчитываемых на наполнение в зависимости от диаметра: при $d=75-125$ мм — 0,50; при $d=150$ мм — 0,65, при $d=200$ мм и более — полное наполнение; приложение IV составлено для подвесных труб из условия полного их наполнения.

Величины уклона I при расчете внутренних водостоков принимают обычно не менее:

0,007 для труб диаметром	125 мм
0,005	150 .
0,004	200 .
0,003	250 .
0,002	300—350 мм
0,0015	400 мм
0,001	450—500 мм

Применение уклонов менее 0,005 нежелательно.

Если это возможно по местным условиям и экономическим соображениям, следует принимать большие уклоны, так как это дает возможность значительно повысить отводную способность сети и уменьшить диаметр труб. Однако наибольший уклон не должен превышать 0,15.

Минимальная скорость движения воды в трубах принимается равной 0,7—0,8 $м/сек$; максимальная скорость колеблется от 3 до 5 $м/сек$.

При расчете внутренних сетей ливневой канализации высотных зданий с крышами-террасами, расположенными на различных уровнях, нагрузка на водосточную сеть определяется с учетом дополнительного количества воды, стекающей со стен прилегающих к ним более высоких частей здания. При этом расчет производится на косой дождь (под углом в 45° к горизонту) и прием воды с расчетной площади стен с коэффициентом стока 0,50—0,60.

Как указывалось выше, в сеть ливневой канализации обычно сбрасываются не только ливневые, но и условно чистые воды.

При небольшом количестве этих вод (до 5% от количества ливневых) их обычно не учитывают, и расчет сети производят только на пропуск ливневых вод.

При поступлении в водосточную сеть большого количества условно чистых вод диаметры сети производственно-ливневой канализации должны быть рассчитаны на пропуск как ливневых, так и производственных вод. Для этого случая в соответ-

ствии с рассмотренным выше приемом расчета водостоков по площади водосбора можно рекомендовать расход в л/сек заменить эквивалентной площадью водосбора в квадратных метрах:

$$F_э = q k_1, \quad (82)$$

где $F_э$ — эквивалентная площадь водосбора в м²;
 q — расход сточных вод в л/сек;
 k_1 — коэффициент перехода, принимаемый: для слоя осадков 50 мм/час $k_1=72$, для слоя осадков 65 мм/час $k_1=55$, для слоя осадков 75 мм/час $k_1=48$.

2. ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ВНУТРЕННИХ ВОДОСТОКОВ СПОСОБА ПРЕДЕЛЬНЫХ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ

При использовании для расчета внутренних водостоков способа предельных интенсивностей применяют основную формулу проф. П. Ф. Горбачева, предложенную им для расчета наружных сетей ливневой канализации.

В отличие от расчета последней при проектировании внутренних водостоков вместо различных видов поверхностей в расчет принимается только крыша здания, являющаяся водосборной площадью.

Для определения величины расчетной интенсивности необходимо установить значение критической продолжительности расчетного ливня и величину допускаемого периода переполнения сети — P .

Расчетный расход может быть определен по найденному значению расчетной интенсивности с учетом коэффициента стока для данного покрытия.

Большинство авторов рекомендует принимать значение коэффициента стока с покрытий зданий близким к единице.

Проф. Н. М. Ушаков устанавливает, кроме того, зависимость величины коэффициента стока от продолжительности ливня (табл. 26).

Таблица 26

Тип покрытия	Коэффициент стока ζ при продолжительности ливня в мин.		
	менее 5	от 5 до 30	более 30
Железные крыши:			
соединенные с подземной сетью канализации	0,95	1,00	1,00
имеющие наружный водоотвод	0,83	0,91	0,95

Проф. И. А. Архангельский предлагает коэффициент стока с крыш принимать равным единице, но вводить следующие поправочные коэффициенты K на продолжительность ливня t :

при продолжительности ливня 5 мин.	$K=0,80$
15	$K=0,85$
30	$K=0,90$
45	$K=0,95$
60	$K=1,00$

В практике проектирования, учитывая, что покрытия промышленных зданий и крыши-террасы обеспечивают прием системой водостоков всех выпавших осадков, коэффициент стока обычно принимают равным единице или близким к ней (0,90—0,95).

Время поверхностной концентрации, установленное для расчета наружной сети от 5 до 10 мин. и более, при расчете внутренних водостоков принимают в пределах 0,5—1,0 мин. Последние величины совпадают с предложенными проф. П. Ф. Горбачевым, который рекомендует принимать: при стоке с крыш и водосточных желобов — 0,25—0,5 мин., при стоке со двора по трубам — 1—2 мин.

Существенное влияние на величину расчетной интенсивности оказывает принятое значение критической продолжительности t . При малых значениях t расчетная интенсивность далеко не соответствует фактической и явно превышает ее. В связи с этим до проведения соответствующих исследований Г. Л. Зак предлагает при проектировании принимать критическую продолжительность t во всех случаях равной 5 мин.

Эта величина складывается из $t_{кр}$ — времени добега воды по кровле до водосточной воронки, принятой в данном случае равным 1 мин., и $t_{попр}$ — дополнительное время (до 5 мин.), учитывающее интенсивность дождя.

При коэффициенте стока, равном единице, и критической продолжительности ливня, равной 5 мин., формула проф. П. Ф. Горбачева (6) примет вид:

$$q = \frac{166,7 \mu \sqrt{P}}{5^{0,5}} = 74,5 \mu \sqrt{P}, \quad (83)$$

где q — расчетный расход ливневых вод в л/сек;
 μ — климатическая постоянная местности;
 P — период однократного переполнения сети.

Величина периода однократного переполнения сети P , принимаемая при расчете промышленных зданий, зависит от характера производства и принимается по данным Института Водгео, приведенным в табл. 27.

Группы	Технологические и конструктивные факторы, влияющие на величину P	P в годах
Технологические факторы		
1	Производство и оборудование не могут пострадать от воды	0,5
2	Производство может пострадать от воды, но механизмы и оборудование не чувствительны к воде	1,0
3	Механизмы и оборудование могут пострадать от воды	1,5
4	Производство и механизмы могут пострадать от воды	2,0
Дополнительные конструктивные факторы		
5	Отметка пола нижнего этажа здания находится ниже отметки земли	0,5
6	Стекла фонарей находятся над межфонарным коридором на высоте менее 10 см	0,5
7	Покрытие окружено со всех сторон возвышающимися частями здания, препятствующими стоку ливневых вод	0,5

Примечание. При пользовании таблицей принимают величину P по одному из технологических факторов и добавляют к ней значение P , соответствующее принятому конструктивному фактору.

По формуле (83) канд. техн. наук Г. Л. Зак составил номограмму (рис. 168), позволяющую определять количество осадков, выпавших на кровлю, при известных значениях климатической постоянной для данной местности μ и принятого периода переполнения.

Применение этой номограммы, однако, ограничивается тем, что, как отмечает и сам автор, вопрос о пригодности основной формулы способа предельных интенсивностей $i = \Delta : \sqrt{t}$ для расчета внутренних водостоков еще недостаточно изучен.

Не касаясь детальной оценки этого способа в применении к расчету внутренних водостоков, отметим, что способ предельных интенсивностей при расчете внутренних водостоков широкого применения не получил.

Объясняется это тем, что принимаемая при этом методе величина среднегодового количества осадков далеко не во всех случаях соответствует часовому слою осадков, тогда как расчет по этому параметру больше отвечает режиму работы внутренних сетей. Кроме того, факторы, влияющие на выбор периода однократного превышения расчетной интенсивности, являются в данном случае весьма неопределенными и условными.

По сравнению с расчетом по часовому слою осадков и площади водосбора расчет по способу предельных интенсивностей более сложен, так как требует ряда дополнительных вычислений.

Способ предельных интенсивностей можно применять для расчета внутренних водостоков, главным образом, в тех случаях, когда они обслуживают значительные площади (более 3 га),

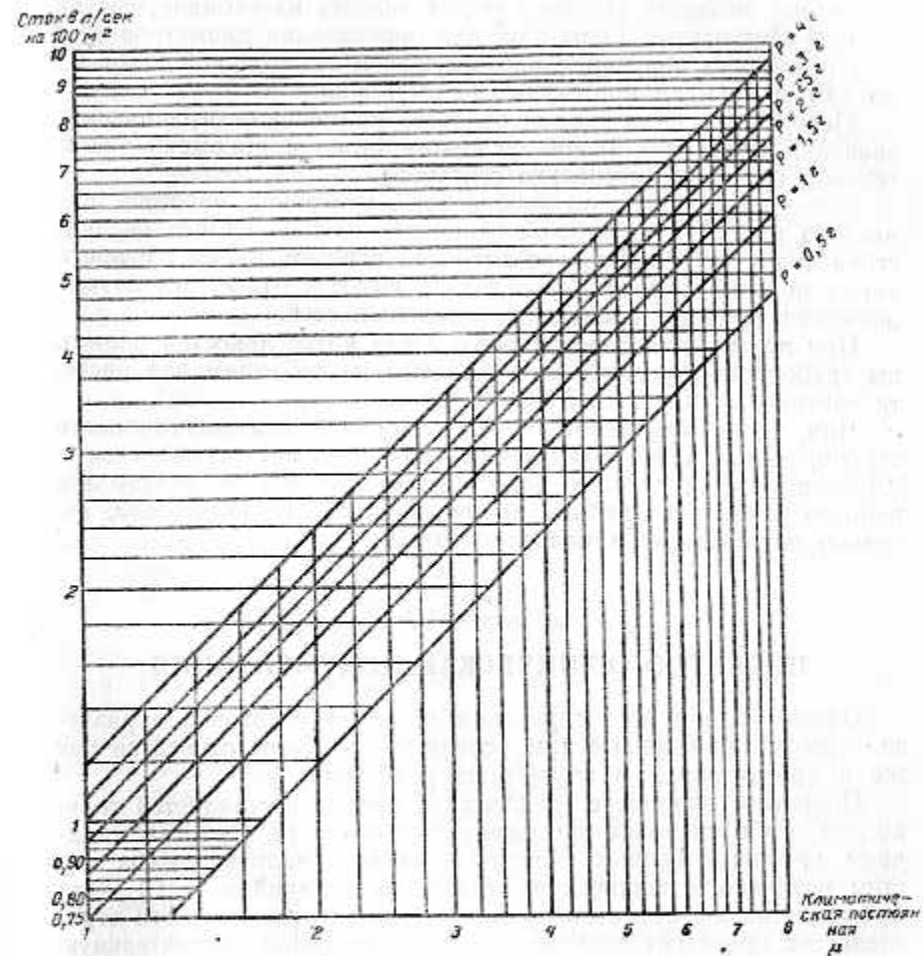


Рис. 168. Номограмма Г. Л. Зак для расчета внутренних водостоков

а также тогда, когда требуется более детальный расчет, увязанный с расчетом наружных сетей.

Величину периода однократного переполнения для внутренних и наружных сетей следует принимать одинаковой в целях гарантии от затопления. На это указывает и Г. Г. Шигорин, который считает, что повышение значений P для внутренней се-

ти вызывает необходимость в повышении значения P и для наружной сети¹.

Наряду с описанными приемами расчета отдельными организациями при проектировании применяются разработанные ими расчетные таблицы. Из них следует указать на таблицу, составленную Институтом Гипромах для определения диаметров труб при различных значениях климатической постоянной μ (от 0,5 до 7,0) и времени протекания $t=5-7$ мин.

Недостатком этих таблиц является применение ограниченных значений t , не отвечающих условиям стока с покрытий значительной площади (несколько гектаров).

Более правильным, по мнению Г. Г. Шигорина, является принятие в качестве постоянной величины только самого периода стока воды с покрытия к водосточной воронке, время же протекания по сети следует определять в каждом отдельном случае, пользуясь методом предельных интенсивностей.

При применении способа предельных интенсивностей диаметры трубопроводов могут быть найдены по таблицам для расчета самотечных канализационных сетей.

Для более эффективного использования отводоспособности трубопроводов и уменьшения их диаметров внутренние сети в соответствующих случаях могут быть рассчитаны с учетом напорного режима их работы по методу проф. Н. Н. Белова, детально излагаемому в разделе первом.

Глава XVI

ПРОЕКТНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Общие задачи проектирования детально изложены в разделе первом; приведенные там основные принципы относятся так же к проектированию внутренних водостоков.

Проектное задание с графической частью составляется только для особо сложных промышленных объектов (цехов с наличием различного назначения, водопроводов и канализационных систем различного назначения, высотных зданий и т. д.). Для большинства же объектов промышленного и гражданского строительства проектное задание представляет собой пояснительную записку, содержащую краткое описание принятых решений. Проектное задание сопровождается сметно-финансовыми расчетами. В проектном задании по архитектурно-строительной части приводится план покрытия с водосточными воронками.

Технический проект объектов, проектируемых в три стадии, состоит из текстовой части (расчетно-пояснительной записки), чертежей и сметы.

¹ Л. Г. Демидов и Г. Г. Шигорин, Канализация, ч. I, изд. Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1949.

Состав графической части технических проектов (или рабочих чертежей при проектировании в две стадии).

1. Выкопировка из генерального плана предприятия (для промышленных объектов) в масштабе 1:1000—1:2000 с нанесением красных линий застройки (с учетом расширения), всех существующих и проектируемых наружных сетей с указанием диаметров, уклонов и глубины заложения, подземного хозяйства и колодцев. План застраиваемого участка (для жилых и общественно-коммунальных зданий) в масштабе 1:500 с нанесением сетей и подземного хозяйства, а также выкопировка из ситуационного плана местности с нанесением проектируемого участка.

2. План покрытия промышленного здания или план крыши-террасы в масштабе 1:100—1:400 с указанием направления и уклонов стока, водосточных воронок, противопожарных преград, температурных швов и т. д.

3. поэтажные планы зданий (а для промышленных и монументальных зданий—планы фундаментов) в масштабе 1:100—1:400 с нанесением проектируемых сетей и основных ее элементов (ревизий, колодцев, прочисток и пр.), с указанием длин, диаметров и уклонов сетей.

Стояки и водосточные воронки должны быть занумерованы в соответствии с нумерацией, принятой в разрезах или на схеме; при одинаковом расположении водосточных стояков в этажах даются только планы верхнего и нижнего этажей.

Типовые и повторяющиеся узлы приводятся в проекте один раз с соответствующей на них ссылкой.

На одном из планов приводится принятая экспликация сетей и оборудования.

4. Разрезы по водосточным стоякам (изображаемые в виде профилей) в масштабе 1:100 по вертикали и 1:200 по горизонтали с указанием водосточных воронок, основных фасонных частей и основных отметок заложения.

5. Профили основных подпольных коллекторов и выпусков из здания до колодцев на наружных сетях по вертикали в масштабе 1:100 и по горизонтали в масштабе плана.

В расчетно-пояснительной записке приводятся следующие сведения:

- 1) краткая характеристика объекта: местоположение, назначение, конструктивные особенности здания и т. д.;
- 2) основные геофизические данные, инженерная характеристика грунтов, глубина их промерзания, гидрогеологические данные, расчетные температуры для зимнего периода и т. д.;
- 3) гидрометеорологические данные: расчетный часовой слой осадков, данные, необходимые для расчета по методу предельных интенсивностей (если при проектировании принят этот метод);
- 4) данные о температурно-влажностном режиме помещений, в которых прокладываются сети;

- 5) данные об условно чистых производственных водах, сбрасываемых в ливневую сеть;
- 6) обоснование выбора схемы ливневой канализации;
- 7) характеристика принятой трассы и данные о размещении оборудования;
- 8) описание принятых материалов и конструкций отдельных элементов (водосточных воронок, стояков, подпольной сети колодцев);

9) расчетные данные с указанием принятого метода расчета.

Рабочие чертежи при проектировании по двум стадиям разрабатываются на основе утвержденного проектного задания и должны иметь в своем составе чертежи с трассировкой трубопроводов и нанесением всех необходимых размеров, а также с разработкой и детализацией сложных узлов и со спецификациями на оборудование и материалы.

Рабочие чертежи при проектировании по трем стадиям составляются после утверждения технического проекта и представляют собой детальную графическую разработку отдельных наиболее сложных узлов и деталей (в масштабе 1:40—1:10).

В рабочих чертежах производится также окончательная увязка отдельных элементов проектируемой системы с прочими сооружениями цеха (оборудованием, фундаментами, каналами, различного рода сетями и коммуникациями, подземным и надземным транспортом и т. д.).

Для удобства чтения чертежей каждый проект должен иметь экспликацию принятых условных обозначений.

Недостатком разрабатываемых до сих пор технических проектов является то, что они фактически представляют собой только схему коммуникаций, без координации и привязки основных элементов и без необходимых монтажных размеров и данных.

Вследствие этого такие технические проекты по своему объему и содержанию для работ, осуществляемых скоростными методами, совершенно недостаточны.

Переход на индустриальные и скоростные методы строительно-монтажных работ потребовал изменения существующих принципов и приемов проектирования.

Для скоростных методов монтажа необходима разработка монтажных проектов, рассчитанных на индустриальные методы работы, с отделением заготовительных операций (заводская заготовка) от монтажно-сборочных (на стройке). В первую очередь это относится к внутренним водостокам из стальных труб, получившим в последнее время значительное распространение в практике промышленного строительства (подвесные системы, установка в специальных цехах и т. д.).

В монтажных проектах должны быть предусмотрены максимальное применение заводских узлов и деталей и рациональные способы организации и производства монтажных работ.

В архитектурно-строительных и санитарно-технических чер-

тежах должны быть учтены требования индустриальных методов производства строительно-монтажных работ (допуски, координация и привязка к основным строительным элементам, необходимые для прокладки труб отверстия, борозды и т. д.).

Это дает возможность предусмотреть необходимые отверстия и борозды заранее при производстве строительных работ или применять соответствующие сборные элементы с готовыми отверстиями для трубопроводов.

Монтажные проекты разрабатываются комплексно, в тесной увязке с проектами наружных сетей, технологическими проектами цеха, архитектурно-строительными и санитарно-техническими проектами, схемой организации работ и т. д.

При разработке монтажных проектов обычно придерживаются следующего порядка проектирования. После нанесения на план схемы сетей, осей стояков, центров воронок при помощи замеров, осуществляемых обычно по рабочим строительным чертежам, определяют монтажные длины отдельных деталей, осевые размеры и привязки. Для этого необходимо иметь полный комплект архитектурно-строительных чертежей со всеми конструктивными элементами, деталями и узлами.

Монтажные чертежи сопровождаются спецификацией, в которой приводятся: принятая маркировка деталей, их наименование, эскизы, длина (размеры), диаметры и т. д.—в полном соответствии с маркировкой, принятой на чертежах.

Для возможности сравнения вариантов при выборе схемы внутренней ливневой канализации пользуются технико-экономическими показателями стоимости и затрат основных материалов на отдельные элементы системы.

По данным канд. техн. наук Б. С. Тикунова, стоимость внутренних водостоков по отношению к строительной стоимости здания составляет от 1,2 до 2,6%, в среднем около 2%. С увеличением площади покрытия стоимость водостоков, как правило, уменьшается.

На стоимость внутренних водостоков оказывают влияние: принятое размещение водосточных воронок, размеры отдельных водосборных участков, число воронок, обслуживаемых одним стояком, конструкция подпольной сети, применение подвесной системы и т. д. В частности при применении пересеченной схемы, а также схемы с небольшим числом выпусков (2—3) стоимость внутренних водостоков обычно ниже, чем при других схемах.

По отдельным элементам стоимость внутренних водостоков распределяется следующим образом.

Стоимость водосточных воронок составляет от 12 до 24%, в среднем 16% общей стоимости; вертикальных стояков (из чугунных канализационных труб)—от 15 до 26%, в среднем 22%;

смотровых колодцев (включая стоимость земляных работ)—от 16 до 22%, в среднем 20%; подпольной сети (из керамических и бетонных труб)—от 30 до 45%, в среднем 40%.

Глава XVII

ОРГАНИЗАЦИЯ И ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ ВНУТРЕННИХ ВОДОСТОКОВ

1. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТОВ ОРГАНИЗАЦИИ МОНТАЖНЫХ РАБОТ

Монтажные работы на объектах с развитыми и сложными коммуникациями (крупные промышленные цехи, высотные здания и т. п.) выполняются по специальным проектам организации работ.

Технический проект организации работ должен разрабатываться одновременно с техническим проектом санитарно-технических систем.

В процессе разработки рабочих чертежей и осуществления строительства разрабатываются рабочие проекты организации отдельных видов работ (проекты производства работ).

В проекте организации работ должны быть указаны:

- а) объемы отдельных видов работ (основных и подготовительных);
- б) порядок и сроки производства работ с указанием их начала и окончания (календарные планы и графики монтажных работ, увязанные с календарными графиками для других видов работ);
- в) количество рабочих по профессиям и разрядам, с распределением специализированных бригад и звеньев;
- г) требуемые механизмы, средства малой механизации, подъемные и такелажные приспособления, транспортные средства, инструменты, строительные материалы, полуфабрикаты, заводские изделия, а также календарный план их поступления на строительство;
- д) характеристика необходимой производственной базы монтажной организации (центрально-заготовительная мастерская, построечная мастерская и т. д.);
- е) принятые методы организации и производства основных и наиболее трудоемких работ, а также характер оснащения отдельных монтажных процессов;
- ж) данные о складском хозяйстве и его размещении.

В комплексный проект организации строительства включается совмещенный календарный график, определяющий порядок и последовательность всех видов работ на объекте.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОИЗВОДСТВО ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ И МОНТАЖНО-СБОРОЧНЫХ РАБОТ

Степень индустриализации заготовительных и монтажных процессов во многом зависит от принятого способа замеров трубопроводов, так как на основе этих замеров выполняются отдельные заготовки. Следует отметить, что унифицированного способа замеров не имеется, и отдельные монтажные организации по-разному решают вопрос. Особенно это относится к производству замеров чугунных канализационных труб, применяемых при устройстве внутренних водостоков.

Способ замеров с натуры, применявшийся ранее отдельными монтажными организациями, как весьма сложный, а вместе с тем не исключающий необходимости последующей доработки на месте, в настоящее время почти не применяется.

Наибольшее распространение в монтажной практике в настоящее время получили способы замеров, предложенные тт. Козловым и Немировым.

При применении способа Козлова замеры, выполняемые на месте работ или по рабочим архитектурно-строительным чертежам, производятся в определенной последовательности.

При производстве замеров на объекте вначале составляют предварительный эскиз, на котором указывают также расположение фасонных частей (в условных обозначениях, принятых в спецификации), и определяют места и размеры отверстий для монтажа трубопроводов.

После пробивки отверстий и производства соответствующих подготовительных работ по предварительному эскизу производят проверку на месте и составляют второй рабочий эскиз (также в виде схемы), на котором показываются длины прямых участков трубопровода, необходимые строительные размеры (отметки пола, высота помещения) и привязки к основным строительным конструкциям.

Для облегчения вычислительных работ пользуются специальными таблицами, по которым определяют монтажные и строительные размеры различных (наиболее часто встречающихся сочетаний) стандартных фасонных частей.

После этого согласно эскизу производят разбивку на отдельные монтажные узлы с учетом их веса и габаритов и маркировку всех элементов стояка.

Общий вид замаркированного узла показан на рис. 169.

Заделку стыков монтажных узлов производят в заготовительных мастерских; заделку стыков прямых участков трубопровода (показанных на эскизе с разрывом)—на месте монтажа.

На основе эскиза составляют спецификацию в тех же условных обозначениях, что и на эскизе, и указывают количество креплений, вспомогательных материалов и т. д.

На этом заканчивается работа по замеру.

По спецификации и эскизу составляют калькуляцию на заготовку монтажных узлов и всю необходимую документацию передают в заготовительные мастерские для производства санитарно-технических работ.

Способ т. Немирова основан на принципе макетной сборки и требует применения

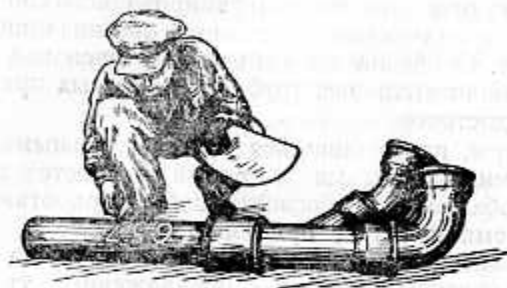


Рис. 169. Маркировка узлов

специального заготовительного стенда. Применение этого способа целесообразно только при значительном количестве повторяющихся узлов.

При этом способе работа по замеру на самом объекте значительно сокращается и сводится в основном к проверке строительных размеров. Так же как

при заготовке канализационных трубопроводов (для которых в основном и создан универсальный стенд), в заготовительных мастерских следует выполнять только сборку отдельных узлов — отводящих линий от воронки, подпольной части стояка, установку ревизий. Соединение же прямых участков трубопроводов из целых труб обычно производят на месте монтажа, поскольку эти работы не связаны со сложными операциями. Каркасная конструкция стенда, на котором производится заготовка (рис. 170), позволяет производить сборку при разном расположении отдельных деталей узла. Достигается это путем перемещения специальных передвижных рам и вкладышей и установки их в соответствии с указанными на чертеже размерами.

Работы по устройству внутренних водостоков из стальных труб должны осуществляться промышленными методами в соответствии с принятой в монтажной практике технологией заготовительных и монтажно-сборочных операций.

Отдельные монтажные детали соединяются соответствующими участками трубопровода в готовые монтажные узлы, что ускоряет процесс сборки на самом объекте.

Заготовка монтажных деталей и узлов из стальных труб производится по замерным бланкам, составляемым в настоящее время преимущественно по рабочим архитектурно-строительным чертежам.

При замерах с чертежей (для чего необходимо иметь полный их комплект со всеми конструктивными элементами и деталями) в соответствии с принятой привязкой трубопроводов, расположением осей стояков и приборов определяются монтажные строительные и заготовительные размеры отдельных деталей, углы поворота, осевые размеры и т. д.

На основе этих данных разрабатывают (или подбирают по альбому) чертежи монтажных узлов и деталей, включаемые в состав монтажного проекта, который передают в ЦЗМ или РЗМ, где и выполняются заготовительные операции.

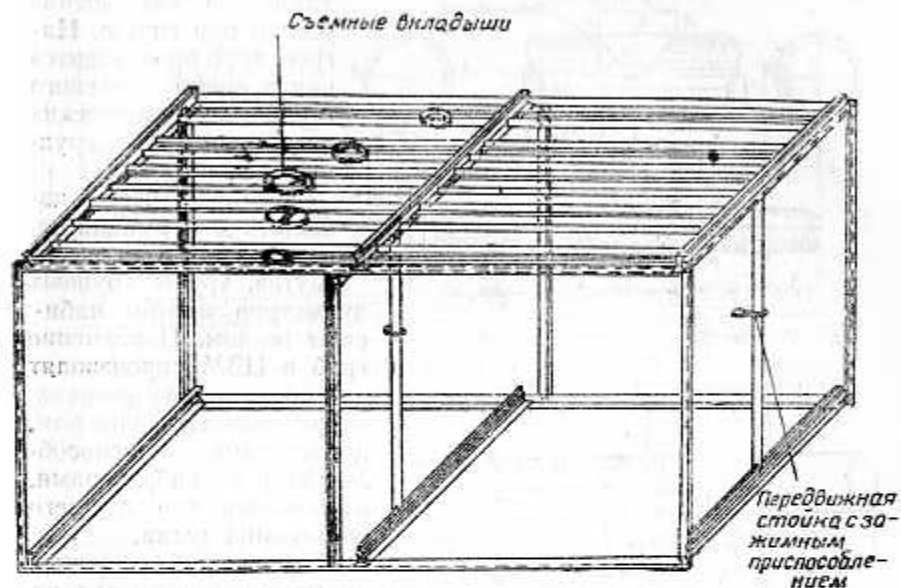


Рис. 170. Стенд для сборки узлов из канализационных труб

Основными операциями по заготовке монтажных узлов и деталей из стальных труб являются:

- 1) правка и разметка труб для подготовки их к дальнейшим производственным операциям;
- 2) резка труб, преимущественно газовая, для заготовки монтажных деталей и фасонных частей;
- 3) газовая вырезка отверстий и приварка патрубков, фланцев для ревизий, заглушек и т. д.;
- 4) изготовление сварных фасонных частей — тройников, отводов, ревизий, прочисток и т. д.;
- 5) сварка труб;
- 6) гнутье труб для придания им специальной формы в случае невозможности применения соответствующих сварных фасонных частей и т. д.;
- 7) сверление отверстий во фланцах;
- 8) испытание монтажных деталей и узлов.

Резка труб в ЦЗМ производится, как правило, механизированным способом: на труборезных приводных станках (ножевых, резцовых и дисковых).

Перед гнутьем стальных труб крупных диаметров (с которыми приходится иметь дело при монтаже внутренних водостоков) производится предварительный нагрев труб для понижения текучести металла и уменьшения усилия при гнутье. Нагрев труб производится при помощи дутьевого горна или термических печей для труб крупных диаметров.

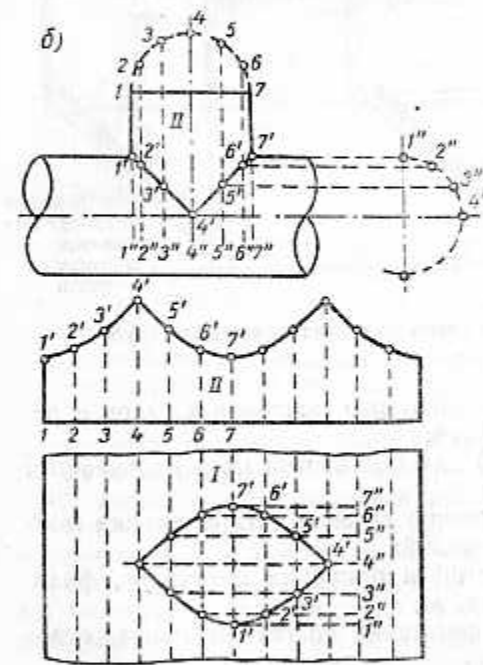
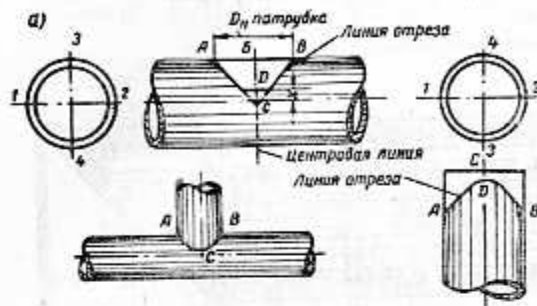


Рис. 171. Сварные фасонные части
а — разметка тройника; б — развертка шаблона тройника

электросварки. Достоинствами этого способа соединения являются его простота, отсутствие специальных фасонных частей, экономия времени и невысокая стоимость.

Предварительная заготовка узлов из чугунных труб в ЦЗМ значительно повышает степень механизации этих работ по срав-

нению со сборкой трубопроводов из отдельных фасонных частей. Резка в этом случае осуществляется обычно при помощи приводной дисковой пилы, что по сравнению с резкой труборезом и рубкой зубилом ускоряет процесс в 4—5 раз.

Для того чтобы избежать деформации сечения труб в процессе гнутья, трубы крупных диаметров плотно набивают песком. Наполнение труб в ЦЗМ производят на специальных вышках, оборудованных бункером, подъемными приспособлениями и вибраторами, служащими для лучшего уплотнения песка.

Гнутье труб крупных диаметров производят на специальных площадках. При монтаже внутренних водостоков более целесообразно применение готовых гнутых деталей: колен и отводов, свариваемых из отдельных секторов.

Общий вид сварных фасонных частей (тройников), их разметка и развертка шаблона показаны на рис. 171.

Соединение стальных труб и деталей крупных диаметров производится, как правило, при помощи

нению со сборкой трубопроводов из отдельных фасонных частей. Резка в этом случае осуществляется обычно при помощи приводной дисковой пилы, что по сравнению с резкой труборезом и рубкой зубилом ускоряет процесс в 4—5 раз.

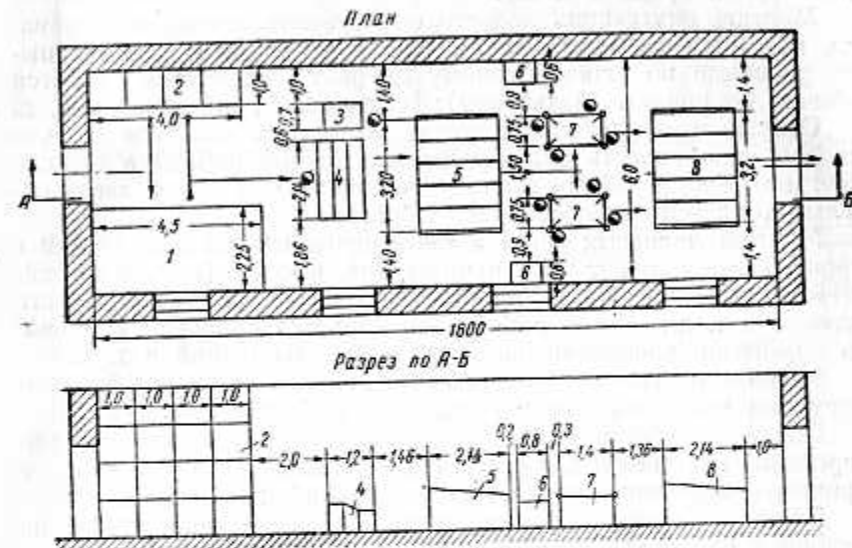


Рис. 172. Мастерская для заготовки узлов из канализационных труб

1 — склад канализационных труб; 2 — стеллаж для фасонных частей; 3 — дисковая пила; 4 — разметочный верстак; 5 — ячеистый стеллаж для комплектования труб и фасонных частей по стоякам; 6 — стол для прики и инструмента; 7 — верстак с четырьмя приспособлениями Козлова; 8 — ячеистый стеллаж для собранных узлов

Для заделки раструбов канализационных труб и фасонных частей применяется ряд стахановских приспособлений (т.т. Козлова, Локтюхова, Васильева и др.), облегчающих труд рабочих и повышающих качество стыковых соединений.

Заделка раструбов производится на верстаках специальной конструкции (чаще всего на верстаке конструкции Козлова), снабженных разъемными металлическими хомутами с гнездом по диаметру трубы, в котором закрепляют соединительные фасонные части.

Благодаря поворачивающимся зажимам заделку всех раструбов узла можно производить, не вынимая его из хомута.

Широко используются конопатки и чеканки уширенного типа. Эти приспособления обеспечивают захват почти $\frac{1}{4}$ окружности раструба, благодаря чему ускоряется процесс заделки.

План мастерской для централизованной заготовки узлов и деталей из чугунных канализационных труб показан на рис. 172.

Заготовленные в ЦЗМ монтажные узлы и детали маркируются и перед отправкой их на строительство подвергаются

испытанию (гидравлическому и пневматическому) для выявления дефектов и их устранения.

Вместе с монтажными деталями и узлами на строительство отправляют также необходимый вспомогательный материал (крепления, прядь и т. д.).

Монтаж внутренних водостоков осуществляется, как правило, поточным методом параллельно с основными строительными работами по совмещенному графику (плану) и ведется обычно по циклам (захваткам): посекционно, поэтажно и т. д.

Основным достоинством поточного метода является то, что он дает возможность производить монтажные работы в течение круглого года и обеспечивает равномерную загрузку заготовительных мастерских и сборочных бригад.

Монтаж ливневых сетей в промышленных зданиях связан с производством работ на значительной высоте (подвесные системы, отводящие линии от водосточных воронок, верхняя часть стояков и т. д.). Такие работы осложняются наличием кранового хозяйства, расположением других коммуникаций и т. д.

В связи с этим особое внимание должно быть уделено выбору рациональных методов подъема трубопроводов.

Подъем трубопроводов производится при помощи механизированных подъемных средств (талей, блоков, лебедок и др.) с прикреплением такелажных приспособлений к колоннам.

Поднятые трубы укладывают на заранее установленные на колоннах специальные опоры (кронштейны и др.), причем дополнительно устанавливают промежуточные крепления, расстояния между которыми (4—5 м) зависят от веса трубопровода.

Широкое применение в настоящее время получила укрупненная сборка монтажных звеньев стальных трубопроводов. Звенья собирают внизу и подают на высоту при помощи механизированных подъемных приспособлений (предложения становцев тт. Румянцева, Кочереженко и др.).

При применении этого метода значительно облегчается работа и повышается качество свариваемых стыков, большая часть которых осуществляется поворотной сваркой; потолочная сварка при этом сводится к минимуму.

Длина звеньев (секций) принимается в зависимости от диаметра (веса) трубопроводов, средств подъема, местных условий и в большинстве случаев не превышает 24—30 м. Небезинтересно отметить, что уже при этой длине вес трубопровода достигает значительной величины; так, секция из стальных труб диаметром 100 мм весит более 250 кг, а диаметром 200 мм—800 кг.

Монтаж трубопроводов на высоте показан на рис. 173 и 174.

Сварочные работы, крепление поднятых секций, а также прокладку отводящих линий и стояков производят обычно с подмостей, применяемых при производстве общестроительных работ; в тех случаях, когда использовать эти подмости невоз-

можно, устраивают специальные подмости (стационарные или передвижные).

Значительный интерес представляют передвижные вышки

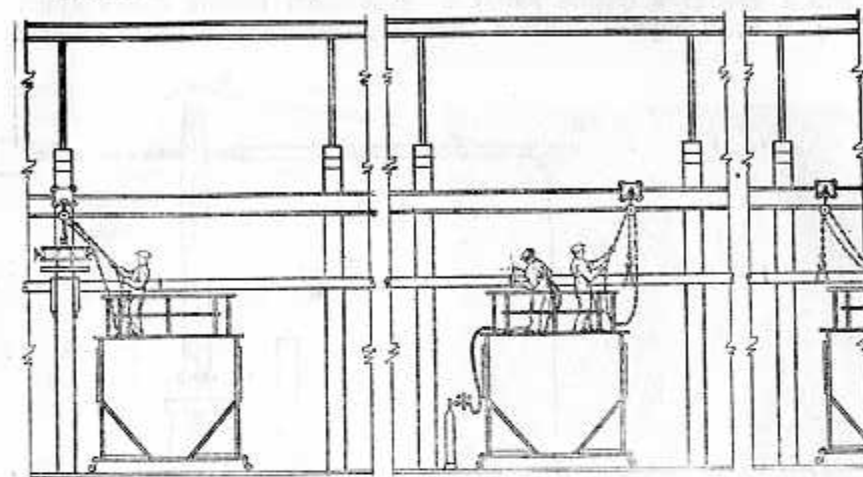


Рис. 173. Монтаж трубопроводов на высоте

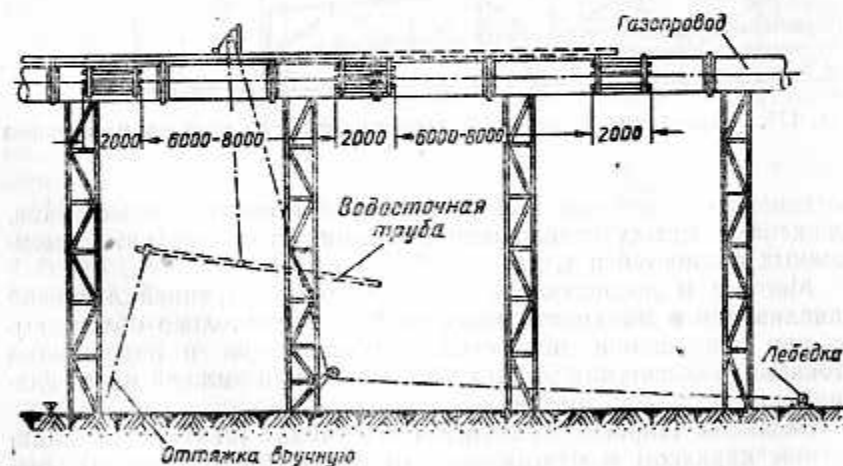


Рис. 174. Подъем трубопровода ручными лебедками

телескопической конструкции, смонтированные на автомашине.

Особое внимание при монтаже уделяют также вопросам комплексной механизации с использованием для подъема трубопроводов подъемных приспособлений, применяемых для других видов работ.

Подвесные линии внутренних водостоков в большинстве случаев монтируются непосредственно по фермам.

Наиболее рационален метод монтажа, при котором трубопровод крепят к ферме внизу и поднимают вместе с ней (рис. 175). В этом случае монтаж наверху сводится к сварке или к

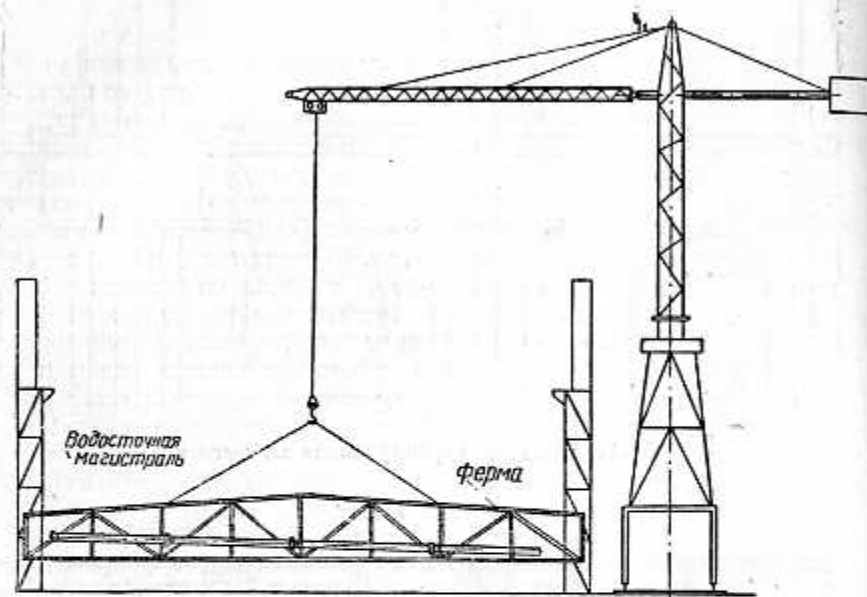


Рис. 175. Закрепление водосточной сети на ферме до подъема на колонны

соединению отдельных стыков и осуществляется с мостиков, уложенных между отдельными фермами, со специальных монтажных подмостей и т. д.

Монтаж и последующая эксплуатация внутренней ливневой канализации в монументальных зданиях значительно облегчаются при размещении подвесных трубопроводов и водосточных стояков в технических этажах (в верхней или нижней части здания) и монтажных шахтах.

Наиболее широкое применение получили шахты с металлическим каркасом и поэтажными отсеками (диафрагмами), выполняемыми с уклоном и оборудованными трубопроводом для отвода влаги из шахты.

Основным преимуществом такой прокладки является возможность производства монтажных работ параллельно с основными строительными работами.

Выполнение подготовительных общестроительных работ для монтажа, как правило, следует осуществлять при помощи механизированных инструментов (электродрели, пневмо- и элек-

тромаютки и т. д.), применение которых дает значительную экономию трудовых затрат и ускоряет темпы строительства.

Механизированный агрегат для сверления отверстий в фундаментах показан на рис. 176.

Заготовительные и монтажно-строительные работы следует производить с соблюдением требований техники безопасности и профилактических противопожарных мероприятий, предусмотренных специальным законодательством.

3. ИСПЫТАНИЕ И СДАЧА ЗАКОНЧЕННЫХ РАБОТ

Перед сдачей в эксплуатацию внутренних водостоков должны быть проведены испытание и приемка выполненных работ.

Действующие ТУ на производство и приемку общестроительных и специальных работ не содержат каких-либо указаний в отношении методов испытания внутренних водостоков. Ограничиваемся поэтому лишь некоторыми рекомендациями в этом отношении.

Из существующих в настоящее время способов испытания чугунных канализационных трубопроводов наибольшего внимания заслуживают:

- 1) испытание систем путем наполнения их водой на всю высоту на срок не менее 15 мин.;
- 2) гидравлическое испытание при величине пробного давления порядка 2 ат.

При большой высоте здания величина пробного давления должна быть увязана с величиной максимального давления в нижней части стояка при работе системы.

Выбор способа испытания должен производиться в зависимости от конструкции и материала подпольной сети, а также от допускаемого в ней напора.

Испытание внутренних водостоков из стальных и чугунных водопроводных труб следует производить гидравлическим давлением, причем при испытании подпольная сеть из каменно-керамических или бетонных труб должна быть отключена.

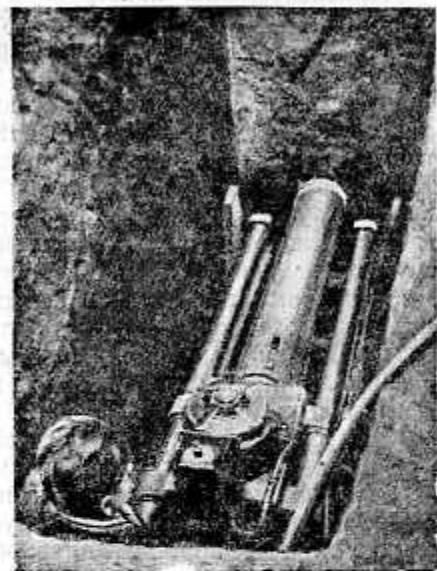


Рис. 176. Бурение отверстия в фундаменте

Для отключения при испытании отдельных участков трубопровода наряду с пробками и заглушками, устанавливаемыми на конце труб, применяют ряд приспособлений, из которых наибольшее распространение в нашей практике получили стахановские приспособления конструкции гг. Ершова, Маротулина и др.

Приспособление конструкции г. Маротулина представляет собой заглушку, устанавливаемую внутри трубопровода, в том месте, где требуется закрыть проход воды. Заглушка состоит из двух металлических дисков. Между дисками находится резиновое кольцо, диаметр которого немного больше диаметра дисков. При сближении последних резиновое кольцо увеличивается в диаметре и плотно прилегает к стенкам трубопровода, закрывая проход. Выпуск воды производится через пробочный кран и трубу диаметром 13 мм, соединенную с приспособлением.

Испытание подпольных сетей из керамических и бетонных труб производится в соответствии с действующими техническими условиями так же, как испытание дворовых сетей, с учетом возможного максимального давления в трубопроводе.

Особое внимание должно быть уделено герметичности подвесных линий в промышленных цехах и трубопроводов в монументальных зданиях.

При скрытой проводке сетей испытание их должно быть проведено до закрытия строительной конструкции.

При приемке внутренней ливневой канализации проверяется правильность прокладки трубопроводов, установки стояков и водосточных воронок, плавность закруглений, соответствие диаметров труб и уклонов принятым в проекте, правильность расположения смотровых колодцев, ревизий и прочисток, прочность креплений и заделки стыков.

Приемка производится на основе просмотра проектов и технической документации, осмотра системы в натуре и проверки качества монтажных работ и оборудования. О результатах приемки составляют акт, в котором оговариваются все дефекты, подлежащие устранению до передачи системы в эксплуатацию.

Глава XVIII

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВНУТРЕННИХ ВОДОСТОКОВ

Общие вопросы эксплуатации водосточков и организационные мероприятия в этой части изложены в главе X.

При использовании сетей ливневой канализации для отведения атмосферных осадков и условно чистых вод и строгом соблюдении действующих правил эксплуатации внутренних водосточков в теплое время года особых затруднений не вызывает. В этом случае необходим лишь периодический осмотр отдельных элементов.

Значительно осложняются задачи эксплуатации водосточков в зимний период, особенно в тех редких случаях, когда трубопроводы проложены в неотапливаемых помещениях (что, как правило, вообще не допускается).

К числу мероприятий по подготовке к эксплуатации в зимний период относятся: подготовка к обогреву стояков, выключение отдельных участков сети, утепление и т. д.

Утепление производят путем обертывания труб пергамином (или толем) и антисептированным войлоком в 2—3 слоя с обмазкой гудроном или же жгутами из пакли и мешковины с последующей окраской масляной краской.

Для лучшего утепления трубы заключают в коробки, засыпанные внутри опилками, причем в целях создания равномерной изоляции трубы располагают на дощатых подкладках. Короб предотвращает увлажнение опилок, отрицательно влияющее на изоляцию.

Утепление водосточных стояков в пределах чердака при крыше-террасе показано на рис. 177. В отдельных случаях, продиктованных местными условиями, выпуски подвесной системы водосточков устраивают выше уровня земли со сбросом воды в открытую сеть наружных водосточков (в кюветы и т. д.). Работа таких выпусков в зимнее время весьма осложняется (ввиду образования намерзания у устья и т. п.) даже в климатических условиях средней полосы. Поэтому такие выпуски на зимнее время должны быть выключены и утеплены с наружной стороны утепленными козырьками, матами и т. д.

При этом способе, как уже указывалось выше, на стояках для выключения их на зимний период устанавливаются задвижки, а талая вода сбрасывается в сеть хозяйственно-фекальной канализации по специально проложенной для этого сети.

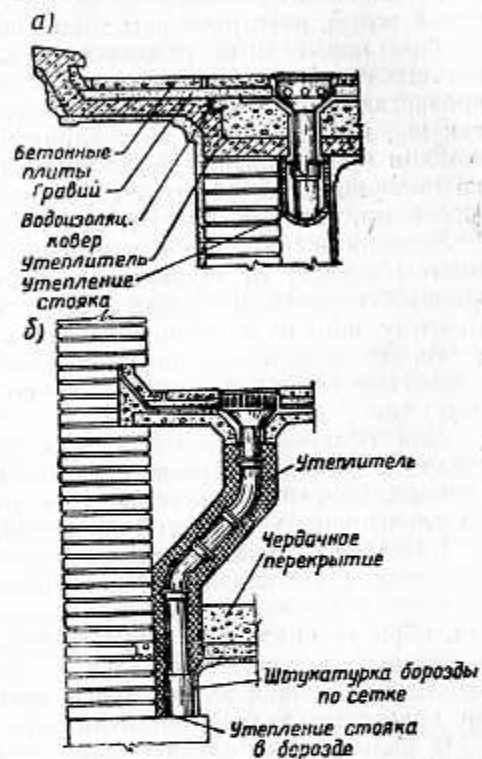


Рис. 177. Утепление стояков в пределах чердака

Отогревание замерзших внутренних водостоков производится различными средствами и приемами, в зависимости от местоположения замерзшего участка, его размеров, диаметра, конструктивных особенностей здания. К числу наиболее распространенных приемов относятся: оттаивание горячей водой, вводимой в трубопровод по напорному рукаву, тряпками, смоченными горячей водой, электрическим током 300—600 а и т. д.

При нормальных условиях эксплуатации засорение водосточных сетей происходит сравнительно редко. В таких случаях прочистка водосточных стояков и отводящих линий производится так же, как прочистка внутренних канализационных сетей (при помощи протаскивания через трубу проволоки и т. д.); прочистка подпольных сетей крупных диаметров производится теми же способами, которые приняты при прочистке наружных сетей.

Условия эксплуатации внутренней ливневой канализации во многом зависят от технического состояния и содержания водосточных воронок и прилегающих к ним участков покрытия. Поэтому наряду с очень тщательным выполнением работ по установке водосточных воронок и сопряжению их с кровельным покрытием особое внимание должно быть уделено содержанию покрытия и водосточных воронок в полной исправности.

Для облегчения условий эксплуатации должны быть составлены исполнительные чертежи с показанием сетей и отдельных элементов системы. На этих чертежах должны быть выделены участки скрытой проводки.

Как уже отмечалось выше, при рациональной конструкции покрытия и надлежащем тепловом режиме внутренние водостоки могут быть использованы для удаления с покрытий талых вод, образующихся при искусственном таянии снега.

Однако при всех отмеченных положительных особенностях работы внутренних водостоков в зимнее время (гл. XI) они все же полностью задачи снегоудаления не разрешают.

В большинстве случаев даже при бесчердачных покрытиях не удастся обойтись без дополнительной очистки крыши от снега (при завалах во время метелей, снегопадов и т. д.).

При выборе способа снегоудаления должна быть учтена возможность использования внутренних водостоков для удаления по ним талых вод.

Наиболее отвечают этому условию следующие способы снегоудаления:

- а) установка на крыше стационарных и передвижных снеготаялок;
- б) прокладка на покрытии нагревательных трубопроводов, (паровых, водяных и т. д.);
- в) непосредственный выпуск пара в снеговую толщу при помощи перфорированных труб (стационарных и переносных);
- г) подогрев покрытия изнутри нагретым воздухом и т. д.

Технико-экономическая оценка указанных способов снего-

удаления не входит в нашу задачу и является предметом специального рассмотрения.

Однако следует отметить, что при прокладке нагревательных трубопроводов на покрытие снег необходимо перебрасывать вручную. Между тем ручная очистка неэкономична; кроме того, ее применение при покрытиях с ломаным профилем связано с большими затруднениями.

При непосредственном растапливании снега паром, подаваемым по переносной перфорированной трубе или из брандспойта, пар используется неэффективно (значительная утечка вследствие подачи его сверху), кроме того, талая вода, просачиваясь через толщу снега, превращает его в ледяную массу.

Несколько лучше обстоит дело при укладке перфорированных труб на поверхности кровли, но и этот способ связан со значительным расходом пара и с необходимостью постоянного осаживания снега.

Ввиду указанных недостатков эти способы широкого распространения не получили.

При подогреве покрытия изнутри нагретым воздухом происходит такой же процесс, как при избыточных тепловыделениях на бесчердачных покрытиях.

Более целесообразной является установка на покрытии стационарных или передвижных снеготаялок¹. Ручной труд в данном случае применяется лишь при забрасывании снега и осаживании его в снеготаялке. При установке снеготаялок уменьшается опасность повреждения кровли. В связи с этим снеготаялки получили широкое применение в нашей практике.

Наряду со снеготаялками, устанавливаемыми на покрытии, проф. В. Д. Мачинский рекомендует устройство специальных, встроенных в конструкцию покрытия снеготаялок. Эти снеготаялки представляют собой цилиндрические железобетонные шахты диаметром 0,7—1 м, проходящие через покрытие внутрь здания и располагаемые обычно у колонн. Над шахтой устанавливается съемная решетка и под ней глухая крышка (двойная деревянная или изолированная металлическая). В шахтах монтируется спиральный паровой змеевик. Талая вода и конденсат отводятся в сеть внутренней ливневой канализации. Шахты снеготаялки располагают на расстоянии около 30—50 м друг от друга и на таком же расстоянии от края покрытия.

Строительство эксплуатируемых крыш-террас (спортплощадки, кафе и пр.) и устройство крыш-цветников с озеленением выдвигает ряд новых задач по эксплуатации и содержанию такого рода покрытий (размещение воронок, устройство поливочного водопровода, дренажа и т. д.).

¹ Следует отметить, что искусственное снеготаяние связано со значительными одновременными расходами тепла, поэтому на покрытиях значительной площади его целесообразно производить в возможно более длительные отрезки времени.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

СРЕДНЕГОДОВОЕ КОЛИЧЕСТВО ОСАДКОВ И ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ А и Б

(по данным государственного гидрологического комитета)¹

Название пункта	Среднегодовое количество осадков <i>H</i> в мм	Параметры	
		А	В
Ай-Петри	1 018	5,20	6,85
Аксай	445	—	—
Акмолинск	311	2,57	3,22
Актюбинск	281	—	—
Ак-Таш	878	2,60	3,61
Алма-Ата	557	3,25	3,21
Апшерон	180	—	—
Алушта	414	4,25	6,52
Ардатов	489	—	—
Арзамас	429,6	—	—
Амурская сельскохозяйственная опытная станция	458	4,30	3,98
Архангельск	475	2,59	2,84
Армавир	551	—	—
Астара	1 316	4,86	4,55
Астрахань	155,6	—	—
Аткарск, железнодорожная станция	412	4,50	3,64
Бабича	577	—	—
Байдары	549	2,37	6,40
Баку	253,3	—	—
Балашов, железнодорожная станция	417	3,58	3,38
Балахна	475	—	—
Барабинск	374	4,56	4,46
Барнаул	428	—	—
Батуми, Зеленый мыс	2 699	7,69	5,26
Бежецк	569	—	—
Безенчук	354	3,28	3,77
Бикин	613	4,45	3,45
Бира	672	4,85	3,95
Бирское опытное поле	639	4,40	4,00
Бирючья коса	155	3,50	4,16
Бобринская	509	3,34	3,18
Богородицкое	503	3,80	2,67

¹ Канд. техн. наук Л. Т. Абрамов, Новые формулы и номограммы для расчета ливневой сети промышленных предприятий и населенных мест, Стройиздат, 1949.

Название пункта	Среднегодовое количество осадков <i>H</i> в мм	Параметры	
		А	В
Бологое	616	3,62	2,93
Бомнак	534	3,03	3,38
Боровое лесничество	461	4,20	3,77
Бысса	607	4,28	3,08
Васильево	392	5,30	5,15
Витебск, железнодорожная станция	599	—	—
Волово	471	3,44	3,14
Вологда	523	3,28	2,90
Вознесенск, железнодорожная станция	407	—	—
Волочиск	568	5,40	4,82
Воронеж, университет	528	4,88	4,93
Воронеж, Сельскохозяйственный институт	487	—	—
Вытегра	556	—	—
Геничск, порт	312	3,96	4,35
Глобино	451	4,37	4,13
Гомель, железнодорожная станция	569	—	—
Гойтх	1 476	7,06	5,31
Горки	591	3,61	2,32
Городищенское лесничество	442	3,14	2,94
Горький	548	4,10	3,78
Грозный	489	(5,25)	(5,64)
Гурзуф	518	4,09	4,54
Дамбуки	—	3,40	3,18
Дербент	428	3,62	4,58
Джамбул	302	3,06	3,23
Днепропетровск	472	4,00	3,55
Драбов	471	3,74	3,86
Евгеньевка	—	4,14	4,65
Елизаветинский	426	3,03	3,06
Ефремов	483	—	—
Жданов (Марнуполь), порт	447	4,50	4,55
Жмеринка	480	4,10	3,36
Житомир	557	—	—
Завитая	558	5,12	4,07
Звенигород	639,2	—	—
Зилово	—	3,13	3,13
Знаменка	469	—	—
Иваново, опорная	593	3,26	2,96
Изюм	511	—	—
Иркутск	413	2,53	2,81
Ичня	469	3,92	3,57
Каменец-Подольск	572	4,46	3,84
Каменка	445	3,93	3,92
Камышин	323	—	—
Караби-Яйла	541	4,05	3,44
Каракол	423	2,33	2,59

Название пункта	Среднегодовое количество осадков <i>H</i> в мм	Параметры	
		A	B
Кашира	516	3,75	3,13
Киев	584	—	—
Киров, опорная	605	3,76	3,54
Кошотоп	550	3,85	3,18
Константиновка	460	5,48	4,75
Котельниково	386	—	—
Котовск (Бирзула)	466	(5,81)	(4,55)
Красноград (Константиновоград)	446	5,40	4,69
Крымский государственный запо- ведник	761	5,60	5,85
Купянск, железнодорожная станция	457	4,13	3,12
Курск	592	4,11	4,44
Куткашен	828	(4,80)	(3,08)
Лев Толстой	511	4,44	3,80
Ленинская	459	(5,00)	(4,20)
Ленинград, Лесотехническая ака- демия	635	3,56	3,00
Либани	803	3,86	3,61
Лиски	448	4,25	3,26
Лозовая	476	5,06	4,30
Луговая	474	2,42	3,07
Магдагачи	—	4,50	3,58
Макеевка	439	—	—
Майкоп	648	—	—
Махач-Кала	430	2,59	3,35
Минеральные воды, железнодорож- ная станция	452	6,25	6,25
Минск, опорная	650	4,50	3,40
Миньяр	680	3,28	2,98
Митрофановская	350	3,70	3,46
Мичуринск	484	5,08	3,83
Москва, Гидрометеорологический ин- ститут	598	4,50	3,86
Москва, обсерватория им. Михель- сона (бывш. Петровско-Разумов- ское)	587	4,32	3,28
Невинномысская	—	5,96	6,93
Никитинская	633	3,75	3,68
Николаевское	582	4,11	3,64
Новгород-Волынский	596	3,42	2,63
Новозыбков	574	2,62	2,83
Новосибирск	385	3,19	2,42
Облучье	631	5,33	4,08
Орша, железнодорожная станция	604	3,60	2,80
Остров	560	—	—
Ош	323	2,63	3,76
Песчаное	470	5,17	3,95
Пикан	—	4,55	3,96
Пильна	524	3,97	3,07

Название пункта	Среднегодовое количество осадков <i>H</i> в мм	Параметры	
		A	B
Покровка	348	2,33	2,59
Полтава, сельскохозяйственная опытная станция	508	4,82	3,29
Приднепровское	—	2,97	2,78
Ростов-на-Дону, гидрометеорологи- ческая станция	456	4,26	4,58
Ростов-на-Дону, опытная станция	—	4,65	4,45
Рубежное	508	4,40	3,11
Рубцовка	353	3,64	3,64
Ртищево	492	3,78	3,56
Ряжск	461	—	—
Саки	427	3,66	4,31
Салгирка	472	4,20	3,75
Самарканд	328	1,56	3,12
Самтредиа	1325	5,27	4,55
Сантахеца	—	3,99	4,45
Сарканд	439	2,84	2,03
Свердловск	442	3,16	3,12
Севан (Елеоновка)	565	(5,49)	(4,25)
Сегежа	496	2,74	2,32
Слауцк	600	3,45	2,47
Сочи, опытная станция	1399	6,72	5,56
Сталинград	611	3,67	3,79
Сталинград	342	3,02	2,62
Сталинск	475	4,57	4,05
Старая Русса, железнодорожная станция	536	3,96	2,85
Старый Крым	509	(5,85)	(5,51)
Сумы, опытная станция	558	3,59	3,52
Тайга	559	4,52	4,18
Ташкент, обсерватория	367	2,04	3,05
Тбилиси, обсерватория	510	4,10	3,39
Телави	818	5,40	4,55
Темрюк, порт	436	4,95	5,15
Тихорецкая	533	5,10	5,00
Троицк	340	3,20	3,78
Тургай-Кзыл-Орда	213	2,44	3,05
Узловая	509	3,65	3,70
Уланга	—	3,62	3,24
Ульяновск	405	—	—
Ульканы	—	3,94	3,42
Умань	499	—	—
Усть-Луга	571	3,73	2,83
Учан-Су	960	3,50	5,54
Уфа	572	—	—
Феодосийское лесничество	389	4,75	4,85

Продольные уклоны	Ширина проезжей части																						
	l-12 м									l-18 м													
	h-0,05			h-0,08			h-0,12			h-0,14			h-0,05			h-0,08			h-0,12			h-0,14	
I	Соответствующие поперечные уклоны	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q

Брусчатое покрытие

Минимальные значения	0,03	0,24	10,9	0,33	37,8	0,44	120	0,49	192	0,24	10,8	0,33	37,2	0,45	116	0,50	180
	0,003	0,31	14,1	0,43	48,8	0,56	154	0,63	248	0,31	14,0	0,43	48,0	0,58	149	0,64	232
	0,005	0,39	17,8	0,54	61,8	0,71	195	0,79	314	0,39	17,7	0,54	60,6	0,73	188	0,81	294
	0,008	0,44	19,9	0,60	69,2	0,79	218	0,89	350	0,44	19,8	0,61	67,8	0,82	210	0,91	330
	0,010																
Средние значения	0,02	0,51	27,4	0,71	111	0,98	434	1,13	907	0,51	27,4	0,72	106	1,00	372	1,12	612
	0,016	0,57	30,6	0,80	124	1,10	486	1,26	1014	0,57	30,6	0,81	119	1,11	416	1,25	684
	0,020	0,65	35,0	0,91	141	1,25	554	1,44	1156	0,65	35,0	0,92	136	1,27	476	1,43	780
	0,026	0,70	37,6	0,98	151	1,35	594	1,55	1242	0,70	37,6	0,99	146	1,36	510	1,53	838
	0,030																
Максимальные значения	0,02	0,75	40,6	1,06	164	1,45	642	1,67	1342	0,76	40,6	1,07	157	1,47	552	1,66	906
	0,035	0,80	43,4	1,13	175	1,55	686	1,79	1434	0,81	43,4	1,14	168	1,58	590	1,77	964
	0,040	0,90	48,6	1,26	196	1,74	778	2,00	1604	0,91	48,4	1,27	188	1,76	658	1,98	1082

Продольные уклоны	Ширина проезжей части																						
	l-12 м									l-18 м													
	h-0,05			h-0,08			h-0,12			h-0,14			h-0,05			h-0,08			h-0,12			h-0,14	
I	Соответствующие поперечные уклоны	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q

Булыжное покрытие

Минимальные значения	0,04	0,22	14,2	0,31	43,0	0,41	118	0,46	178	0,23	14,0	0,32	42,0	0,41	111	0,46	166
	0,003	0,29	18,3	0,41	55,6	0,54	153	0,59	230	0,29	18,1	0,41	54,0	0,53	143	0,60	214
	0,005	0,37	23,2	0,51	70,2	0,68	193	0,75	290	0,37	22,8	0,51	68,4	0,67	181	0,75	270
	0,008	0,41	26,0	0,57	78,6	0,76	216	0,84	324	0,41	25,6	0,58	76,4	0,75	202	0,84	302
	0,010																
Средние значения	0,035	0,52	35,6	0,71	108	0,95	306	1,05	470	0,51	34,4	0,72	105	0,95	288	1,06	430
	0,035	0,58	39,8	0,80	121	1,06	344	1,18	524	0,57	38,4	0,80	118	1,07	322	1,18	480
	0,026	0,66	45,4	0,91	138	1,21	392	1,34	598	0,65	43,8	0,92	134	1,22	366	1,35	548
	0,030	0,71	48,8	0,98	148	1,30	420	1,44	642	0,70	47,0	0,98	144	1,31	394	1,45	590
Максимальные значения	0,03	0,76	57,2	1,04	178	1,39	530	1,54	836	0,76	55,8	1,05	172	1,40	488	1,55	734
	0,035	0,81	61,0	1,11	190	1,48	568	1,65	892	0,81	59,6	1,12	184	1,49	520	1,66	786
	0,040	0,90	68,2	1,24	212	1,66	634	1,84	998	0,91	66,6	1,25	206	1,67	582	1,86	878

ПРИЛОЖЕНИЕ III
ДИАМЕТРЫ ВНУТРЕННИХ ВОДОСТОЧНЫХ СЕТЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНОМ СЛОЕ ОСАДКОВ

Расчетный слой осадков H в мм/час	Внутренний диаметр труб D в мм	Допускаемая площадь водосбора в м ² при уклоне труб i									
		0,003	0,005	0,007	0,008	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,040
50	75	—	—	—	—	90	110	120	140	150	170
	100	—	130	160	170	190	210	260	290	320	370
	125	180	240	280	300	340	410	470	530	580	670
	150	450	600	700	750	850	1 000	1 200	1 300	1 450	1 650
	200	1 300	1 650	2 000	2 100	2 350	2 900	3 350	3 750	4 100	4 750
	250	2 350	3 050	3 600	3 850	4 300	5 250	6 050	6 750	7 400	8 550
	300	3 800	4 950	5 850	6 250	6 950	8 550	9 850	11 000	12 050	13 950
	350	5 750	7 450	8 800	9 400	10 500	12 900	14 850	16 600	18 200	21 050
	400	8 250	10 600	12 550	13 400	15 000	18 400	21 200	23 750	26 000	30 000
	500	14 900	19 250	22 750	24 350	27 200	33 350	38 500	43 050	47 150	54 450
65	600	24 250	31 300	37 050	39 550	44 250	54 200	62 550	69 950	76 650	88 500
	75	—	—	—	—	70	80	90	100	110	130
	100	—	100	120	130	140	160	200	230	250	280
	125	140	180	210	230	260	320	360	400	440	510
	150	350	450	550	570	650	800	900	1 000	1 100	1 300
	200	1 000	1 300	1 500	1 600	1 800	2 200	2 550	2 850	3 150	3 600
	250	1 800	2 300	2 750	2 950	3 250	4 000	4 750	5 150	5 650	6 550

Продолжение приложения III

Расчетный слой осадков H в мм/час	Внутренний диаметр труб D в мм	Допускаемая площадь водосбора в м ² при уклоне труб i									
		0,003	0,005	0,007	0,008	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,040
65	300	2 900	3 750	4 450	4 750	5 300	6 500	7 550	8 400	9 200	10 650
	350	4 400	5 700	6 700	7 200	8 050	9 850	11 350	12 700	13 900	16 050
	400	6 300	8 100	9 600	10 250	11 450	14 050	16 200	18 150	19 850	22 950
	500	11 400	14 700	17 400	18 500	25 450	25 450	29 400	32 850	36 000	41 500
	600	18 500	23 900	28 300	30 200	41 400	41 400	47 800	53 450	58 550	67 600
	75	—	—	—	—	60	70	80	90	100	120
	100	—	90	100	110	130	140	180	200	220	250
	125	120	160	180	200	220	270	320	350	390	450
	150	300	400	470	500	570	700	800	900	950	1 100
	200	850	1 100	1 300	1 400	1 600	1 950	2 250	2 500	2 750	3 150
75	250	1 550	2 000	2 400	2 550	2 850	3 500	4 050	4 500	4 950	5 700
	300	2 550	3 300	3 900	4 150	4 650	5 700	6 550	7 350	8 050	9 300
	350	3 850	4 950	5 850	6 250	7 000	8 600	9 900	11 100	12 150	14 000
	400	5 550	7 050	8 350	8 950	10 000	12 250	14 150	15 800	17 350	20 000
	500	9 950	12 850	15 200	16 200	18 150	22 200	25 650	28 700	31 400	36 300
	600	16 150	20 850	24 790	26 350	29 500	36 150	41 700	46 650	51 100	59 000

ДИАМЕТРЫ ПОДВЕСНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ВНУТРЕННИХ ВОДОСТОКОВ ПРИ РАЗЛИЧНОМ РАСЧЕТНОМ СЛОЕ ОСАДКОВ

Расчетный слой осадков R в мм/час	Внутренний диаметр трубы D в мм	Допускаемая площадь водосбора в m^2 горизонтальной проекции при уклоне труб I									
		0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
50	100	260	290	310	330	350	370	530	640	740	830
50	125	480	520	570	600	640	670	960	1170	1350	1510
50	150	780	850	925	980	1040	1100	1550	1900	2200	2460
50	200	1650	1850	2000	2100	2250	2350	3350	4100	4750	5300
65	100	200	220	240	250	270	280	400	490	570	640
65	125	370	400	430	460	490	520	730	890	1030	1150
65	150	590	650	700	750	790	840	1180	1450	1680	1880
65	200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	2550	3150	3600	4050
75	100	180	190	210	220	230	250	350	430	500	560
75	125	320	350	380	400	430	450	640	780	900	1010
75	150	520	570	610	650	690	730	1030	1270	1460	1640
75	200	1100	1200	1300	1400	1500	1600	2250	2750	3150	3500

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Абрамов Л. Т., Новые формулы и номограммы для расчета ливневой сети промпредприятий и населенных мест, Госстройиздат, 1949.
- Академия Наук Союза ССР, Рихтер Г. Л., Снежный покров, его формирование и свойства, изд. Академии наук СССР, 1945.
- Бакутис В. Э., Городские подземные сети, изд. Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1950.
- Банников Н. И., Метод проектирования генерального плана промышленного предприятия завода, Госстройиздат, 1938.
- Белов Н. Н., Новейшие методы расчета дождевой канализации; Всесоюзное научное инженерно-техническое общество водоснабжения и санитарной техники, Сборник трудов канализационного сектора, к V Всесоюзному водопроводному съезду, Госстройиздат, 1934.
- Белов Н. Н., Расчет дождевой канализационной сети, изд. НКВД, 1931.
- Ботук Б. О., Определение времени поверхностной концентрации при расчете дождевой сети в условиях соцгорода, «Водоснабжение и санитарная техника» № 1, 1936.
- Горбачев П. Ф., О расчете дождевых водостоков, Труды XII Всероссийского водопроводного и санитарно-технического съезда, 1925.
- Горбачев П. Ф., Методы расчета ливневого стока, изд. «Власть Советов», 1937.
- Гусев Л. М., Специальный автотранспорт для очистки канализационных колодез и выгребов, изд. Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1949.
- Демидов Л. Г. и Шигорин Г. Г., Канализация, ч. I, изд. Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1949.
- Доброхотов Н. Д., Канализационная сеть, изд. Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1949.
- Журавлев Б. А. и Лисицын С. Н., Индустриализация работ по монтажу стальных трубопроводов промышленного назначения, Госстройиздат, 1950.
- Зак Г. Л., Водостоки, ОНТИ-НКТП, Сектор стандартов и литературы по стандартизации, 1937.
- Замарин Е. А., Транспортирующая способность и допускаемые скорости течения в каналах, Госстройиздат, 1951.
- Кедролыванский В. М., Метеорологические приборы, ОНТИ, 1937.
- Комитет по делам архитектуры при Совете Министров СССР, Техническое управление. Временные технические условия на проектирование водоснабжения и канализации многоэтажных зданий в Москве. ВТУ-101-48, Государственное архитектурное издательство, 1949.
- Лебедев В. В., Формулы, зависимости интенсивности ливней от их продолжительности и повторяемости, «Водоснабжение и санитарная техника» № 6, 1940.

Мачинский В. Д., Теплотехнические основы строительства, Госстройиздат, 1949.

Министерство коммунального хозяйства РСФСР, Главное дорожно-мостовое управление. Технические условия и правила содержания и текущего ремонта городских улиц, водостоков и набережных, изд. Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1947.

Монес И. М., Производство строительного-монтажных работ по водоснабжению и канализации, Госстройиздат, 1950.

Молоков М. В., Методы определения интенсивности при расчете дождевых канализаций, Сборник работ, ЛНИИКХ, 1949.

Надысев В. С., Расчет дождевых и общесплавных канализаций по методу «критических приливных площадей», изд. Государственного республиканского треста по изысканию и проектированию городских водопроводов, канализации, бань и прачечных Госводоканализпроект, Ленинградское отделение, Ленинград, 1949.

Народный комиссариат по строительству СССР, Техническое управление, Инструкция по проектированию внутренних водостоков в промышленных и гражданских зданиях, Госстройиздат, 1941.

Оболенский В. Н., Краткий курс метеорологии, ОНТИ, 1932.

Под общ. ред. В. Ф. Иванова, Канализация населенных мест, ОНТИ, 1935.

Под ред. П. С. Белова, Канализация промышленных предприятий и населенных мест, ч. I, Канализационная сеть, Госстройиздат, 1944.

Протоdjяконов М. М., Теория стока поверхностных вод, Трансжелдориздат, 1932.

Серк Л. А., Варгазин Б. Н., Карташев К. Н., под редакцией Л. А. Серка, Архитектура гражданских и промышленных зданий, т. III, Общественные и промышленные здания и их архитектурные конструкции, Госстройиздат, 1949.

Скобло Я. А., Опыт индустриализации санитарно-технических работ в жилищном и промышленном строительстве, Госстройиздат, 1951.

Страментов А. Е., Городские дороги, изд. Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1950.

Сурип А. А., Учет емкости сети при расчете дождевой канализации, «Коммунальное дело» № 5, 1936.

Тронов И. П. и Лисицын С. Н., Индустриализация и механизация работ по теплоснабжению, отоплению, вентиляции, внутреннему водопроводу и канализации, Госстройиздат, 1950.

Швецов Е. Д., Наружные водостоки, Госстройиздат, 1934.

Ширин П. К., Строительство подземных трубопроводов, Госстройиздат, 1951.

Шишкин З. Н., Канализация, Госстройиздат, 1946.

Шишкин З. Н., Карелин Я. Л., Колобанов С. К., Яковлев С. В., Зак Г. Л., под ред. проф. А. И. Жукова, Канализация, Госстройиздат, 1951.

Шнееров А. И., Спышнов П. А., Свешников И. П., Санитарно-техническое оборудование зданий, Госстройиздат, 1949.

Шнееров А. И., Внутренние водостоки, Госстройиздат, 1934.

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
Предисловие	3
Введение	5
1. Назначение и задачи ливневой канализации	5
2. Краткий исторический обзор развития ливневой канализации	7
3. Разработка научных основ ливневой канализации	11
<i>Раздел первый</i>	
Наружные системы ливневой канализации (наружные водостоки)	
Глава I. Основные сведения	15
1. Системы канализации	15
2. Основные виды и элементы наружной ливневой канализации	20
Глава II. Атмосферные осадки и воды, принимаемые ливневой канализацией	28
1. Основные метеорологические сведения	28
2. Приборы для измерения количества атмосферных осадков	30
3. Стоки, принимаемые сетью ливневой канализации	33
Глава III. Гидрометеорологические основы расчета ливневой канализации	35
1. Основные понятия	35
2. Гидрометеорологические параметры дождя (интенсивность, продолжительность, повторяемость)	37
3. Период однократного превышения расчетных интенсивностей и переполнения сети	40
4. Исходные параметры, применяемые при расчете по способу предельных интенсивностей (сила дождя, климатическая постоянная)	43
5. Обработка и расшифровка метеорологических данных	47
6. Коэффициент стока	52
7. Поверхностная концентрация ливневого стока и критическая продолжительность ливней	58
8. Методы и формулы, применяемые при расчете ливневой канализации	65
Глава IV. Основные принципы проектирования ливневой канализации	90
Глава V. Гидравлический расчет ливневой сети	103
1. Основные принципы расчета	103
2. Расчет самотечной ливневой сети	106

3. Расчет ливневой сети при напорном режиме работы	115
4. Основные принципы расчета сети общесплавной канализации	125
Глава VI. Сеть наружной ливневой канализации	130
1. Общие требования, предъявляемые к материалу и конструкции ливневых сетей	130
2. Трубы и каналы	131
3. Устройство оснований	140
4. Соединение труб и заделка стыков	142
5. Гидроизоляция и антикоррозийная защита трубопроводов	144
6. Устройство ливневой сети в особых природных условиях	146
7. Сеть открытых водостоков	147
Глава VII. Сооружения на сети ливневой канализации	152
1. Смотровые колодцы и соединительные камеры	152
2. Ливнеприемники	161
3. Устройство ливневой сети при пересечении с коммуникациями и инженерными сооружениями	174
4. Выпуски	176
5. Перепады и быстротоки	179
6. Ливневые выпуски и ливнеотводные каналы (при общесплавной системе канализации)	183
7. Соединительные камеры в полураздельной системе канализации	185
8. Станции перекачки и уравнильные резервуары	186
Глава VIII. Организация проектирования	190
1. Основные принципы	190
2. Стадии проектирования и содержание проектных материалов	191
3. Материалы изысканий	194
Глава IX. Основные вопросы организации и производства работ	196
1. Общие требования	196
2. Основные виды работ	199
3. Сдача и приемка работ	217
Глава X. Эксплуатация наружных систем ливневой канализации	219
1. Задачи и организация эксплуатации ливневых систем	219
2. Очистка ливневых сетей	221
3. Прием дренажных вод	225
4. Гидросплав снега	227

Раздел второй

**Внутренние системы ливневой канализации
(внутренние водостоки)**

Глава XI. Назначение и задачи внутренней ливневой канализации	233
1. Область применения внутренних водостоков	233
2. Виды покрытий с внутренними водостоками	—
3. Работа внутренних водостоков в зимнее время	236
Глава XII. Системы внутренних водостоков	243
1. Основные элементы внутренних водостоков	243
2. Основные схемы внутренних водостоков	246
3. Трассировка внутренних сетей ливневой канализации	249
Глава XIII. Водосточные воронки	251
1. Основные требования к конструкции воронок	251
2. Различные виды водосточных воронок и их установка	253

Глава XIV. Сеть внутренней ливневой канализации	264
1. Отводящие трубы и подвесные линии	264
2. Водосточные стояки	266
3. Подпольная сеть труб и каналов	271
4. Смотровые колодцы и прочистки	275
Глава XV. Расчет сети внутренней ливневой канализации	282
1. Расчет внутренних сетей по часовому слою осадков и площади водосбора	282
2. Применение для расчета внутренних водостоков способа предельных интенсивностей	286
Глава XVI. Проектно-техническая документация	290
Глава XVII. Организация и промышленные методы производства работ по устройству внутренних водостоков	294
1. Разработка проектов организации монтажных работ	294
2. Организация и производство заготовительных и монтажно-сборочных работ	295
3. Испытание и сдача законченных работ	303
Глава XVIII. Эксплуатация внутренних водостоков	304
Приложения	308
Основная литература	319

Редактор издательства А. П. Смирнова
Художник Е. А. Ганнушкин
Технические редакторы: В. С. Дакнов, М. Н. Персон

* * *

Подписано к печати 24.III-1953 г. Т-00131
Бум. 60×92/16—10,38 бум. л.—20,25 печ. л.
+ 2 вклейки — 0,5 п. л. (20,8 уч.-изд. л.).
Изд. № VI-8397. Заказ № 1219.
Тираж 6 000 экз. Цена 10 р. 40 к. Переплет 1 р.

* * *

Типография № 1 Государственного издательства литературы по строительству и архитектуре г. Владимир

О П Е Ч А Т К И

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать	По вине
30	1 снизу	линейки	лейки	Типографии
39	II сверху	1 мм/мин	0,1 мм/мин	Автора
57	Табл. 13, гр. 4.	0,0065	0,065	"
101	10 сверху	15	1,5	Типографии
101	10 "	сверных	северных	"
101	11 "	более	более'	"
107	1 "	канд.	акад.	"
107	2 снизу	Канд.	Акад.	"
		87	87	
108	2 сверху	$1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}$	$1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}$	"
126	17 снизу	Q_{\max}	Q_{\min}	Автора
131	5 сверху	сооружений	соображений	Корректора и автора
164	13 "	ливнеприемниками	ливнеприемники	Типографии
168	Рис. 81	перевернут		"
193	13 снизу	в виде	в две	"
230	3 сверху	ккал/час	ккал/кг	Автора
298	3 и 4 "	понижения	повышения	"

Зак. 1219

от Ладожского
узла

Александр

28.01.092.