

# *Высотные сооружения*

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Высотными называют сооружения, высота которых намного превышает их размеры в плане. Это большой класс сооружений разнообразных по назначению и конструктивной форме.

### По характеру статической работы



#### Башни

- работают как консоли, заделанные в основании,

#### Мачты,

- представляют собой ствол, поддерживаемый оттяжками и работающий как балка на упругих опорах.

Высотные сооружения могут быть отдельно стоящими (телевизионные опоры, буровые вышки, водонапорные башни и др.) или входить в систему совместно работающих опор, связанных между собой канатами, проводами, пролетными строениями (опоры воздушных линий электропередачи, опоры проволочных антенн, опоры канатных дорог и т.п.).

## АНТЕННЫ

Электромагнитные колебания высокой частоты свободно распространяются в пространстве со скоростью порядка 300 тыс. км в секунду. Это свойство используется человеком для обмена информацией (радио, телевидение, связь), обнаружения объектов (радиолокация), управления движением летательных аппаратов и судов (радионавигация), изучения космических объектов (радиоастрономия). Преобразование энергии электромагнитных колебаний из цепей радиотехнического устройства в энергию излучаемых радиоволн осуществляется с помощью передающих антенн. Для обратных преобразований используют приемные антенны. Формы, размеры и конструкции антенн зависят от их назначения и длины радиоволн. Применяются антенны в виде отрезка провода, комбинаций таких отрезков, спиралей, отражающих металлических зеркал различной конфигурации, полостей с металлическими стенками, в которых вырезаны щели и др. Современные передающие антенны представляют собой достаточно сложные устройства, при характерных размерах (по высоте и протяженности) порядка 50...500 м их деформации ограничены весьма малыми величинами

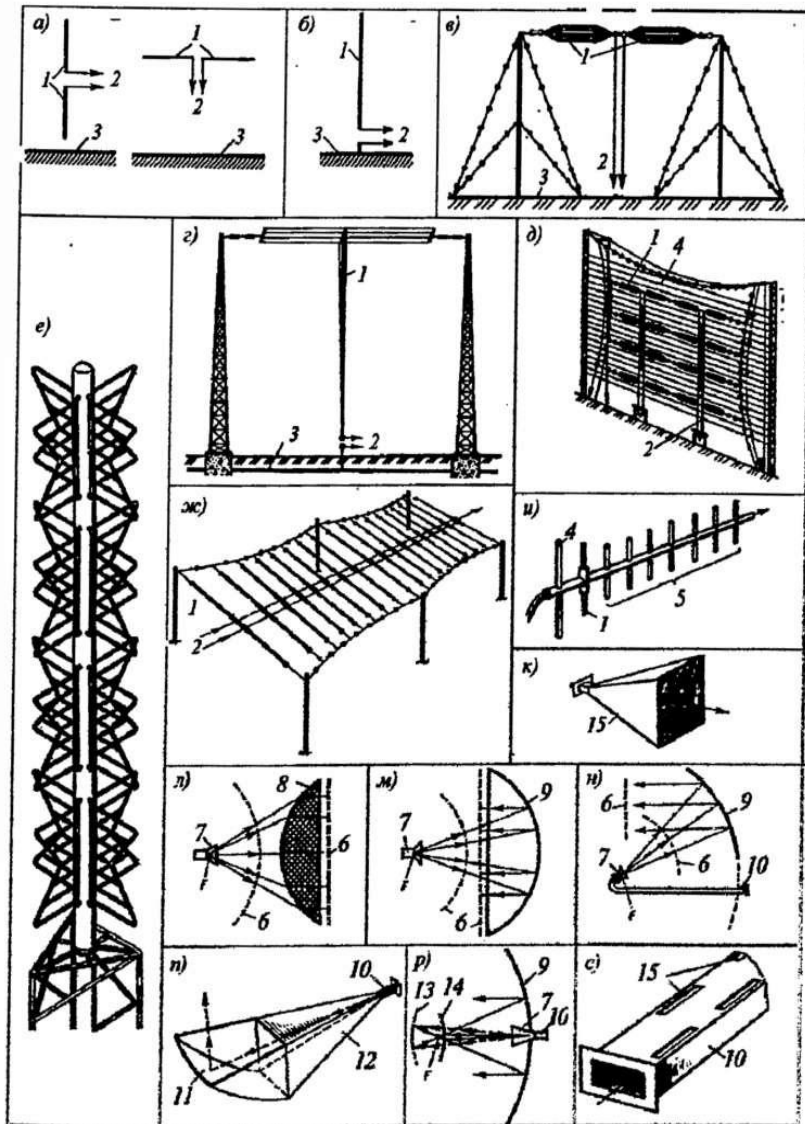


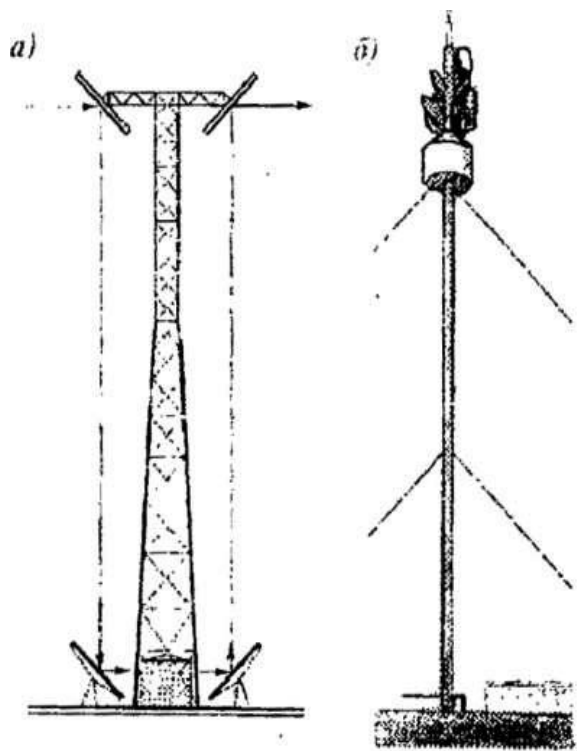
Рис. 7.1. Типы антенн:

а — вибратор Герца; б — несимметричный вибратор; в — диполь Надеженко; г — Т-образная; д — син-  
 фазная; е — турникетная; ж — бегущей волны; з — волновой канал; и — рупорная; л — линзовая;  
 м — параболическая; н — то же с выносным облучателем; о — рупорно-параболическая; п — двухзер-  
 кальная; р — волноводная шелевая

Простейшей антенной является вибратор (диполь) Герца (рис.7.1, а), представляющий собой разрезанный на две части металлический стержень 1, в разрыв которого включаются провода 2 от генератора (приемника) высокочастотных электрических колебаний. Рассмотренный тип вибратора называют симметричным. Применяют также несимметричный (относительно точки подвода энергии) вибратор (рис.7.1, б), представляющий собой длинный вертикальный стержень 1, между нижним концом которого и заземлением 3 включают передатчик или приемник. Вертикальный несимметричный вибратор в виде изолированной от земли антенны-башни или антенны-мачты широко применяют для передачи длинных и средних волн.

## Радиорелейные линии

Для передачи телефонных, телеграфных и телевизионных сигналов на большие расстояния используют дециметровые и сантиметровые волны, поскольку в этих диапазонах возможна одновременная работа большого числа радиопередатчиков с шириной спектра сигналов до нескольких десятков МГц, низок уровень атмосферных и промышленных помех, возможно применение остронаправленных антенн. Вместе с тем такие волны не огибают землю и не отражаются от ионосферы, поэтому их можно передавать только на расстояния прямой видимости, не закрытые искривленной поверхностью земли.



Это вызывает необходимость ретрансляции сигнала путем создания сети приемно-передающих устройств, каждое из которых принимает сигнал от соседнего устройства (ретранслятора), усиливает его и передает к следующему. Для того чтобы расстояние между ретрансляторами было как можно больше, их антенны устанавливают на башнях или мачтах высотой 70...120 м. На равнинной местности этим высотам соответствуют расстояния 40...50 км. Линии радиорелейной связи разделяют на линии большой емкости (магистральные), средней емкости (зоновые, малоканальные) для связи на железнодорожном транспорте, нефтепроводах, газопроводах, а также малоканальные линии связи с подвижными станциями, используемые в военных целях.

Рис. 7.10. Опоры радиорелейных линий

## Телевизионные опоры

Для передачи телевизионных программ используют метровый и дециметровый диапазоны, поэтому сами антенны имеют небольшие размеры, но устанавливать их приходится на большой высоте с целью охвата значительных территорий. В антенне обычно используют группы симметричных вибраторов. В начальный период развития телевидения в нашей стране для установки телевизионных антенн использовали башни, ранее построенные для других целей, или возводились новые по проектам, разработанным для коротковолновых синфазных антенн.

Начиная с 1950 г. на телевизионных опорах, кроме турникетных антенн высотой 12 м, стали устанавливать антенны УКВ ЧМ вещания, располагаемые на призматической этажерке квадратной формы в плане. Для этой цели были разработаны специальные типовые проекты (рис. 7.14), позволяющие возводить такие опоры высотой 100, 124, 148 и 180 м в разных ветровых районах.

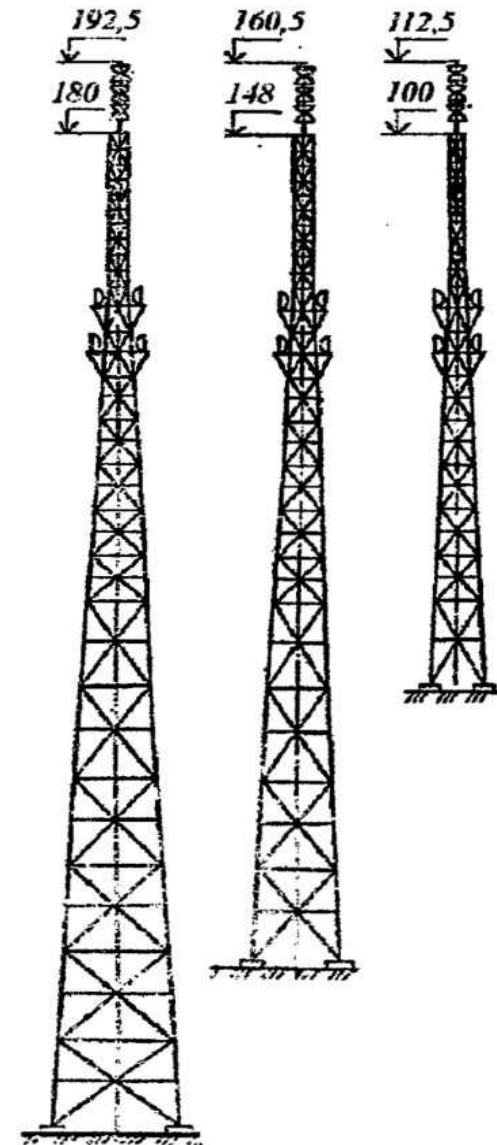


Рис. 7.14. Типовые телевизионные башни

По мере развития телевидения, увеличения числа каналов телепередач и совершенствования систем ЧМ связи усложнялись конструкции антенн. Современная антенная этажерка занимает по высоте более 100 м. Кроме того, по высоте башни (мачты) располагаются площадки для крепления радиорелейной аппаратуры, а иногда — смотровые площадки и закрытые помещения для технического обслуживания, экскурсий и т.п. Телевизионные опоры часто являются украшением города, поэтому к ним предъявляют высокие архитектурно-художественные требования.

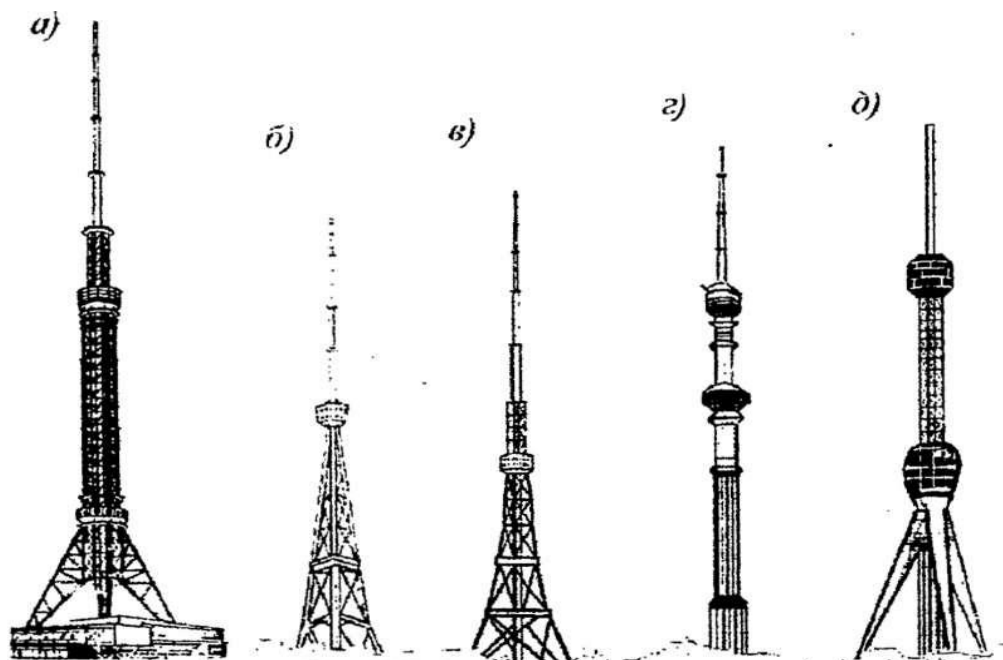


Рис. 7.15. Телевизионные опоры:

а — в Киеве; б — в Тбилиси; в — в Ереване; г — в Алма-Ате; д — в Ташкенте

## Антенны космической связи и радиотелескопы

Антенны космической связи используют для связи с летательными аппаратами, находящимися в пределах околоземной зоны, для трансляции телевизионных программ и другой информации через спутники, а также для исследования солнечной системы и Вселенной. В зависимости от назначения конструктивные схемы таких антенн можно объединить в три класса.

### Полноповоротные

С помощью полноповоротной антенны можно связаться с любой точкой небосвода, видимой в данный момент из географического места установки антенны. Полноповоротные антенны, в свою очередь, делят на параболические, двухзеркальные и с сопряженными отражающими поверхностями.

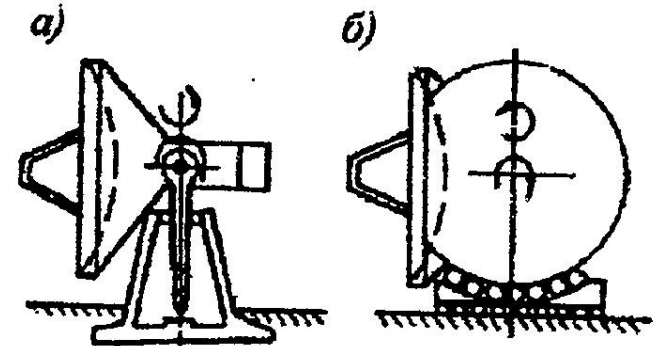


Рис. 7.16. Схемы полноповоротных антенн:

Антенны, вращающиеся по углу места     а — башенная; б — катковая

Позволяют наблюдать лишь объекты, расположенные в данный момент времени в видимой части меридиональной плоскости. Для поворота антенны в другом направлении используют вращение земли относительно собственной оси.

### Стационарно установленные на земле антенны

В каждый момент времени направлены в одну зону небосвода, которая с течением времени перемещается вследствие вращения земли вокруг солнца и собственной оси. Такие антенны не пригодны для сопровождения движущихся объектов, их используют только для исследований Вселенной.



# ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТРУБЫ

## **Общая характеристика**

Промышленные трубы являются неотъемлемой частью предприятий металлургической, химической и других отраслей промышленности. Вначале они служили только для создания тяги, обеспечивающей нужный режим горения, что позволяло ограничиваться трубами малой высоты. Позднее возникла необходимость в отборе тепла для использования его в других целях и защите окружающей среды от выноса в атмосферу вредных промышленных отходов. Для охраны природы стали использовать вынос предварительно очищенных газов из производственной зоны на большую высоту с тем, чтобы рассеять их на значительную площадь и тем самым снизить концентрацию до безопасного уровня.

### **По технологическому назначению**



#### Вытяжные

Отводят прошедшие очистку газовые и газозвудушные смеси малой агрессивности с влажностью более 80% при невысокой температуре.



#### Дымовые

Отводят газозвудушные смеси, содержащие сажу, золу, пыль и продукты окисления перерабатываемого сырья. Влажность смесей не более 60%, температура 100...500°C.

## По конструктивному решению



### Свободно стоящие трубы

Представляют собой башню в виде стальной цилиндрической оболочки, сочетающей в себе несущие (инженерные) и ограждающие (технологические) функции. Иногда свободно стоящие трубы проектируют из верхней цилиндрической части и нижней — конической.

### Подкрепленные трубы

Ствол подкрепленных труб раскрепляют оттяжками или жесткими подкосами.

### Вытяжные башни

В вытяжных башнях четко разделены инженерные и технологические функции между несущей башней и газоотводящим стволом

## Вытяжные башни

Вытяжная башня состоит из несущей обычно решетчатой конструкции и одного или нескольких газоотводящих стволов. Понятно, что вытяжная башня может быть использована в качестве дымовой трубы, что становится эффективным при высоте более 120...150 м.

Наибольшее распространение получили башни с одним газоотводящим стволом (рис. 8.1).

Но когда технология производства требует параллельного отвода газов из нескольких агрегатов, в одной башне может быть размещено несколько газоотводящих стволов.

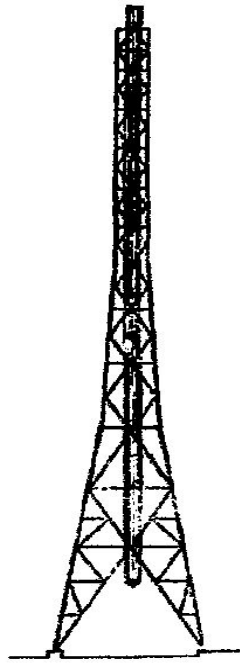


Рис. 8.1. Вытяжная башня с одним газоотводящим стволом

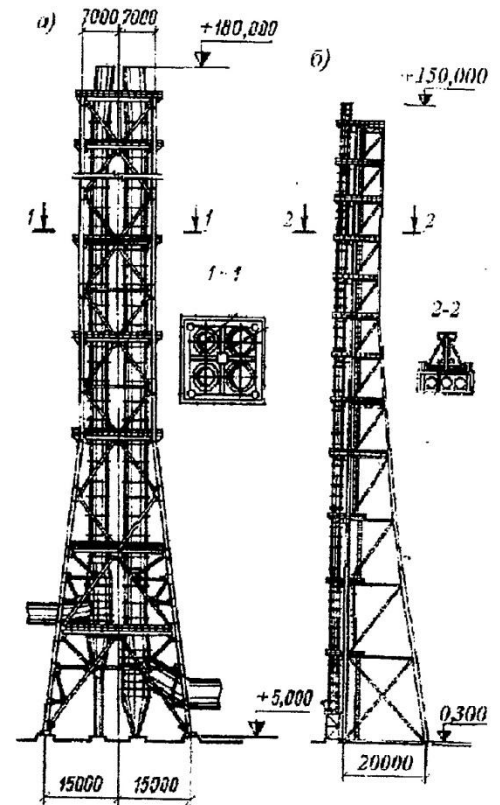


Рис. 8.2. Вытяжные башни с тремя газоотводящими стволами

Интенсификация промышленного производства связана с увеличением объемов и степени концентрации вредных выбросов. Несмотря на постоянное совершенствование очистных сооружений пока еще не удастся добиться их вполне эффективной работы, поэтому иногда требуется обеспечить выброс в атмосферу больших объемов прошедших очистку газов на высоте 250...500 м и более. Увеличение количества газоотводящих стволов и их высоты может привести к экономической целесообразности увеличения количества граней несущей башни, что позволит более удобно разместить газоотводящие стволы и уменьшить расчетные длины элементов башни.

Газоотводящий ствол передает на несущую башню вертикальные и горизонтальные силы. Применяемые схемы опирания газоотводящего ствола на несущую башню, как правило, предусматривают отдельную передачу вертикальных и горизонтальных силовых воздействий.

Горизонтальные силы возникают от ветрового напора и при сейсмических явлениях. На несущую башню эти силы передаются в местах расположения диафрагм.

Вертикальные силы возникают от веса ствола, теплоизоляции, коррозионной защиты, а также от веса конденсата, пыли и других отложений на его стенках. Эти силы желательно передавать на отдельный фундамент, не связанный с фундаментами несущей башни.

Способ опирания зависит от уровня расположения газоходов. При сравнительно небольших отметках газоходов газоотводящий ствол опирают на отдельный фундамент непосредственно (рис. 8.7, а) или через решетчатую опору (рис. 8.7, б). Если ввод газохода расположен сравнительно высоко, то газоотводящий ствол опирают на одну из нижних диафрагм башни (рис. 8,7, в).

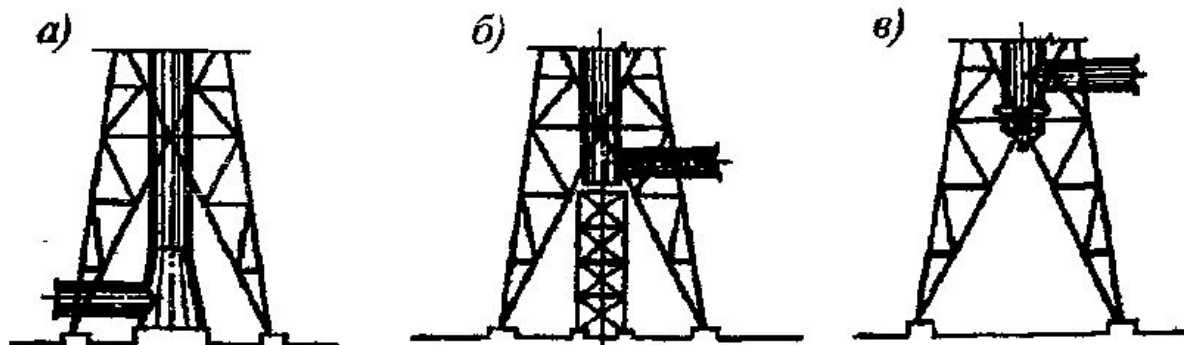


Рис. 8.7. Схемы опирания газоотводящего ствола

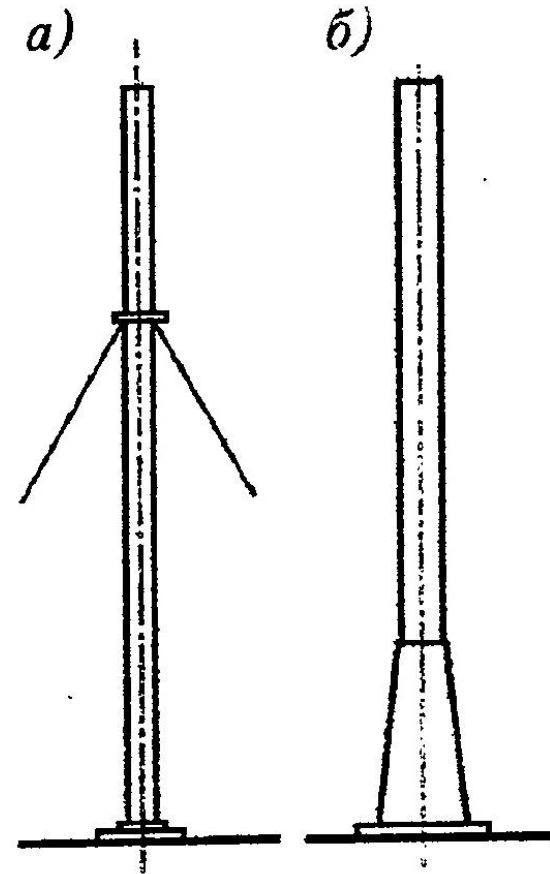
## Дымовые трубы

Высота стальных дымовых труб составляет от 10 до 120 м, диаметр ствола — от 0,3 до 4 м. Обычно применяют свободностоящие трубы. При малых диаметрах и больших высотах стальные трубы рекомендуется проектировать на оттяжках. Диаметр трубы и ее высоту определяют теплотехническим расчетом с учетом экологических требований. Расчаленные трубы (трубы на оттяжках) делают цилиндрическими (рис. 8.20, а), их диаметр изменяется от 30 до 70 см, толщина стенок — от 4 до 8 мм.

Свободностоящие трубы обычно имеют переменное сечение: нижнюю часть их выполняют конической, верхнюю — цилиндрической (рис. 8.20, б).

Дымовую трубу изготавливают из листов толщиной 8...18 мм секциями длиной 4,5...8 м, соединяемыми при монтаже с помощью сварки.

Для защиты внутренней стороны оболочки (кожуха) трубы от коррозии под действием дымовых газов и теплоизоляции газов от наружного воздуха устраивают защиту из огнеупорного кирпича.



**Рис. 8.20. Типы дымовых труб**

Цилиндрические секции трубы обычно габаритны, их изготавливают на заводе стальных конструкций. Коническая часть высокой трубы негабаритна, ее сваривают на месте установки из заранее свальцованных листов. Для усиления верхнего конца трубы и защиты футеровки от атмосферных осадков устраивают верхнее окаймляющее кольцо (рис. 8.22, а).

Коническую часть трубы устанавливают на опорную плиту толщиной 20..40 мм и приваривают к ней (рис. 8.22, б). Плиту прикрепляют к фундаменту анкерными болтами диаметром 24..48 мм.

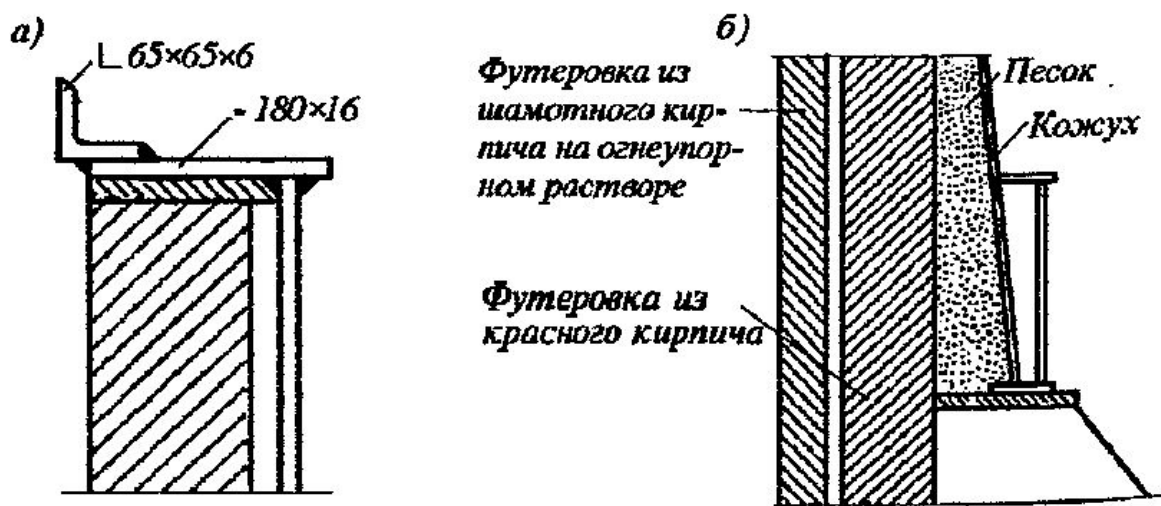
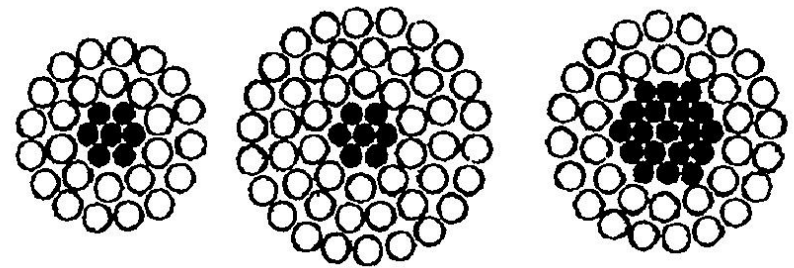


Рис. 8.22. Конструктивное оформление дымовых труб

## СТАЛЬНЫЕ ОПОРЫ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

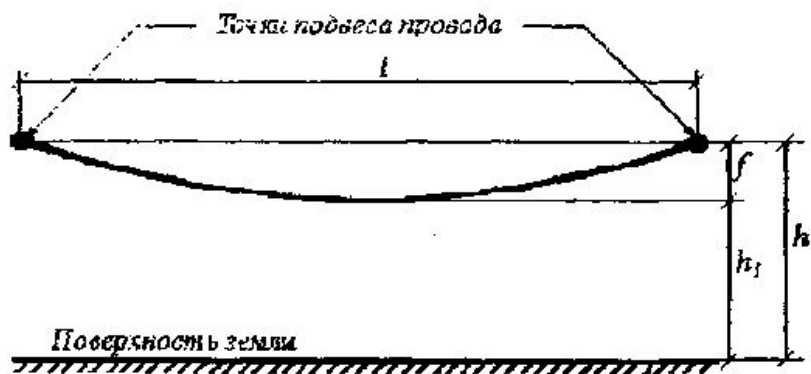
Воздушные линии электропередачи предназначены для транспортировки электроэнергии от производителя к потребителям по проводам, расположенным на открытом воздухе. При помощи гирлянд изоляторов и линейной арматуры провода подвешивают к опорам. От ударов молнии воздушные линии защищают грозозащитными тросами, расположенными над проводами. Воздушные линии напряжением более 1000 В (1кВ) принято называть высоковольтными. Они могут быть переменного тока или постоянного. Высоковольтные линии напряжением 330 кВ и более относят к линиям сверхвысокого напряжения (СВН), которые играют основную роль в образовании объединенных энергосистем и в межсистемных транзитах электроэнергии. В нашей стране, в основном, нашли применение высоковольтные линии переменного тока напряжением 3, 6, 10, 15, 20, 35, 110, 150, 220, 330, 500, 750 и 1150 кВ.

Для воздушных высоковольтных линий электропередачи применяют, как правило, неизолированные многопроволочные сталеалюминиевые провода, имеющие сердцевину из стального высокопрочного каната и оплетку из алюминиевых проволок (рис. 9.1). Такие провода обладают достаточно малым электрическим сопротивлением и сравнительно высокой прочностью.



**Рис. 9.1. Примеры сечений сталеалюминиевых проводов (темная часть сечения — стальной канат, светлая — алюминиевые проволоки)**

В высоковольтных линиях электропередачи происходят потери электроэнергии за счет ионизации воздуха около проводов, которые уменьшаются с увеличением площади поверхности проводов. Эти потери становятся ощутимыми в линиях напряжением 110 кВ и выше. Поэтому, чтобы снизить их, стремятся применять провода большего диаметра, что ведет к дополнительному расходу металла на провода, или расщепляют фазу на несколько проводов.



**Рис. 9.2. Схема провода ВЛ**

На рис. 9.2 приведена схема провода ВЛ с обозначением его генеральных геометрических параметров. Расстояние между точками подвеса провода ( $l$ ) называют пролетом провода; расстояние от уровня поверхности земли до нижней точки провода ( $h_1$ )—габаритом высоковольтной линии. Размер  $f$  называют стрелой провеса провода. Буквой  $h$  обозначают высоту от уровня поверхности земли до точки крепления провода к изолятору или гирлянде изоляторов.



## Классификация и характеристика стальных опор

Опоры линий электропередачи предназначены для поддержания токонесущих проводов. На рис. 9.7 приведен фрагмент схемы высоковольтной линии. Расстояние между смежными опорами определяется пролетом провода. Любая высоковольтная линия содержит в своем составе довольно большое число разнообразных типов опор, которые можно классифицировать по следующим признакам.

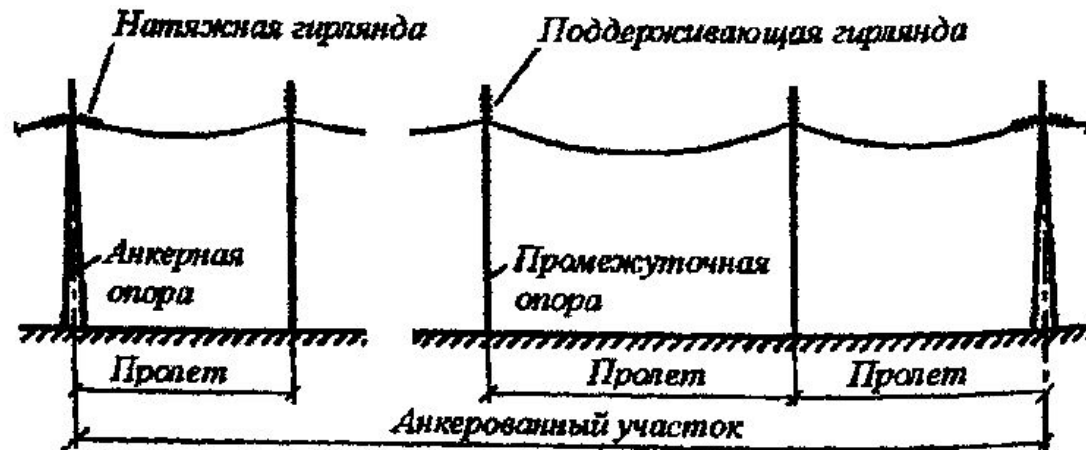


Рис. 9.7. Схема фрагмента высоковольтной линии

## По количеству цепей

одноцепные

двухцепные

многоцепные

## По назначению

### Промежуточные прямые опоры

Поддерживающие провода, закрепленные в вертикально расположенных гирляндах изоляторов, устанавливают на прямолинейных участках ВЛ. Обычно доля этих опор составляет около 90% общего числа опор высоковольтной линии. Промежуточные опоры воспринимают вертикальные нагрузки от проводов и тросов, а также горизонтальные от ветрового давления на провода, тросы и опору.

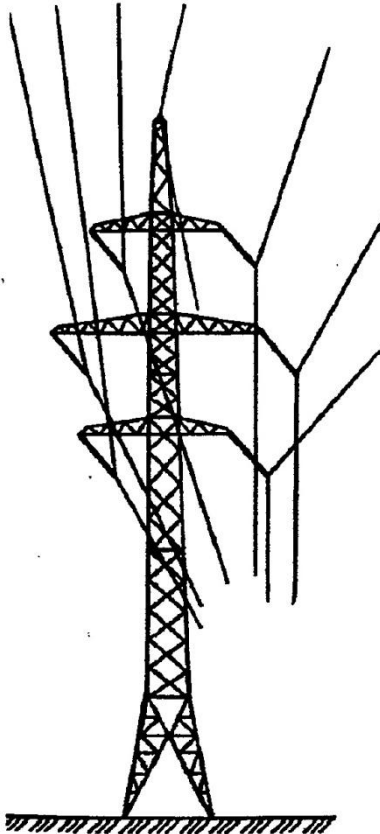


Рис. 9.8. Промежуточная двухцепная угловая опора

### Промежуточные угловые опоры

Устанавливают в углах поворота ВЛ. Они также поддерживают провода, закрепленные в вертикально расположенных гирляндах изоляторов. Эти опоры дополнительно воспринимают нагрузки от поперечных составляющих тяжения проводов и тросов.

### Анкерные опоры

Кроме всего прочего, воспринимают тяжение проводов, что достигается путем закрепления их в зажимах натяжных гирлянд изоляторов. По длине трассы ВЛ анкерные опоры устанавливают через определенные расстояния, которые называют анкерованными участками ВЛ, длины которых назначают при разбивке трассы воздушной линии. Если анкерные опоры устанавливают в точках поворота высоковольтной линии, то их называют анкерно-угловыми. Такие опоры дополнительно воспринимают нагрузки от поперечных составляющих тяжения проводов и тросов.

### Концевые опоры

Воспринимают полное одностороннее тяжение проводов и тросов. Устанавливают такие опоры на концах воздушных линий непосредственно перед подстанцией.

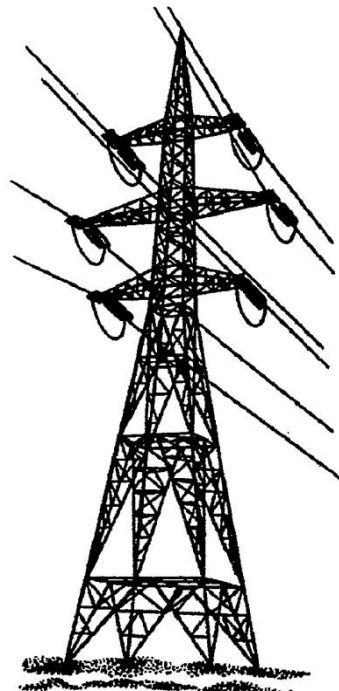


Рис. 9.9. Анкерная двухцепная опора

### Переходные опоры

Устанавливают на переходах через большие водные преграды (озера, реки), ущелья, оврага и т.д.

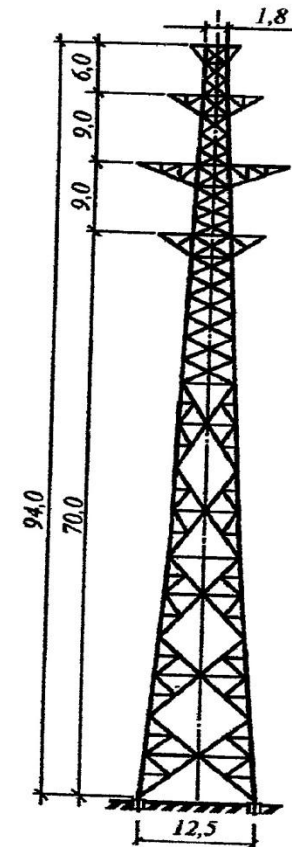


Рис. 9.10. Двухцепная переходная промежуточная опора ВЛ 110 кВ

## По конструктивной схеме

### Опоры без оттяжек

Это свободностоящие одностовольные опоры башенного типа и многостовольные порталные. Такие опоры имеют ряд преимуществ, связанных, в основном, с их малой опорной базой. Это относительно небольшая занимаемая площадь и возможная простота установки на косогорах. Вместе с тем наличие малой базы ведет к большим нагрузкам на фундаменты и основание.

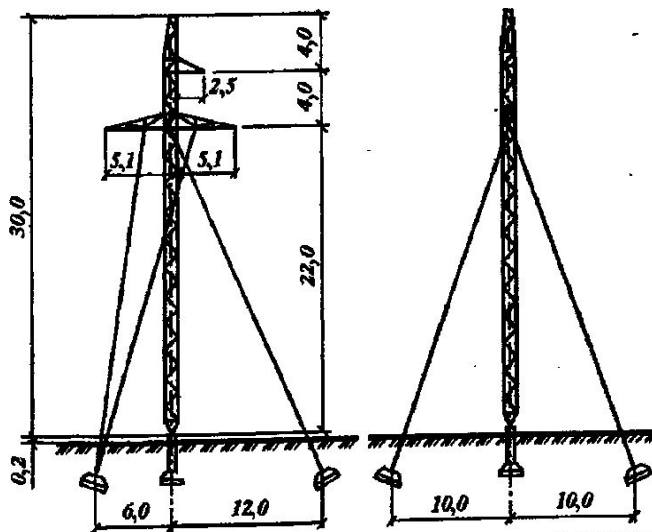


Рис. 9.11. Промежуточная одноствольная опора с оттяжками ВЛ 110 кВ

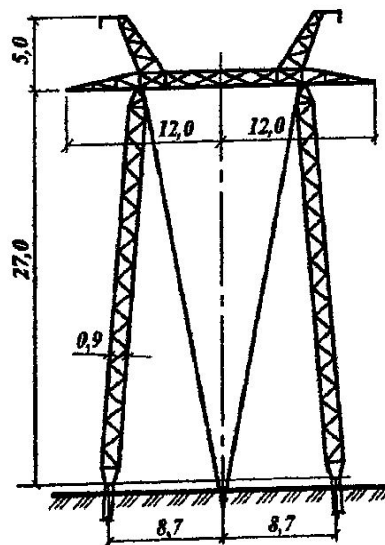


Рис. 9.12. Промежуточная порталная опора с оттяжками ВЛ 500 кВ

### Опоры с оттяжками

По конструктивной схеме весьма разнообразны. Это и одностовольные опоры, мачтового типа и многостовольные. Опоры на оттяжках - это плоскостные конструкции с применением жестких решетчатых брусьев и пространственной ориентацией оттяжек. К достоинствам такой конструктивной формы можно отнести простоту укрупнительной сборки на монтаже ввиду плоскостного строения опоры. Применение в качестве оттяжек стальных высокопрочных канатов ведет к снижению металлоемкости конструкций опор.

## ВЫШКИ

Развитие энергетики, связи, промышленности и других отраслей способствует возведению вышек различного назначения, для которых характерна индивидуальность конструктивных решений.

### **Осветительные вышки**

Осветительные вышки предназначены для освещения территорий и участков производства работ на многих объектах гражданского, промышленного, транспортного и другого назначения, а также для архитектурного и иллюминационного освещения.

Прожекторное освещение применяют для освещения (аэродромов, перронов, карьеров, стадионов, строительных площадок, причалов и др.), сигнализации и военной техники.

### **По функциональному назначению**



#### Прожекторы дальнего действия

Получили распространение в военном деле, дают круглоконические световые пучки, формируемые стеклянными параболоидными отражателями диаметром до 3 м.

#### Прожекторы заливающего света

Освещают открытые территории. В таких прожекторах используют стеклянные, металлические круглосимметричные отражатели диаметром 0,25..0,6 м, параболоцилиндрические отражатели, дающие веерообразный пучок света.

#### Прожекторы сигнальные

Применяют для передачи информации световыми проблесками или для обозначения места расположения прожектора (маяки). Сигнальные прожекторы оснащают параболоидными отражателями, кольцевые (дисковые) и поясные (цилиндрические) линзы

## По способу эксплуатации

```
graph TD; A[По способу эксплуатации] --> B[Стационарно устанавливаемые]; A --> C[Передвижные];
```

### Стационарно устанавливаемые

Используют для освещения территорий фабрик, заводов, объектов железнодорожного и водного транспорта, спортивных сооружений

### Передвижные

Для освещения территорий стройплощадок и различных карьеров. Рационально использовать сборно-разборные прожекторные вышки многократного применения.

Для обеспечения надлежащих условий эксплуатации осветительной установки на каждой вышке, внутри или вне ствола предусматривают лестницу. В качестве осветительных приборов используют как лампы накаливания, так и с ксеноновые.

Ствол вышки представляет собой решетчатую пространственную ферму. Боковые плоскости вышек выполняют в виде плоских ферм одинаковых между собой по конструкции. Прожекторные площадки выполняют из прокатного металла с соединением элементов на сварке. Секции соединяют между собой наружными накладками из уголков на сварке.

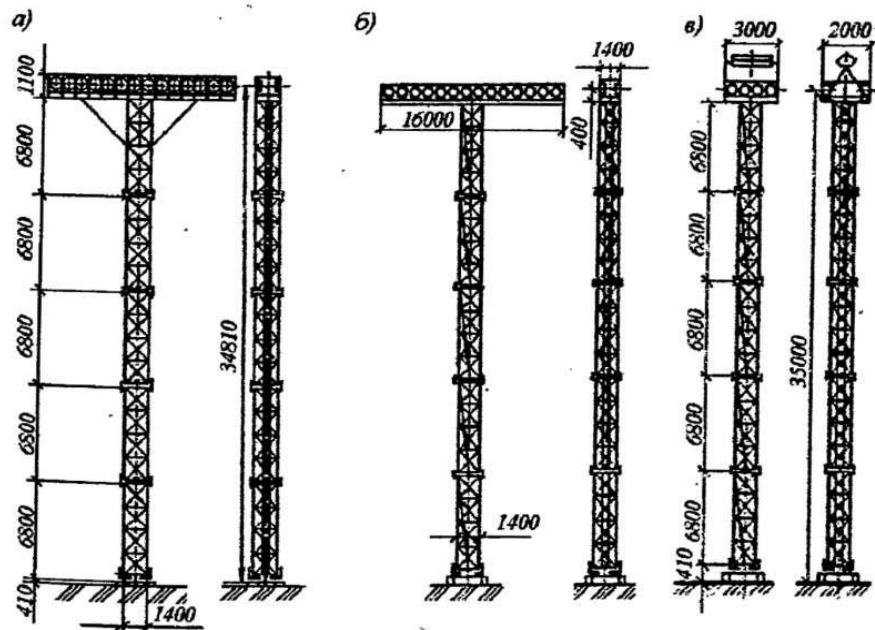


Рис.10.1. Проекторные вышки высотой 45м:

а — площадкой типа П-4; б — удлиненной площадкой; в — площадкой нормальной длины

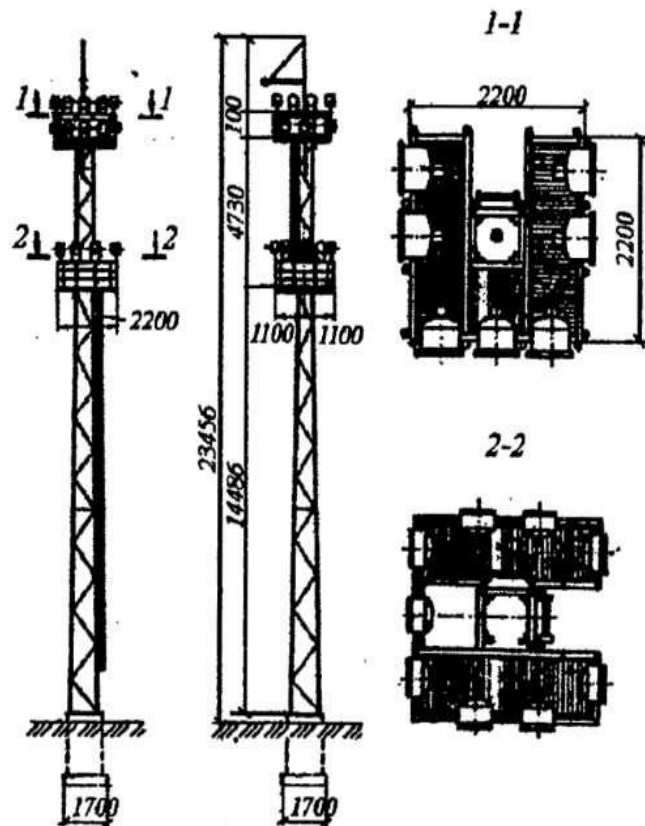


Рис. 10.2. Проекторная вышка высотой 20 м с двумя площадками

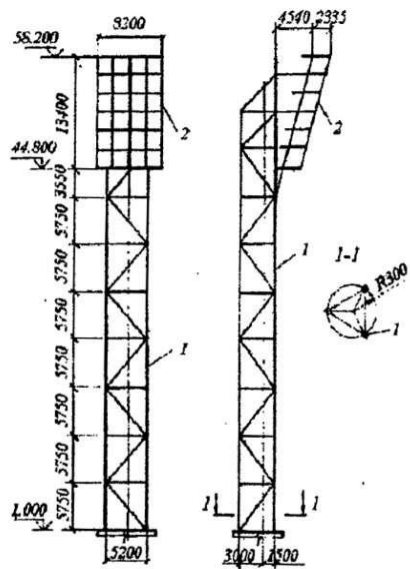


Рис. 10.5. Проекторная вышка для стадиона:

1 — ствол; 2 — осветительная кассета

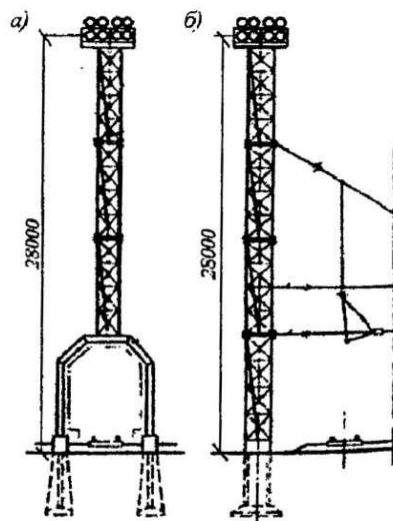


Рис. 10.6. Вышки с порталным основанием и совмещенные с опорами контактной сети

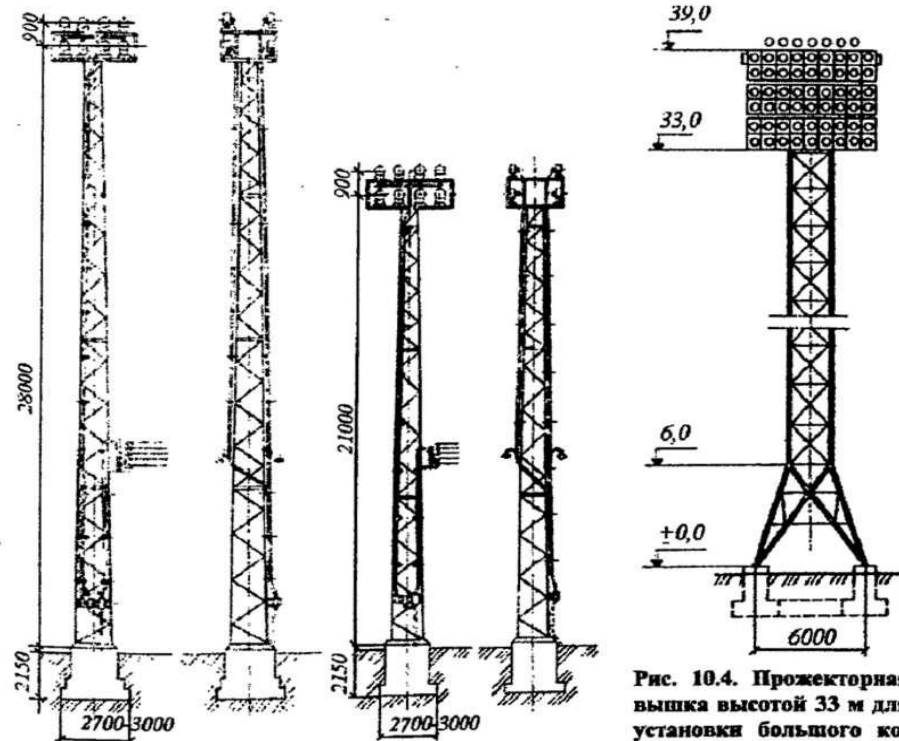


Рис. 10.3. Проекторные вышки высотой 21 и 28 м

Рис. 10.4. Проекторная вышка высотой 33 м для установки большого количества прожекторов



Складная решетчатая вышка (рис 10.7), предназначенная для установки на ней осветительной аппаратуры, представляет собой ствол, состоящий из шарнирно соединенных между собой секций многогранного сечения, и опорную плиту с откидными аутригерами. Шарниры расположены на одной из боковых граней секции и в каждой последующей по высоте опоры секции на смежной с предыдущей боковой грани со смещением этих шарниров вокруг продольной оси опоры в одном направлении.

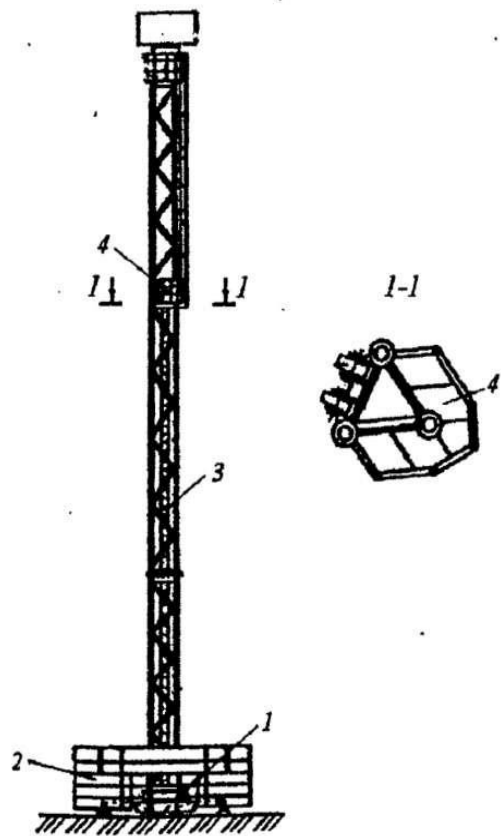


Рис. 10.7. Складная решетчатая вышка:

1 — опорная плита; 2 — противовес; 3 — ствол; 4 — промежуточные площадки

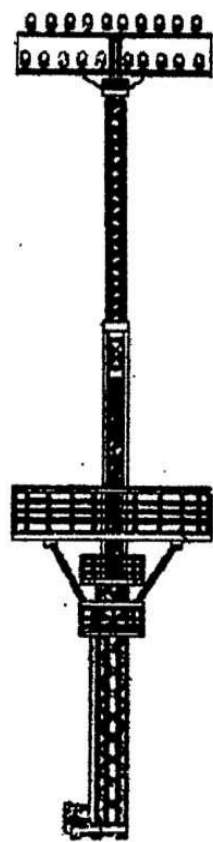


Рис. 10.8. Вышка для архитектурно-декоративного освещения

Вышка для архитектурно-декоративного освещения (рис. 10.8) предназначена для освещения архитектурных комплексов направленными источниками света. Она включает в себя телескопическую опору, выдвижные секции которой взаимодействуют с тяговым тросом канатно-полиспастного механизма и траверсу с осветительными приборами, смонтированную на верхней секции. Каждая секция снабжена подпружиненным контактным роликом, опертым на тяговый трос, обхватывающий соответствующую секцию, а каждая нижележащая по отношению к ней секция снабжена упорными поворотными эксцентриками, связанными посредством рычагов с электродвигателями, сблокированными с контактным роликом.

Трансформируемая вышка (рис. 10.9) предназначена как осветительная для использования в основном при строительстве в труднодоступных и удаленных районах. Вышка, включающая в себя телескопический ствол с обслуживающей площадкой на верхней секции, снабжена поддоном в виде прикрепленного к нижней секции ствола шарнирно-стержневого каркаса, на котором закреплен эластичный материал. Внутренний объем поддона заполнен местным материалом (грунтом, щебнем и т.п.), что обеспечивает устойчивость вышки.

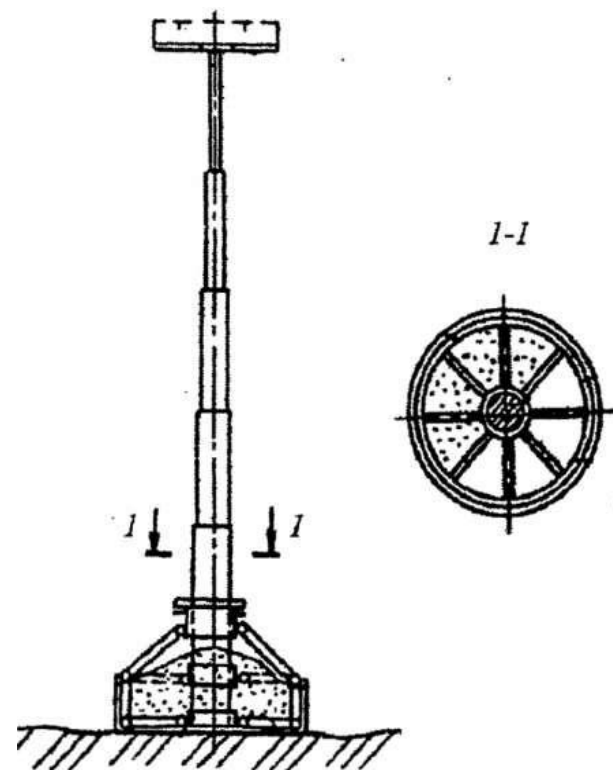


Рис. 10.9. Трансформируемая вышка

## Буровые вышки

Этот тип сооружений предназначен для бурения и эксплуатации геологоразведочных скважин нефтегазовой отрасли. Буровую вышку устанавливают над скважиной для спуска и подъема бурового инструмента, забойных двигателей, обсадных труб. Ее оснащают полиспастом, средствами механизации спускоподъемных операций и кассетой для размещения бурильных труб. Высоту буровой вышки принимают в зависимости от проектной глубины скважины. Применяют буровые вышки высотой от 9 до 58 м. Их изготавливают из труб или сортового проката в виде трех-, четырехгранной или усеченной пирамиды (рис. 10.10, а), а также А-образной формы (рис. 10.10, б). Буровые вышки перемещают в собранном виде на тягачах или разбирают на отдельные элементы и монтируют на новом месте. Буровая установка, кроме вышки, включает буровой станок, силовой привод и другое оборудование (рис. 10.10, в).

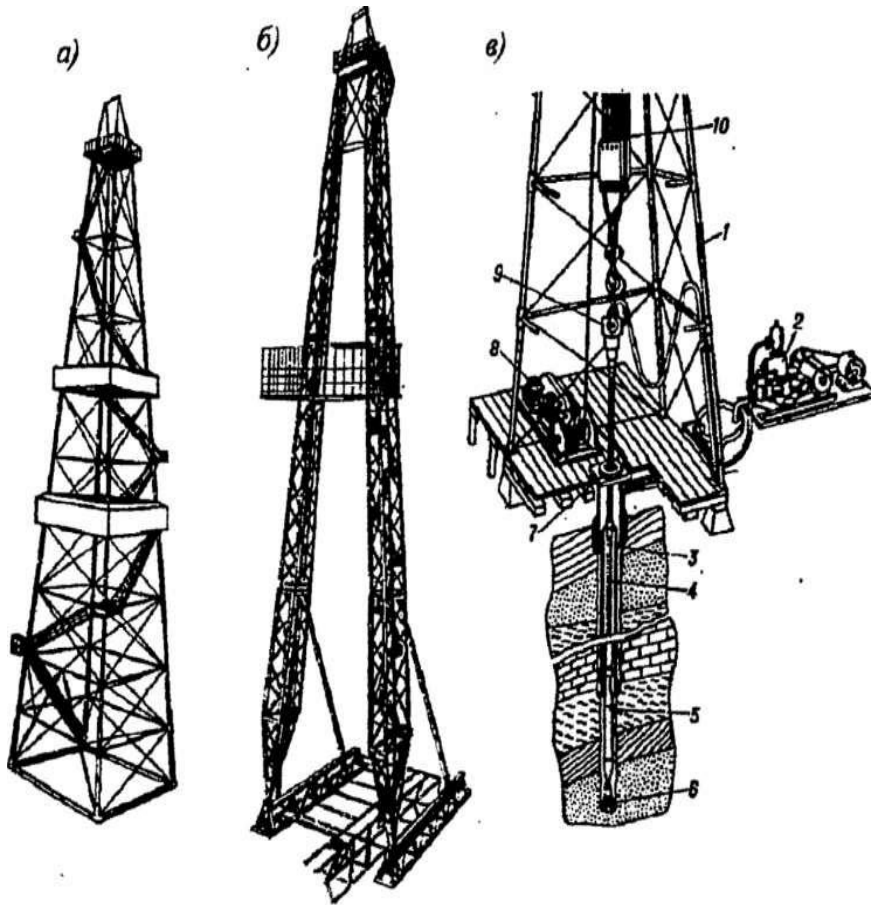


Рис. 10.10. Буровые вышки:

а — башенного типа; б — А-образная; в — схема буровой установки; 1 — буровая вышка; 2 — буровые насосы; 3, 4 — обсадные и бурильные трубы; 5 — турбобур; 6 — долото; 7 — ротор; 8 — буровые лебедки; 9 — вертлюг; 10 — талевая система

Телескопическая буровая вышка (рис. 10.12, а), в состав которой входят две ноги прямоугольного сечения с открытыми внутренними гранями, выполнена в виде внутренней подвижной и наружной неподвижной секций. Такая конструкция вышки позволяет сократить трудозатраты при монтаже-демонтаже вышки и сократить ее габариты в транспортном положении. Буровая телескопическая вышка (рис. 10.12, б) содержит подвижную внутреннюю и неподвижную наружную секцию с открытыми передними гранями.

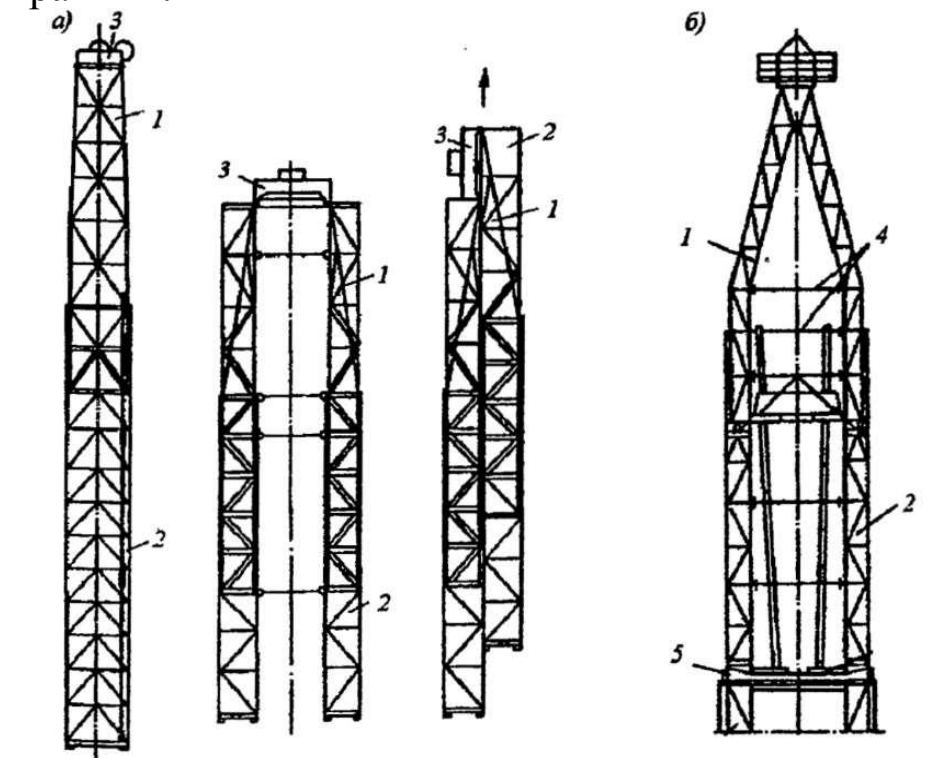


Рис. 10.12. Телескопические буровые вышки:

а — порталная; б — башенная; 1 — подвижная секция; 2 — неподвижная секция; 3 — кронблочная рама; 4 — поперечные связи; 5 — шарнирные опоры

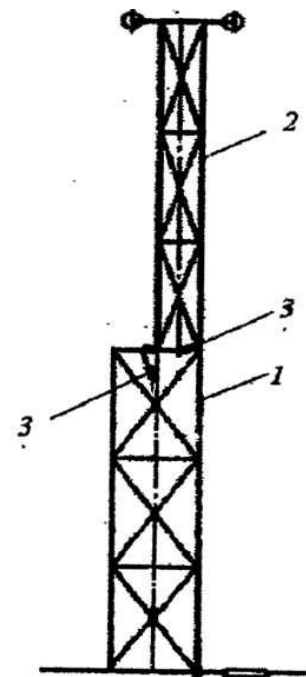


Рис. 10.11. Складывающаяся буровая вышка:

1 — нижняя секция; 2 — верхняя секция; 3 — гидроцилиндр

Складывающаяся буровая вышка. У такой конструкции секции ствола выполнены в виде призматических ферм, нижняя из них имеет открытую переднюю грань и выполнена с возможностью размещения внутри нее верхней секции. Вышка снабжена связанным с передней гранью верхней секции силовым цилиндром, шток которого шарнирно связан с задней гранью нижней секции.

## Вышки для прыжков в воду

В конструктивном отношении вышки представляют собой вертикально ориентированные консольные системы, к которым по высоте крепят платформы. Их размещают на высотах 5,0; 7,5 и 10 м над уровнем воды в бассейне (рис. 10.13-10.15). Платформа на высоте 7,5 м не должна находиться непосредственно над платформой на отметке 5,0 м и под платформой на отметке 10 м, а должна быть отнесена в сторону (рис. 10.14).

На платформах рекомендуется делать настил из реек твердых пород древесины по лагам независимо от обязательного синтетического покрытия. Все платформы должны быть ограждены перилами.

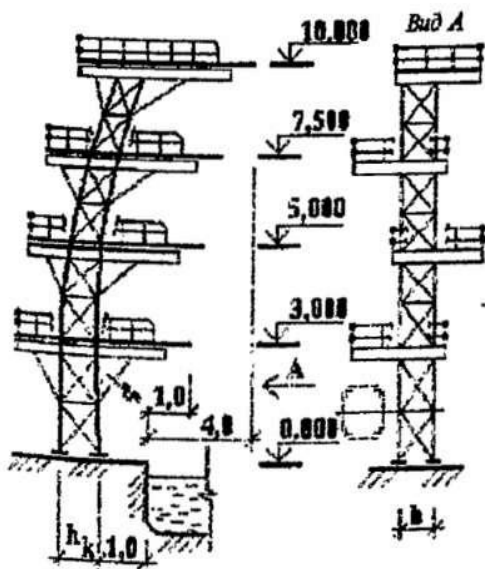


Рис. 10.13. Вышка для прыжков в воду в виде консольной пространственной фермы

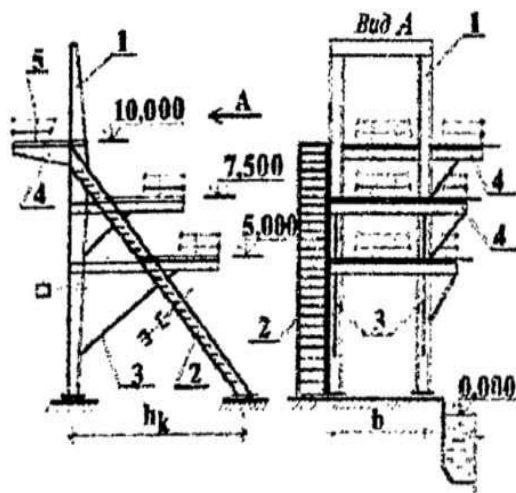


Рис. 10.14. Вышка для прыжков в воду в виде рамно-подкосной системы:

1 — несущая рама; 2 — лестница (перелом рамы); 3 — подкосы консольных площадок; 4 — консольные площадки; 5 — перила ограждения

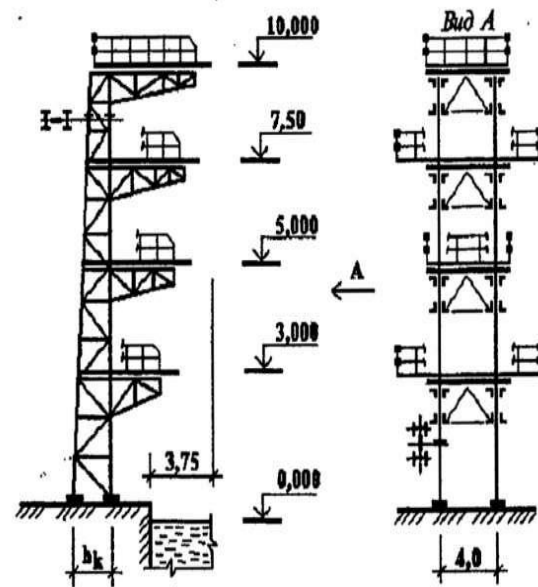


Рис. 10.15. Вышки для прыжков в воду в виде консольно-рамной системы

Вышки могут располагаться внутри помещения или в открытых бассейнах. Вышки выполняют в виде консольной пространственной фермы (рис. 10.13), в виде рамно-подкосной системы (рис. 10.14) и в виде консольно-рамной системы (рис. 10.15).

Конструкции вышек, расположенных в закрытых помещениях, рассчитывают на воздействие постоянных нагрузок от массы конструкций, на воздействие ремонтных нагрузок и на полезную нагрузку от толпы людей. Для вышек, расположенных у открытых бассейнов, дополнительно учитывают воздействия кратковременных атмосферных нагрузок.

### Другие виды вышек

Геодезические вышки являются геодезическими сигналами, сооружаемыми на пунктах триангуляции и иногда на пунктах полигонометрии. Они предназначены для установки геодезических инструментов (теодолитов) на высоте, обеспечивающей непосредственную видимость на смежные знаки, находящиеся в зависимости от класса триангуляции на расстоянии от 5... 10 км до 30...50 км. На вышках устанавливают визирные цели, служащие объектом визирования.

В открытых районах строят простые пирамиды (рис.10.16, а) высотой от 6 до 15 м. В этом случае геодезический инструмент устанавливают под пирамидой на обычном штативе.

Сложные геодезические сигналы (рис.10.16, б) имеют высоту от 16 до 55 м, их используют для обозначения более важных геодезических точек при точных съемках на больших площадях.

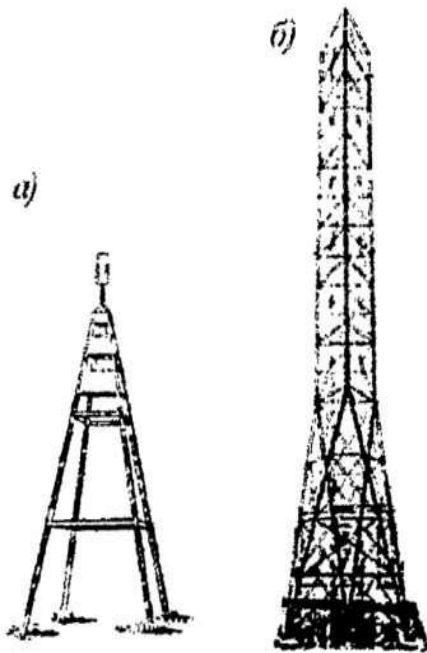


Рис. 10.16. Геодезические вышки

Вышки ветровых двигателей предназначены для преобразования энергии ветра в электроэнергию. Они входят в состав ветросиловых электростанций в основном мощностью от 5 до 100 кВт. Применяют различные схемы ветровых двигателей (карусельные, роторные, барабанные) в зависимости от типа рабочего органа и положения его оси относительно потока воздуха. На вышках устанавливают крыльчатые ветродвигатели.

Ориентация ветроколеса по направлению ветра осуществляется автоматически хвостовым оперением или вспомогательным поворотным ветроколесом, установленным в плоскости, перпендикулярной плоскости вращения основного колеса.

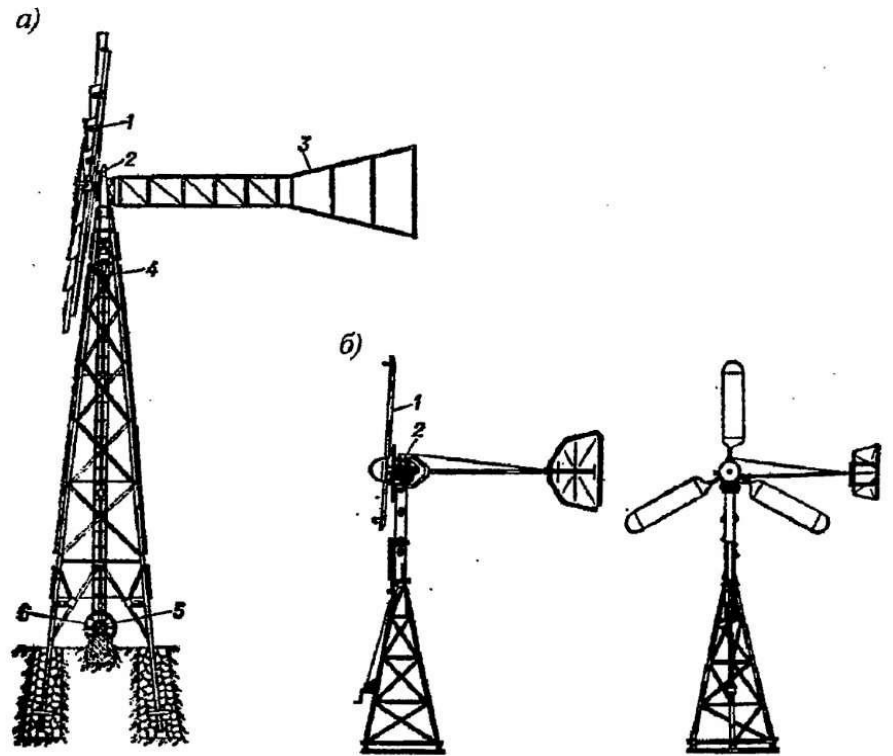
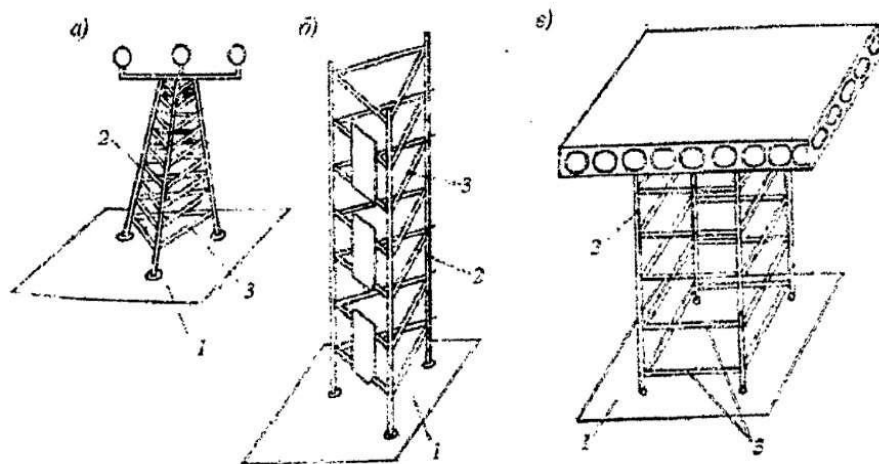


Рис. 10.17. Опора ветросиловой станции:

*a* — с вертикальной трансмиссией; *б* — с расположением узлов в головке; 1 — ветроколесо; 2 — верхний редуктор; 3 — хвостовое оперение; 4 — вертикальный вал; 5 — нижний редуктор; 6 — рабочая машина

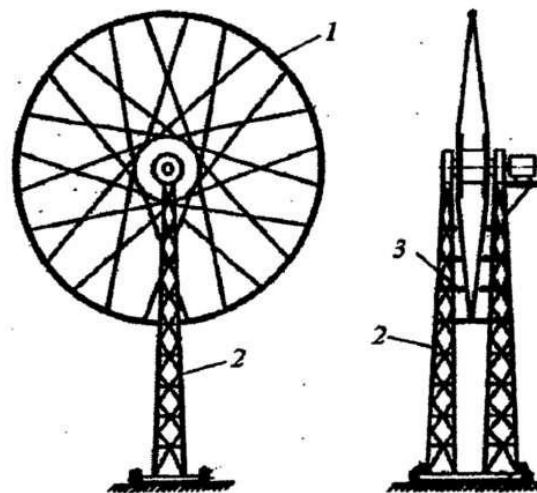


**Рис. 10.19. Многосекционные аэродромные вышки:**

*а* — вышка огней подхода; *б* — вышка антенны глянцдого радиомаяка; *в* — вышка для освещения перрона или мест стоянки; *1* — опорный фундамент; *2* — ствол; *3* — горизонтальные связи

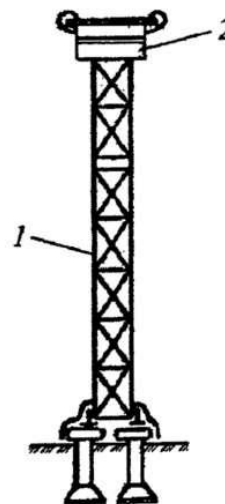
Высотные аэротрические вышки предназначены для исследования пространственной структуры воздушных потоков. Они обычно включают в себя опору и элементы для установки метеоприборов (рис. 10.20). Вышка лесника служит для наблюдения за лесными массивами и обнаружения источников возгорания. Квадратная или трехгранная в плане вышка оборудована вертикальной лестницей и смотровой кабиной (рис. 10.21). Каркас обычно выполняют из уголкового профиля.

Аэродромные вышки используют в качестве опорных конструкций для радиомаяков, огней подхода, осветительных устройств на перронах и местах стоянки самолетов в аэропортах гражданской авиации и на базах ВВС (рис. 10.19).



**Рис. 10.20. Аэротрическая вышка:**

*1* — пространственная система; *2* — высотная опора; *3* — площадка обслуживания метеоприборов



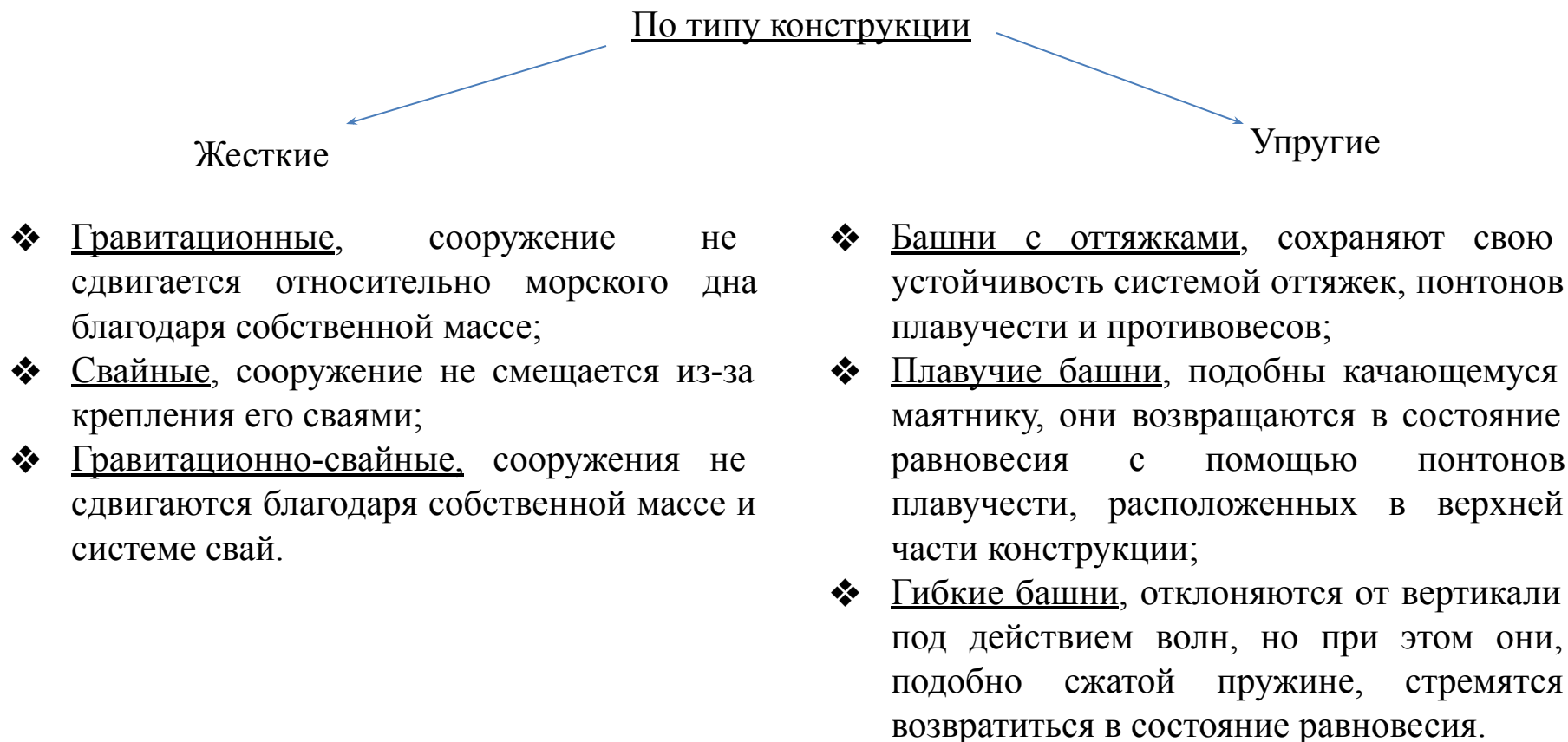
**Рис. 10.21. Вышка лесника:**

*1* — ствол; *2* — смотровая кабина



## МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ Назначение и типы МСП, их классификация

Морская стационарная платформа – это уникальное гидротехническое сооружение, предназначенное для установки на ней бурового, нефтепромыслового и вспомогательного оборудования, обеспечивающего бурение скважин, добычу нефти и газа, а также других работ, связанных с разработкой морских нефтяных и газовых месторождений, и предназначена для эксплуатации в конкретном районе акватории моря.



## Проектирование МСП

Индивидуальность конструкций МСП требует особого подхода к их проектированию. В частности, вопросы расчетов прочности и устойчивости МСП тесно переплетаются с вопросами исследовательских работ, необходимостью сочетания при проектировании расчетных методов с экспериментальной проверкой на моделях и в натурных условиях.

Назначение МСП обычно определяет минимальные значения площади и веса платформы, которая должна быть установлена в определенном месте. На стадии предварительного проектирования некоторые варианты конструктивных решений могут быть отвергнуты, как экономически невыгодные или неприемлемые с точки зрения технологии изготовления или способа постановки сооружения на морское дно. Воздействие окружающей среды, т. е. влияние на прочность конструкции ветра, течения, волн, а также действия плавающего льда и землетрясений, должно быть изучено заранее.

Эксплуатационные нагрузки рассчитывают прямым методом, а воздействия окружающей среды путем последовательных приближений. Это объясняется тем, что изменение размеров элементов конструкции приводит к изменению нагрузок на эти элементы и на сооружение в целом. Кроме того, запроектированное сооружение должно быть проверено на способность выдерживать нагрузки, возникающие в процессе транспортировки и постановки на дно.

## Внешняя нагрузка

Перед расчетом проектируемого сооружения необходимо получить количественные оценки для всех основных нагрузок, которым оно может быть подвергнуто со стороны окружающей среды в океане. Воздействия окружающей среды характеризуются в основном ветром в приводном слое атмосферы, поверхностными волнами и течениями, возникающими в условиях жесткого шторма (рис. 12.4). Для замерзающих акваторий добавляется давление льда.

Поверхностные волны в штормовых условиях также имеют важное значение в расчете прочности сооружения из-за значительных нагрузок на его подводную часть от сопровождающего волнение движения масс воды.

Штормовой ветер играет существенную роль в расчете МСП, поскольку он оказывает значительное силовое воздействие на надводную часть сооружения.

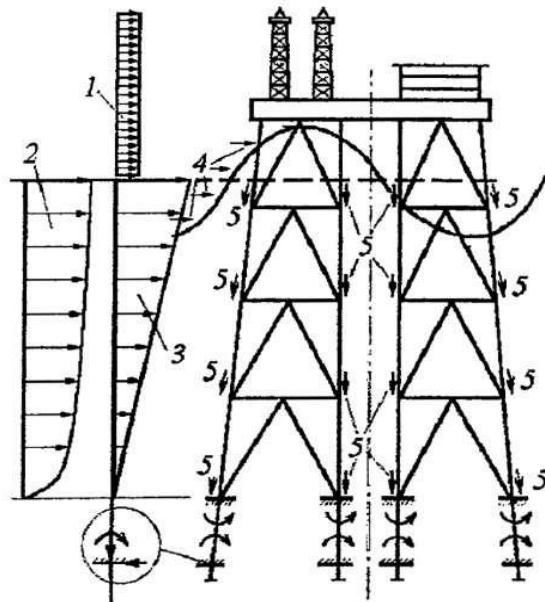


Рис. 12.4. Основные нагрузки на платформу:

1 — ветровой напор; 2 — нагрузка от приливного течения; 3 — нагрузка от течения вследствие ветрового нагона; 4 — волновая нагрузка; 5 — нагрузка от собственного веса и технологические нагрузки

Наконец, в некоторых районах моря существенную добавку к нагрузке на подводную часть сооружения могут оказать течения. Под течением понимают общее движение масс воды, причины которого иные, чем те, которые вызывают поверхностные волны.

В качестве дополнительных и особых нагрузок можно отметить ледовые нагрузки и нагрузки от наносов (рис. 12.5), технологические нагрузки (навал судов, воздействие буровых механизмов и т.д.), сейсмические нагрузки.

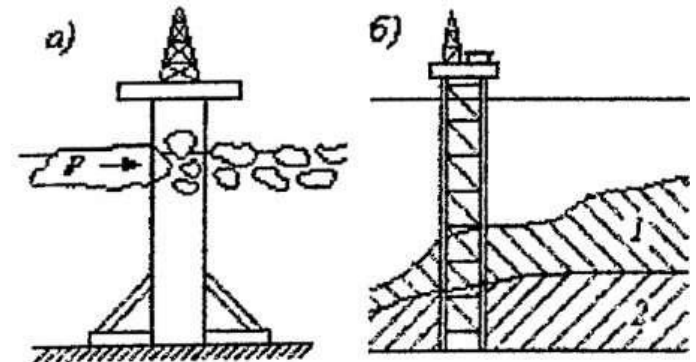


Рис. 12.5. Дополнительные нагрузки на платформу:

а — ледовая нагрузка; б — нагрузка от наносов: 1 — мягкие отложения; 2 — уплотненные отложения

# ГРАДИРНИ

## Классификация градирен

Градирни представляют собой сооружения для охлаждения воды атмосферным воздухом в оборотных системах водоснабжения ТЭС, АЭС и Других предприятий, работа оборудования которых связана с отводом большого количества теплоты.

**По принципу охлаждения градирни могут быть**



### Испарительные

- передача теплоты от воды воздуху происходит за счет испарения, что обеспечивает более глубокое снижение температуры. Поэтому испарительные градирни более эффективны.



### Радиаторные

- передача теплоты от воды к воздуху осуществляется через стенку радиатора за счет теплопроводности материала радиаторов и конвекции.

### 3 типа испарительных градирен

1. Открытые или атмосферные градирни (рис. 13.1), в которых для потока воздуха через ороситель используется ветер и отчасти естественная конвекция воздуха. Такие градирни предназначены для систем с небольшим расходом оборотной воды от 10 до 500 м<sup>3</sup>/ч. Для них характерен высокий охлаждающий эффект, простота строительных конструкций и условий эксплуатации. Однако применение таких градирен ограничено возможностью размещения на незастроенных площадках, сильно продуваемых ветром, а также допустимостью кратковременного повышения температуры охлаждаемой воды в период штиля.

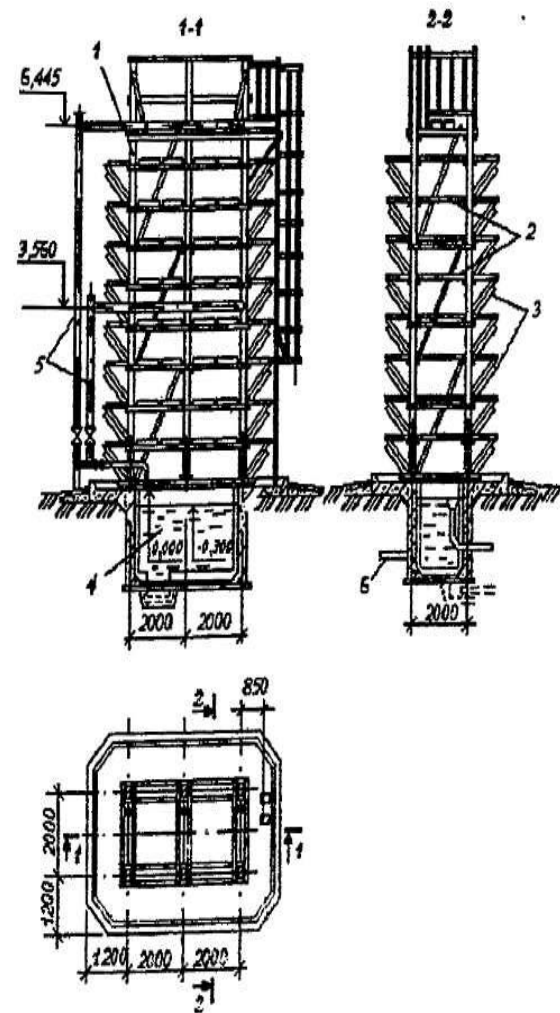


Рис. 13.1. Схема открытой капельной градирни:

1 — несущий каркас; 2 — оросительное устройство; 3 — воздухонаправляющие жалюзи; 4 — водосборный бассейн; 5 — водораспределительная система; 6 — отводящий водовод

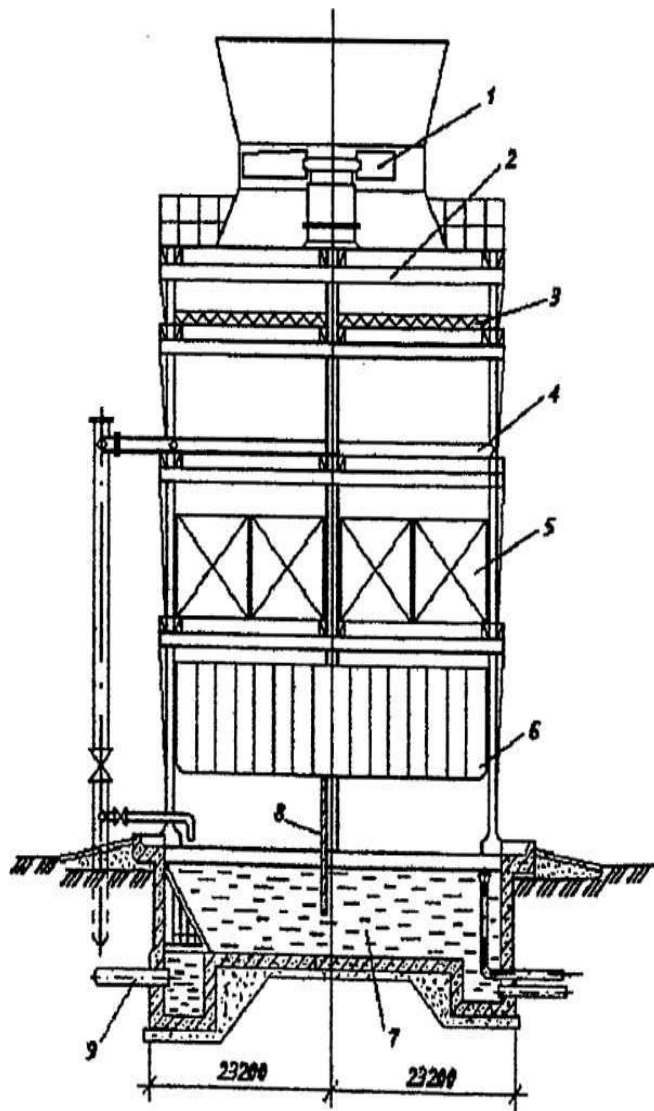


Рис. 13.2. Схема вентиляторной противоточной градирни:

1 — вентилятор; 2 — несущий каркас; 3 — водоуловитель; 4 — водораспределительная система; 5 — оросительное устройство; 6 — воздуходувные окна; 7 — водосборный бассейн; 8 — ветровая перегородка; 9 — отводящий водовод

2. Вентиляторные градирни (рис. 13.2) с механической тягой воздуха. Их рекомендуется применять в системах обратного водоснабжения, требующих устойчивого и глубокого охлаждения воды, при высоких удельных гидравлических и тепловых нагрузках.

3. Башенные градирни (рис. 13.3) с естественной тягой воздуха. Такие конструкции являются с технологической точки зрения наиболее рациональным типом охладителей большой производительности от 10000 до 100000 м<sup>3</sup>/ч. В них удается достичь почти равномерного распределения воздуха по площади оросителя, что ведет к быстрому и глубокому охлаждению воды.

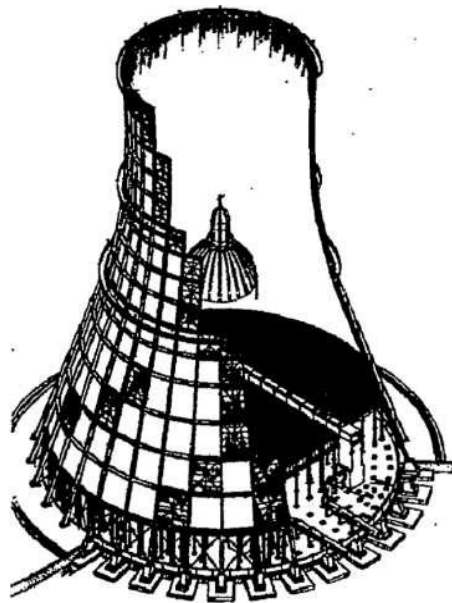


Рис. 13.4. Башенная градирня  $H = 151$  м с обшивкой из алюминиевых волнистых листов

Современные башенные градирни достигают огромных размеров, их высота превышает 100 м. Проектируются градирни высотой 136 и 160 м (рис. 13.4).

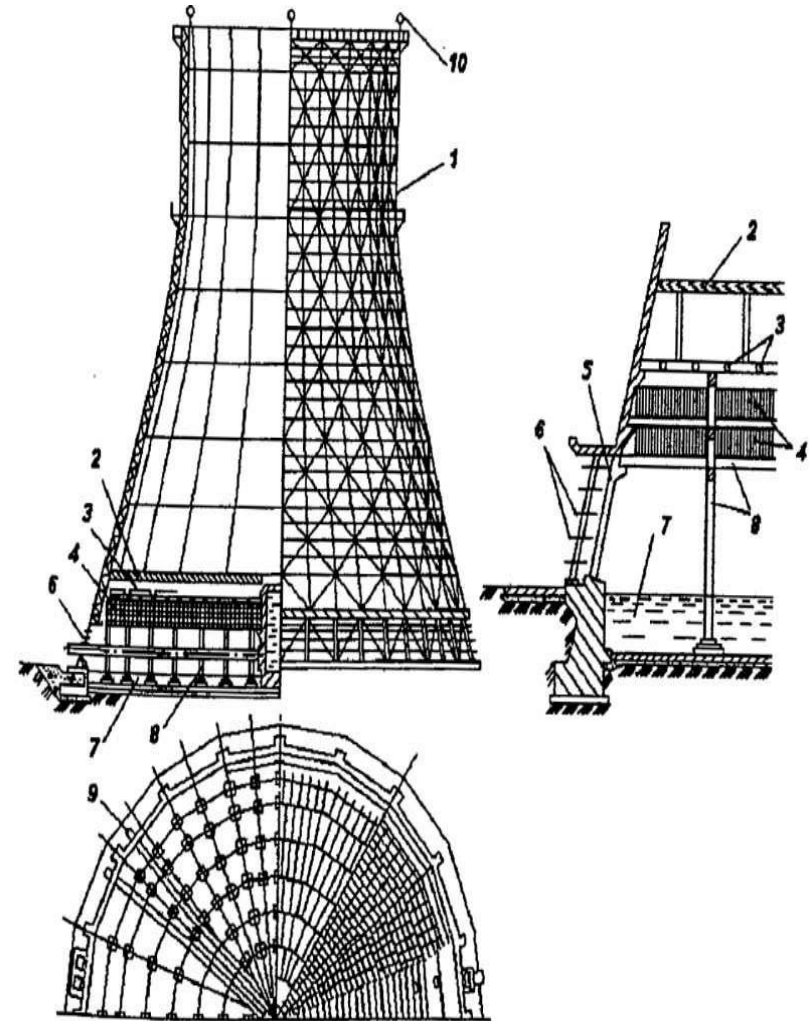


Рис. 13.3. Башенная противоточная градирня:

1 — каркас вытяжной башни; 2 — водоуловитель; 3 — водораспределительная система; 4 — оросительное устройство; 5 — воздухорегулирующее устройство; 6 — воздуходувные окна; 7 — водосборный бассейн; 8 — каркас оросителя; 9 — подводящий водовод; 10 — светограждение

## По признаку создания поверхностей охлаждения:



путем разбрызгивания воды соплами (брызгальные градирни);



с оросительными устройствами, которые могут быть:

- капельного типа (теплоотдача в основном происходит с поверхности капель воды);
- пленочного типа (теплоотдача с поверхности водяной пленки, образующейся на щитах оросителя);
- смешанного капельно-пленочного типа.

## По признаку направления движения воздуха в оросителе по отношению к движению воды



противоточным движением воздуха (вода сверху вниз, а воздух — снизу вверх);



с поперечным движением воздуха (вода сверху вниз, а воздух в горизонтальном направлении);



со смешанным поперечно-противоточным движением воздуха.



## Конструкции башенных градирен

Основными элементами конструкции башенных градирен

### Вытяжные башни

Создают циркуляцию воздуха, а также отводят насыщенные пары на достаточную высоту для их рассеивания в атмосфере. В зависимости от производительности градирни имеют различные конструктивные формы, их выполняют из дерева, железобетона или стали. При высоте башен 50 м и выше они должны иметь в верхней части светоограждение и маркировочную окраску, выполняемую в соответствии с установленными правилами. Фундаменты под каркас башни — столбчатые из монолитного или сборного железобетона.

### Оросительные устройства

Состоят из опорного несущего каркаса и заполнения в виде реек в капельном оросителе или щитов в пленочном оросителе. Несущие каркасы оросителей выполняют из железобетонных сборных элементов, а сами оросительные устройства — из дерева, асбестоцементных или из полимерных материалов. Оросительные устройства располагают по высоте в один или несколько ярусов при горизонтальной, ступенчатой или наклонной компоновкам.

### Водосборные бассейны

Располагают под оросителем. Они имеют глубину 2,0 м, при превышении бортов над уровнем воды 0,3 м. Бассейн и другие подземные конструкции башенных градирен выполняют из монолитного железобетона, однако допускается и сборный железобетон. В зависимости от режима работы градирни и ее размеров в плане бассейн может быть разделен перегородками на секции. Стенки и днище покрывают гидроизоляцией из холодной асфальтовой мастики. Поверх слоя гидроизоляции на днище укладывают защитный слой бетона с уклоном для стока воды в приемки канализационных труб.

## Требования к материалам для градирен

Выбор материалов для башенных градирен определяется спецификой их работы в различных конструктивных элементах, а также общими условиями работы конструкций.

При проектировании строительных конструкций градирен необходимо учитывать специфические условия их работы, которые заключаются в следующем:

- ❖ влажность воздуха внутри градирни достигает 100%;
- ❖ орошение конструкций оборотной водой с температурой от 10 до 60°C;
- ❖ возникновение значительных внутренних напряжений в зимнее время при замораживании в водонасыщенном состоянии пористых строительных материалов;
- ❖ попеременное увлажнение и высушивание строительных конструкций в летнее время;
- ❖ агрессивность к материалам строительных конструкций оборотной воды и воздуха, проходящих через градирню, которая усугубляется циклическим характером воздействий, зависящим от климатических факторов и от технологических условий работы градирни.

## Антикоррозионная защита стальных конструкций градирни

В связи с тем, что металлические конструкции градирен эксплуатируются в неблагоприятных условиях коррозионно-активной среды, при проектировании необходимо не только учитывать рекомендации, но и предусмотреть некоторые дополнительные конструктивные меры, направленные на снижение коррозии.

### Меры дополнительного снижения коррозии

Элементы каркаса должны быть вынесены из зоны непосредственного увлажнения и иметь доступ для осмотров и повторного нанесения антикоррозионных покрытий без демонтажа оборудования

Все элементы каркаса, как правило, следует проектировать из прокатных или гнутых профилей сплошного сечения. Запрещается применять составные элементы

С целью предотвращения щелевой коррозии применение односторонних и прерывистых швов не допускается.

Внутренняя поверхность элементов из труб или гнутосварных профилей должна быть герметизирована

Все крепежные детали должны быть оцинкованы и дополнительно окрашены тремя слоями эмали общей толщиной 80 мкм

Поверхности стальных конструкций перед нанесением защитных покрытий необходимо очищать от загрязнения, окалины и ржавчины пескоструйным методом на заводе-изготовителе.

При конструировании узлов сопряжения элементов следует избегать образования закрытых полостей и щелей;

# ЛЫЖНЫЕ ТРАМПЛИНЫ

## Виды, профили и назначение размеров трамплинов

Трамплины для прыжков на лыжах можно устраивать на естественном склоне горы со средним углом наклона  $20^{\circ}\dots 40^{\circ}$  или возводить из железобетона, металла, дерева. Чаще трамплины выполняют по смешанной схеме, когда часть трамплина проходит по естественному грунту, а другая часть возводится искусственно с приданием профилей и размеров, пригодных для безопасных прыжков на лыжах (рис. 14.1).

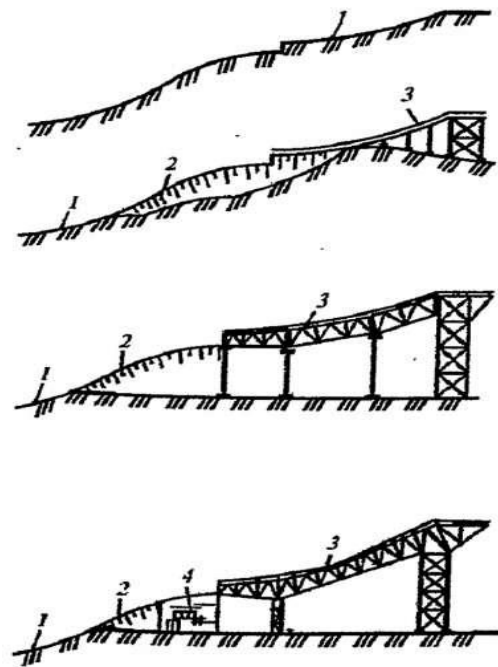


Рис. 14.1. Виды лыжных трамплинов:  
1 — естественный грунт; 2 — насыпной грунт;  
3 — искусственное сооружение; 4 — вспомогательное сооружение

### Лыжные трамплины

#### Тренировочные трамплины

с длиной прыжка  $L$   
до 30 м

#### Трамплины для соревнований

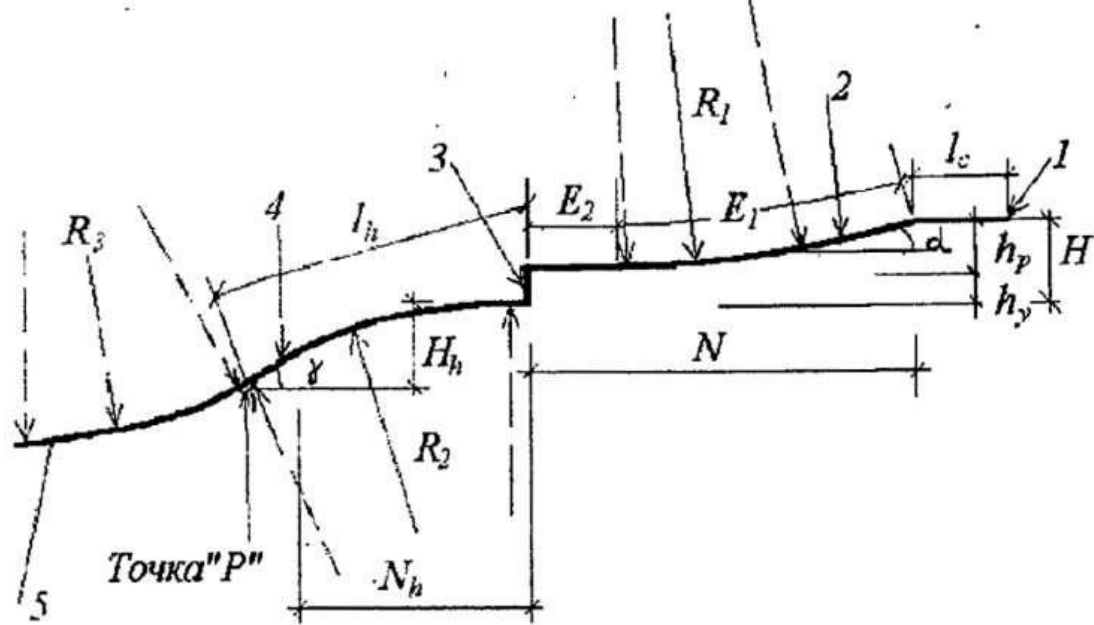
с длиной прыжка  $L$   
до 70 м

#### Трамплины для Олимпийских прыжков

с длиной прыжка  
 $L$  до 90 м

#### Трамплины для лыжных прыжков

с длиной «полета»  
до 120 м.



**Рис. 14.2. Профиль лыжного трамплина:**

1 — стартовая площадка; 2 — участок разгона; 3 — уступ трамплина; 4 — участок прыжка (полета);  
5 — кривая торможения

Обозначения на рис. 14.2:  $E_1$  - верхняя часть длины разгонного участка по развертке, на которой увеличивается скорость;  $E_2$  - нижняя часть длины разгонного участка по развертке и длина уступа по прямой, на которой не увеличивается скорость;  $E = E_1 + E_2$  - длина разгонного участка по развертке;  $N$  — горизонтальная проекция разгонного участка;  $h_p$  - высота разгонного участка;  $h_y$  - высота уступа;  $H = (h_p + h_y)$  - высота трамплина;  $l_h$  - длина участка прыжка по развертке;  $N_h$  - горизонтальная проекция участка прыжка;  $H_h$  - высота участка прыжка;  $\alpha$  - угол наклона прямой зоны разгонного участка;  $\gamma$  - угол наклона кривой приземления в критической точке P;  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  — соответственно радиусы кривых разгонного участка, участка прыжка и участка торможения.

Выбор генеральных размеров трамплина производят по указаниям норм Международной лыжной федерации (ФИС).

Покрытием лыжной дорожки трамплина, чаще всего, служит искусственный материал игелит, позволяющий осуществлять прыжки в разное время года. Искусственное покрытие укладывают по деревянному настилу разгонной зоны трамплина. Лыжную дорожку разгонной зоны по ширине ограничивают направляющими (бордюром) из деревянных брусьев. У большинства современных трамплинов для горы приземления и иногда для площадки торможения используют естественный грунт, корректируемый для получения нужного профиля насыпными грунтами, а для стартовой площадки и зоны разгона — искусственные сооружения.

### Компоновочные и конструктивные решения трамплинов

Для пролетных строений трамплинов можно применять следующие статические схемы.

#### Балочная (безраспорная) схема при длине зоны разгона до 70..80 м

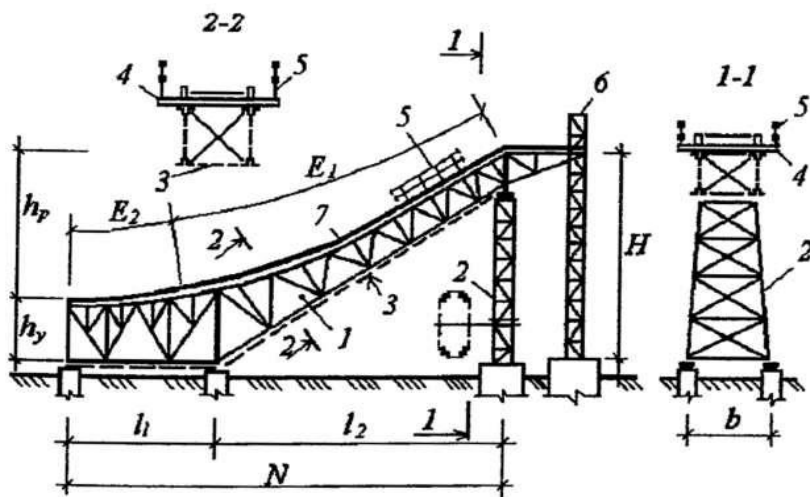


Рис. 14.3. Балочный двухпролетный трамплин:

1 — двухпролетные фермы легкого типа; 2 — конечная опора; 3 — связь пролетного строения; 4 — прогоны; 5 — перила ограждения; 6 — лифтовая шахта; 7 — деревянный настил по прогонам

Балочные пролетные строения выполняют, как правило, двух- и трехпролетными с консольным участком для стартовой площадки и с пролетами  $l$  до 40 м с тем, чтобы избежать применения ферм тяжелого типа.

В конструктивном отношении балочное пролетное строение представляет собой жесткий пространственный блок обычно из двух неразрезных ферм легкого типа, объединенных системой горизонтальных связей по верхним, нижним поясам ферм и вертикальными связями. Решетку ферм чаще всего принимают треугольной с дополнительными стойками и шпренгельными элементами к верхним поясам ферм для уменьшения шага прогонов. Элементы ферм пролетного строения чаще всего выполняют таврового сечения из прокатных тавров или из двух спаренных уголков. Можно применять двутавровые сечения из двух швеллеров, прокатных двутавров, а также замкнутые сечения из труб. Элементы решетки обычно имеют крестовое сечения из двух уголков. Соединения элементов ферм принимают, как правило, сварные. Горизонтальные связи по верхним поясам ферм выполняют одновременно функцию ветровых ферм. Горизонтальные связи по нижним поясам ферм пролетного строения также выполняют функцию ветровых ферм. Решетку проектируют чаще всего крестового типа из уголков.

Вертикальные связи обеспечивают геометрическую неизменяемость блока и необходимую жесткость. Прогоны обычно проектируют двутаврового сечения. Фермы пролетного строения опираются в нижней части разгонной зоны непосредственно на бетонные фундаменты, являющимися анкерными неподвижными опорами ферм и воспринимающими скатную составляющую нагрузки от пролетного строения. Прочими опорами ферм являются либо плоские («качающиеся») стойки, что является статически подвижной опорой, либо пространственные (жесткие) опоры. Подвижные «качающиеся опоры» пролетных строений можно выполнять в виде плоских двухветвевых опор в том случае, если предусмотрена отдельно стоящая лифтовая шахта (рис. 14.3), либо в виде пространственной сквозной опоры.



## Рамная, рамно-консольные и консольные системы при длине зоны разгона 60...120 м

Рамные системы целесообразно применять при длине разгонного участка  $E_1$  более 60...70 м. Для уменьшения пролетных моментов можно, например, концевой участок пролетного строения на участке  $E_2$  выполнять консольным (рис. 14.4). При большой высоте трамплина  $H_1 > 30...40$  м желательно пролетное строение на участке  $E_1$  выполнять двухпролетным с шарнирным опиранием концевого пролета со стороны стартовой площадки на крайнюю опору, чтобы не передавать дополнительный изгибающий момент на эту опору.

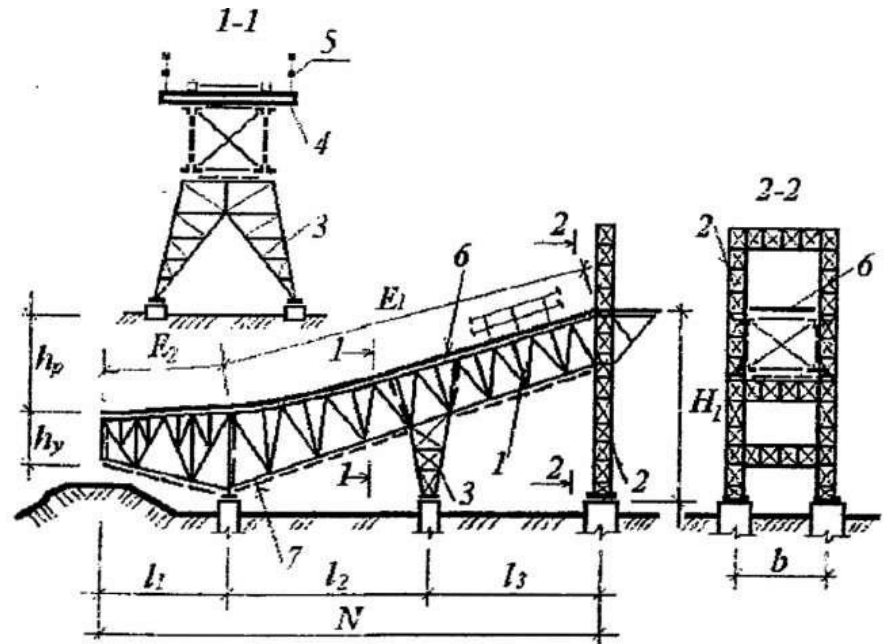


Рис. 14.4. Консольно-рамный трамплин:

1 — двухпролетные сквозные рамы с консольным участком ригеля; 2 — сквозная пространственная рамная опора, совмещенная с лифтовой шахтой; 3 — промежуточная пространственная опора; 4 — прогоны; 5 — перила ограждения; 6 — деревянный настил по прогонам

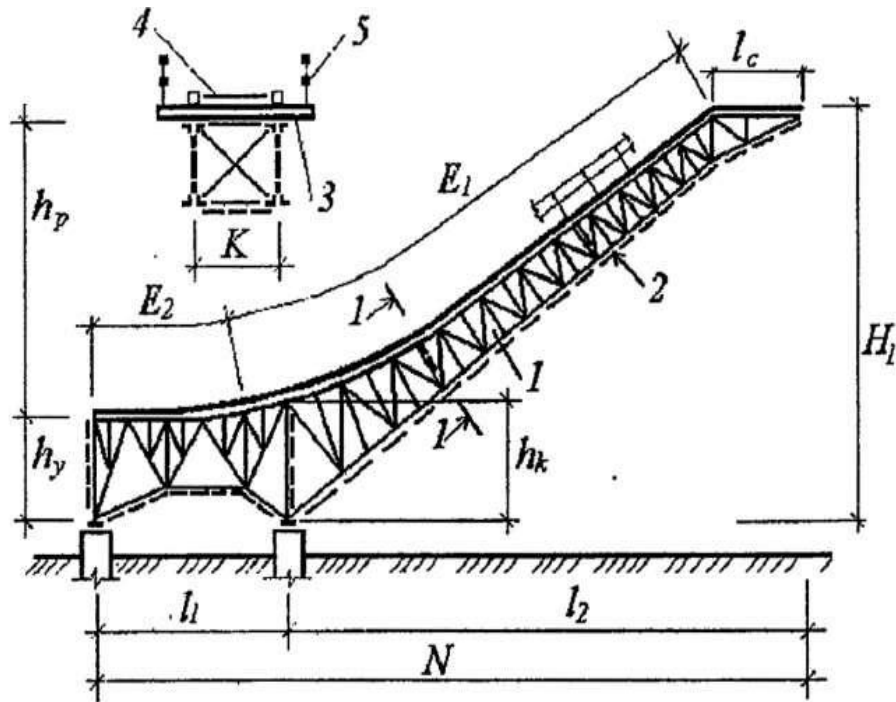


Рис. 14.5. Консольный трамплин:

1 — консольные фермы; 2 — связи пролетного строения; 3 — прогоны; 4 — деревянный настил по прогонам; 5 — перила ограждения

При небольшой длине разгонного участка  $E_1 < 30 \dots 40$  м пролетное строение можно выполнять консольным (рис. 14.5). Независимо от принятой схемы трамплина в конструктивном отношении пролетное строение представляет собой жесткий блок из двух ригелей, объединенных системой горизонтальных и вертикальных связей, аналогично конструктивным решениям для балочных схем. Типы сечений элементов ригелей и связей, узловые сопряжения элементов принципиально не отличаются от принимаемых для балочных систем.

## Комбинированные и висячие системы

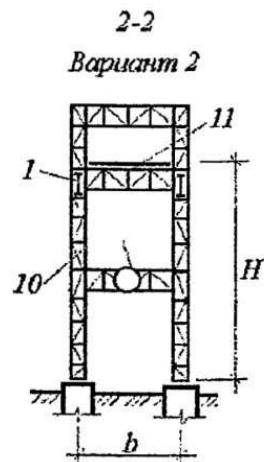
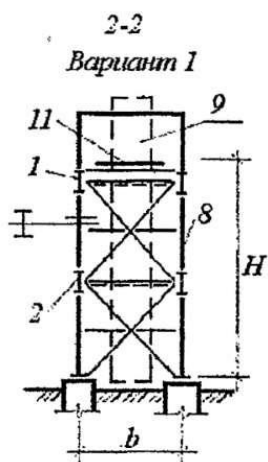
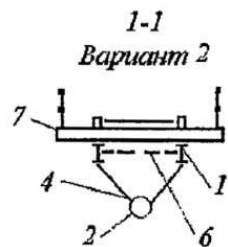
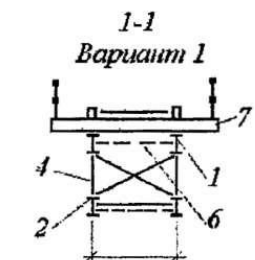
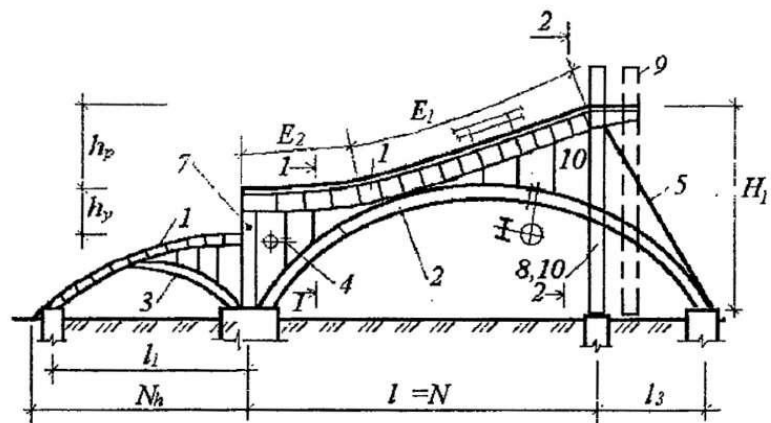


Рис. 14.6. Трамплин с комбинированной системой пролетного строения:

1 — балка жесткости; 2 — гибкая арка пролетного строения разгонной зоны; 3 — гибкая полуарка участка прыжка; 4 — надарочные стойки; 5 — оттяжка (ванты); 6 — ветровые связи пролетного строения; 7 — прогоны; 8 — пилон (рамная плоская опора); 9 — лифтовая шахта; 10 — пилон (рамная пространственная опора, совмещенная с лифтовой шахтой); 11 — деревянный настил лыжной дорожки

В тех случаях, когда общая длина разгонной зоны трамплина  $E$  более 100..120 м, целесообразно использовать комбинированную систему, состоящую, например, из балки жесткости, установленной по верху гибкой арки (рис. 14.6). Достоинством такой системы является, в частности, меньший расход стали по сравнению с балочными и рамными системами, а также архитектурная выразительность конструкции. Недостатком системы является значительный распор, который необходимо воспринять фундаментами, ее чувствительность к температурным воздействиям и сложность изготовления и монтажа конструкций. Балку жесткости располагают чаще сверху гибкой арки. Ее обычно выполняют сплошнотенчатой двутаврового сечения, реже в виде фермы легкого типа. По балкам жесткости укладывают прогоны, деревянный настил лыжной дорожки, в пределах высоты сечения балки жесткости располагают ветровую ферму. Гибкую арку проектируют параболического, реже кругового очертания сплошнотенчатого сечения.

Конструктивным альтернативным решением при длине разгонной зоны  $E$  более 100 м является комбинированная система с использованием растянутых «нитей» и балок жесткости (рис. 14.7). Достоинством такой системы является возможность использования для основных несущих конструкций растянутых элементов (тросов, канатов), удобство транспортировки и монтажа этих элементов, низкая металлоемкость конструкций и архитектурная выразительность системы. Недостатком висячей системы являются наличие большой выдергивающей силы, что требует устройства мощных фундаментов, повышенная деформативность при подвижных нагрузках. Висячая система состоит из двух опор, несущих тросов, стабилизирующего троса, балки жесткости и стоек к балке жесткости. Для обеспечения требуемой жесткости такой системы несущие и стабилизирующие тросы предварительно напрягают.

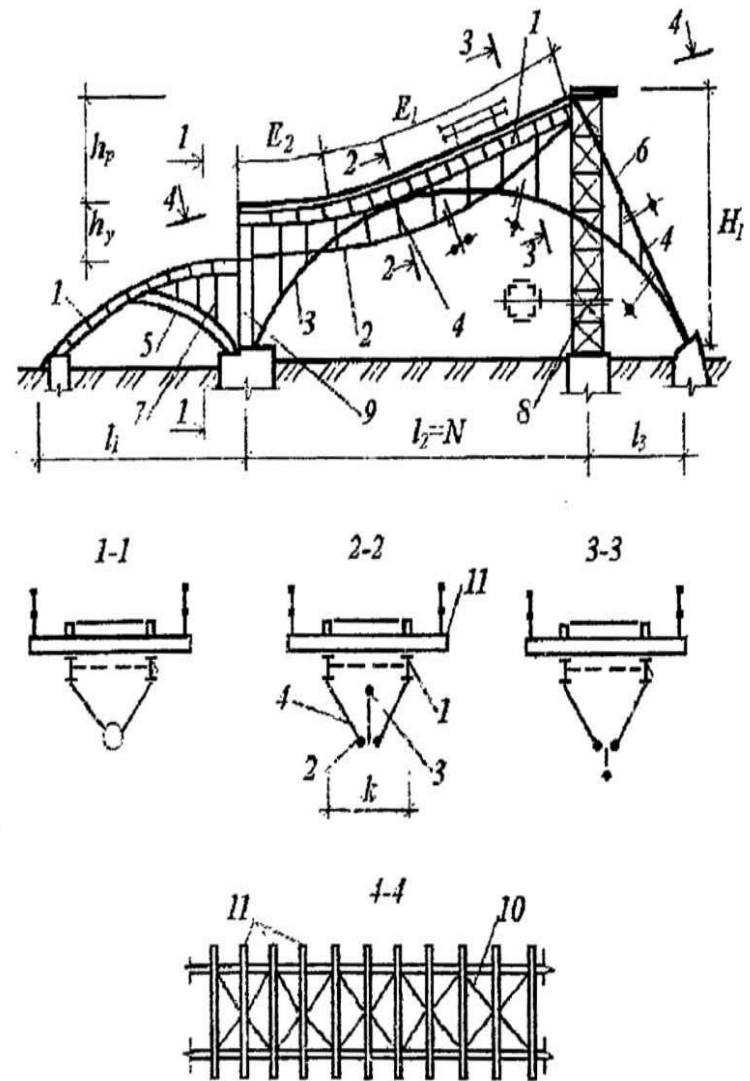


Рис. 14.7. Трамплины с висячей системой пролетного строения:

1 — балка жесткости; 2 — несущие тросы; 3 — стабилизирующий трос; 4 — стойки балки жесткости несущим и стабилизирующему тросам; 5 — гибкая полуарка пролетного строения участка прыжка; 6 — оттяжка; 7 — надарочные стойки; 8 — пространственная опора, совмещенная с лифтовой шахтой; 9 — опора в конце разгонной зоны; 10 — ветровые связи пролетного строения; 11 — прогоны