



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Строительство уникальных зданий и сооружений»

**Практикум**  
по дисциплине  
«Основы архитектуры и строительных  
конструкций»

**«Здания и сооружения  
систем  
теплогазоснабжения и  
вентиляции»**



Авторы  
Григорян М.Н.,  
Сайбель А.В.

Ростов-на-Дону, 2016

## Аннотация

Здания и сооружения систем теплогазоснабжения и вентиляции: методические указания по дисциплине "Основы архитектуры и строительных конструкций" по направлению подготовки 08.03.01 "Строительство", профиль "Теплогазоснабжение и вентиляция".

Предназначена для обучающихся изучающих дисциплину «Основы архитектуры и строительных конструкций». Даны общие представления об объемно-планировочных и конструктивных решениях зданий и сооружений систем теплогазоснабжения и вентиляции.

## Авторы

ст. преподаватель Григорян М.Н.  
ассистент Сайбель А.В.



## Оглавление

<b>СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ .....</b>	<b>4</b>
1. Типы зданий и сооружений, строительные элементы .	4
2. Котельные .....	4
3. Комплекс зданий и сооружений на газовых сетях .....	6
4. Строительные элементы .....	6
5. Подземные каналы и туннели .....	9
6. Опоры трубопроводов .....	12
7. Вытяжные башни и дымовые трубы .....	18
8. Резервуары для сжиженного газа .....	30
<b>Литература .....</b>	<b>38</b>

## СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

### 1. Типы зданий и сооружений, строительные элементы

К зданиям и сооружениям систем теплогазоснабжения и вентиляции относят: котельные, газораспределительные, насосно-водоподготовительные здания, дымовые трубы, теплоэлектроцентрали, каналы теплоснабжения, опоры под трубопроводы, емкости для газа и др.

На генеральном плане здания и сооружения размещают с учетом требований районной планировки. При этом теплоэлектроцентрали и газовые заводы располагают в периферийных районах или вне города, изолированными от жилых районов санитарно-защитными зонами.

### 2. Котельные

Здания, предназначенные для размещения котельных установок (генераторов, преобразующих в теплоту энергию топлива) классифицируют:

- по виду топлива (твердое, жидкое или газообразное);
- по схеме теплоснабжения (открытого, полуоткрытого и закрытого типов);
- по назначению (отопительные, производственные и отопительно - производственные);
- по характеру размещения (отдельно стоящие здания, заблокированные с другими зданиями, встроенные в подвалы гражданских зданий).

Районные котельные, располагаемые обычно отдельно от других зданий, снабжают теплотой системы отопления, вентиляции и горячего водоснабжения групп зданий различных типов.

Котельные встроенные (подвальные), размещаемые в жилых и общественных зданиях, должны иметь естественное освещение. Их отделяют от смежных помещений противопожарными стенами с пределом огнестойкости не менее 4 ч и междуэтажными перекрытиями с пределом огнестойкости не менее 1,5 ч.

В **состав основных помещений** домовых котельных входят:

- котельный зал с необходимым запасом топлива (2...3 – дневным),

## Основы архитектуры и строительных конструкций

- смежное помещение насосной, служащее для размещения питательных и циркуляционных насосов и вентиляторов,
- мастерская текущего ремонта систем отопления,
- помещение персонала с туалетом и душевой.

При проектировании котельных залов определяют типы и габариты котлов, работающих на определенном топливе по соответствующей технологии, а также размеры рабочих мест и проходов с учетом противопожарных требований и техники безопасности. Расстояние от верхней точки котла до низа несущей конструкции покрытия в зависимости от типа котла и от его фронтальной стенки принимается обычно не менее 2 м, от фронтальной стенки котлов до противоположной стены здания – не менее 3 м, ширина проходов между обмуровками котлов (или между стенками и обмуровкой) – не менее 1 м.

Размеры помещения котельной определяются габаритами оборудования (рис. 1). Площадь оконных проемов в стенах или фонарей в покрытии принимают не менее 10 % площади, занятой котлами. При площади пола в котельных более 250 м<sup>2</sup> предусматривают не менее двух выходов.

Унифицированные размеры зданий котельных принимают :

- в сельской местности (котельные с секционными чугунными котлами) – однопролетные здания с пролетами 6...12 м и высотой 6...12,6 м ,
- в жилых кварталах города – пролеты 12, 18, 24 м при высоте 6...12,6 м,
- в промышленных предприятиях – пролеты 18 и 24 м при высоте 7,2...14,4 м.

В состав помещений типовых котельных входят котельный зал с бункерной галереей, а также подсобные бытовые и служебные помещения. Так как котельные относятся к категории взрывоопасных зданий, то покрытия одноэтажных бесчердачных котельных устраивают из легкосбрасываемых элементов. При наличии оконных проемов или фонарей (выше обмуровки), возможно применение более массивных конструкций покрытий. Строительные конструкции в связи с взрывоопасностью зданий проектируют с учетом специальных требований.

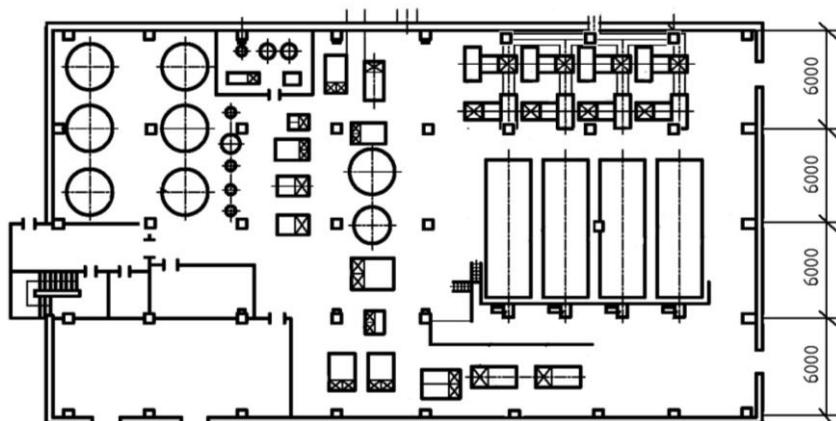


Рис.1. План котельной закрытого типа

### 3. Комплекс зданий и сооружений на газовых сетях

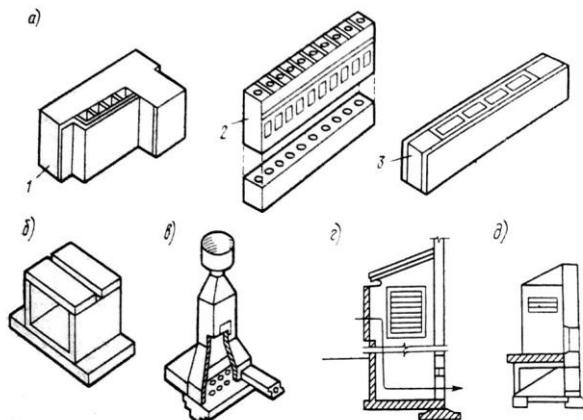
**Газораспределительные станции (ГРС).** ГРС магистральных газопроводов и его ответвлений размещают самостоятельно или на территории компрессорных станций с разрывом до компрессорных цехов не менее 20 м. На территории газораспределительной станции предусматривают здание щитовой и контрольно-измерительных приборов (КИП), блок отключающих устройств, блок очистки, блок редуцирования, одоризационная установка, бытовые помещения.

**Газорегуляторные пункты.** Они осуществляют регулирование подачи газа требуемого давления с помощью регуляторов для подачи потребителям и размещаются в негорючем одноэтажном здании. Здесь предусматривается два помещения (основное и вспомогательное) с изолированными наружными выходами с дверями, открывающимися наружу. В основном помещении размещены регуляторы, уравниватель, предохранительный клапан, щит контрольно-измерительных приборов. Во вспомогательном помещении располагается автоматический водонагреватель для отопления.

### 4. Строительные элементы

Для осуществления отопления и вентиляции промышленные и гражданские здания оборудуют специальными элементами вентиляции и отопления. При вытяжной вентиляции применяют вытяжные каналы внутрстенные или приставные у стен и пере-

городок, а также одно- или двухрядные вентиляционные блоки и панели. В малоэтажных зданиях внутрискатные каналы предусматриваются из каждого вентилируемого помещения размером не менее 140×140 мм при толщине стенок в полкирпича. В жилых домах на каждую квартиру предусматривают два канала – от кухни и санитарного узла. Приставные каналы размерами не менее 100×150 мм выполняют из асбестоцементных труб или коробков прямоугольного сечения (рис. 2).



*Рис. 2. Элементы системы вентиляции: а – вентиляционные каналы, б – чердачный вентиляционный короб, в – вытяжная шахта*

В многоэтажных зданиях распространены индустриальные унифицированные железобетонные вентиляционные блоки и панели с круглыми и овальными каналами. Каналы монтируют на строительной площадке из сборных блоков и панелей. Выпуск загрязненного воздуха из вертикальных каналов в жилых зданиях осуществляется с присоединением к ним посредством каналов-спутников поэтажных решеток кухонь и санитарных узлов, располагаемых по одной вертикали дома. Вентиляционные вытяжные шахты рассчитаны на обслуживание каналов одной секции дома, они устраиваются каркасными с заполнением утеплителем или бетонных плит, размещаются на 0,5 м выше конька крыши, защищаются зонтами или дефлекторами от атмосферных осадков. Возможен выпуск воздуха непосредственно в помещении теплого чердака, на кровле которого устанавливают вытяжную шахту высотой 3000 мм. В этом случае чердак разделяют перегородками соответственно секциям жилого здания.

Воздухоприемные устройства приточных систем с механическим побуждением (для общественных и промышленных зданий) размещают в наружных стенах зданий или отдельно стоящими с учетом направления ветра и с расположением воздухоприемных отверстий на высоте не менее 2 м от уровня земли. Отверстия для выброса загрязненного воздуха располагают выше воздухоприемных. Отдельно стоящую воздухозаборную шахту соединяют подземным каналом со зданием.

Приточные камеры систем вентиляции общественных зданий размещают в подвале или нижних этажах, на чердаках, вытяжные камеры – на чердаке или в специальных помещениях верхних этажей. Вентиляционное оборудование систем приточных и кондиционирования воздуха размещают преимущественно в технических подвалах, межферменном пространстве, а также во встроенных площадках, антресолях. Удаление загрязненного воздуха из верхней зоны одноэтажных промышленных зданий целесообразно осуществлять через аэрационные фонари, шахты, дефлекторы или крышными вентиляторами. Соответственно противопожарным требованиям приточные установки, кондиционеры, устройства вытяжной вентиляции проектируют отдельными для групп помещений соответствующей категории и размещают в изолируемых помещениях с несгораемыми конструкциями.

Для систем отопления выбор отопительного прибора осуществляется соответственно типу зданий и теплоносителя. Для водяного и парового отопления гражданских зданий применяют радиаторы различных видов, конвекторы, инфракрасные излучатели и др., при воздушном отоплении общественных и промышленных зданий – калориферы и воздухонагреватели, при этом перемещение теплого воздуха организуется электровентиляторами (рис. 3).

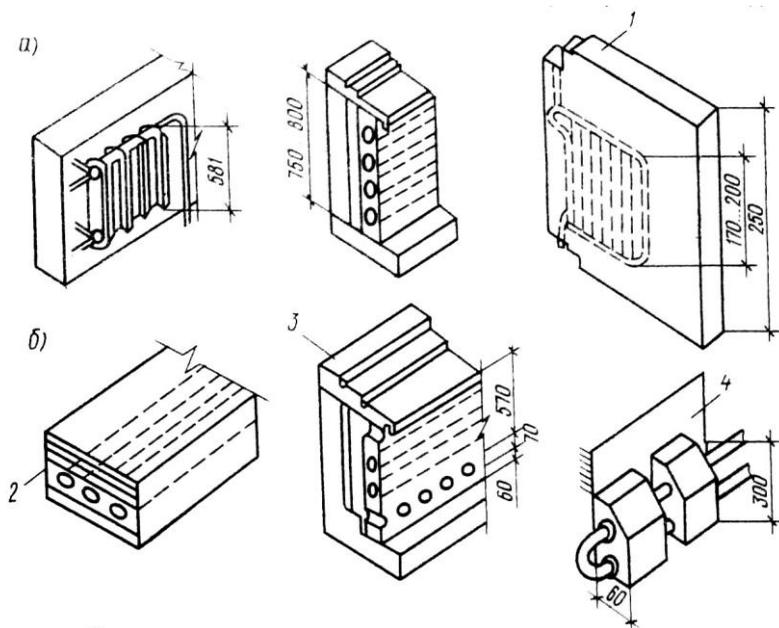


Рис. 3. Элементы системы отопления: а – радиаторы, б – панели отопления: 1 – перегородочные, 2 – потолочные, 3 – подоконные, 4 – плинтусные

При панельном отоплении используют нагревательные приборы из стальных трубчатых элементов, замоноличенных в бетонной панели. Применяют панели совмещенные, изготавливаемые совместно с ограждающими конструкциями, и приставные. Панели отопления выпускают напольные, стеновые и потолочные. Стеновые отопительные панели (подоконные, плинтусные и перегородочные) с одно- и двусторонней теплоотдачей изготавливают из бетона. Подоконные панели, совмещенные со стеной, приставленные к ней или вставленные в нишу, обычно размещают под окнами. Перегородочные отопительные панели (толщиной 80...123 мм) с отопительными стояками примыкают к наружным стенам (рис. 3).

## 5. Подземные каналы и туннели

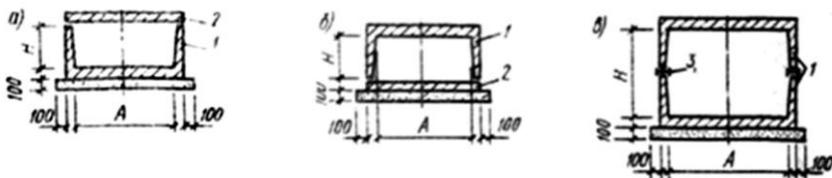
Подземные каналы и туннели служат для прокладки кабелей, трубопроводов различного назначения, отвода сточных вод, транспортировки разнообразных продуктов и отходов производства и т.д.

Конструктивные решения каналов и туннелей выбирают такими, что бы их можно было возводить из минимального числа сборных элементов и по возможности исключать устройство монолитных участков. Днища каналов и туннелей выполняют гладкими, что упрощает устройство пола с уклоном (не менее 0,2 %), требуемым для стока вод. Предусматривают так же гладкую наружную поверхность сборных элементов каналов и туннелей, что облегчает устройство гидроизоляции.

Особые требования предъявляются к стыкам сборных элементов, которые должны быть максимально простыми. Устройство стыков с применением закладных изделий позволяет упростить опалубочные формы элементов и уменьшить расход бетона, однако такие стыки необходимо защищать от коррозии.

**Каналы** не предназначены для прохода обслуживающего персонала, поэтому их называют непроходными. Их высота обычно составляет менее 2 м. Применяют три варианта конструкций каналов :

- из лотковых элементов 1, перекрываемых плоскими плитами 2 (рис. 4 а),
- из лотковых элементов 1, опирающихся на плоские плиты 2 (рис. 4 б),
- из верхних и нижних лотковых элементов 1, соединяемых с помощью коротышей из швеллеров 3, которые закладываются в продольные швы(рис. 4 в).



*Рис.4. Конструкции сборных железобетонных каналов из лотковых элементов и плоских плит*

Многосекционные каналы могут быть образованы из тех же сборных элементов (рис. 5, 6).

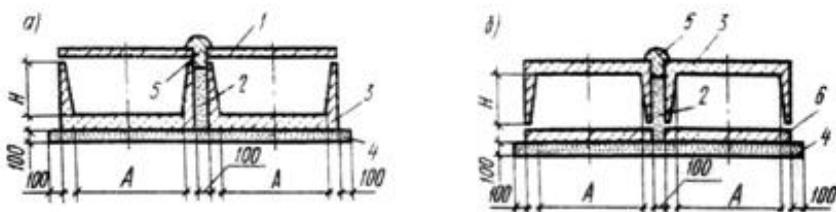


Рис.5. Конструкция сборного железобетонного канала из верхних (а) и нижних (б) лотковых элементов:

а – из лотковых элементов перекрытых плоскими плитами, б – то же, опирающихся на плоские плиты. 1 – плиты, 2 – засыпка песком, 3 – лоток, 4 – песчаная подготовка, 5 – заливка цементным раствором

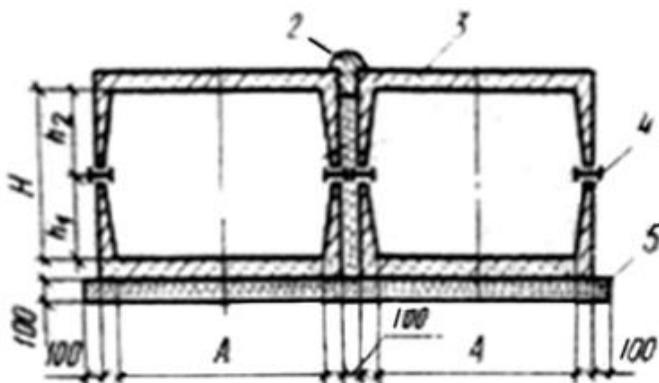


Рис.6. Многосекционный сборный железобетонный канал:

1 – засыпка песком, 2 – заливка цементным раствором, 3 – лоток, 4 – швеллер, 5 – песчаная подготовка

**Туннели** предусматривают проход внутри них обслуживающего персонала и имеют достаточную для этих целей высоту. Одно- и двухсекционные туннели по возможности выполняются из одинаковых элементов. Туннели из лотковых элементов конструктивно решены аналогично каналам из верхних и нижних лотковых элементов, соединяемых с помощью швеллеров, которые приваривают к закладным деталям, устанавливаемым в стенке нижних лотков. Однако в туннелях установка лотковых элементов выполняется с перевязкой вертикальных швов. Многосекционные туннели образуются из параллельно устанавливаемых односекцион-

ных туннелей с засыпкой “пазухи” между стенками сухим песком.

Сочетания высот нижних и верхних лотков принимают в зависимости от вида и условий монтажа коммуникаций. По ширине размеры лотков приняты 420...4000 мм, по высоте – 360...1700 мм включительно. При ширине лотков до 24000 мм и массе до 9.3 т длина лотков равна 5970 мм, в остальных случаях – 2970 мм. Плоские плиты перекрытий и днища имеют длину 2990 мм, за исключением плит для каналов шириной 300 и 450 мм, длина которых 740 мм.

Для перекрытия полуподземных каналов применяют также трехслойные утепленные плиты, в которых в качестве утеплителя используют ячеистый бетон. В полуподземных каналах и туннелях делают не реже чем через 50 м. Деформационные швы рекомендуется устраивать в местах примыкания каналов к камерам и компенсаторным нишам или на границах участков с резко различающимися сечениями, нагрузками и т.д. В туннелях, кроме того, необходимо предусматривать выходы и монтажные проемы. Расстояния между выходами в шинных и кабельных туннелях не должны превышать 150 м, при прокладке паропроводов – 100 м и при прокладке водяных тепловых сетей – 200 м.

## 6. Опоры трубопроводов

Для надземной прокладки трубопроводов используют отдельно стоящие опоры, эстакады и кронштейны. Стальные надземные напорные трубопроводы применяются для подачи пульпы (гидрозолоудаление), воды, конденсата, пара, газов и сжатого воздуха в пределах территории заводского комплекса. Они состоят из стальных труб диаметром от 300 мм, уложенных или подвешенных на отдельно стоящих опорах.

**Опоры под трубопроводы** выполняют в основном сборными железобетонными и реже – металлическими. Шаг опор определяется несущей способностью труб и при малых и средних диаметрах колеблется в пределах 10 – 25 м. Он может быть увеличен применением стальных шпренгелей или подвесок. Трубопроводы диаметром менее 300 мм укладываются по ригелям, которые расположены через 1,5 – 3 м на стальных балках, перекрывающих пролет.

**Отдельно стоящие опоры** (рис. 7, а). Такие опоры для одного или нескольких трубопроводов относительно большого диаметра (от 200 мм) выполняют из железобетона. Применяют и металлические опоры, выполненные из двутавров, соединенных решеткой из уголков. Для компенсации температурных деформа-

ций трассу трубопровода разбивают на температурные блоки длиной 36...120 м ограниченные компенсаторами. По характеру загрузки опоры подразделяются на промежуточные и анкерные – промежуточные, концевые и угловые. Анкерные опоры рассчитаны на восприятие горизонтальных усилий и устанавливаются в середине температурных отсеков, на концах трассы и по одной с каждой стороны ее поворота или ответвления и соединенных связями. На анкерных опорах трубопроводы крепятся неподвижно. На промежуточных опорах крепление допускает температурные перемещения. Ввиду усиленного износа нижней части стенок труб пульпопровода их периодически поворачивают. Поэтому на анкерных опорах они закрепляются съемными хомутами.

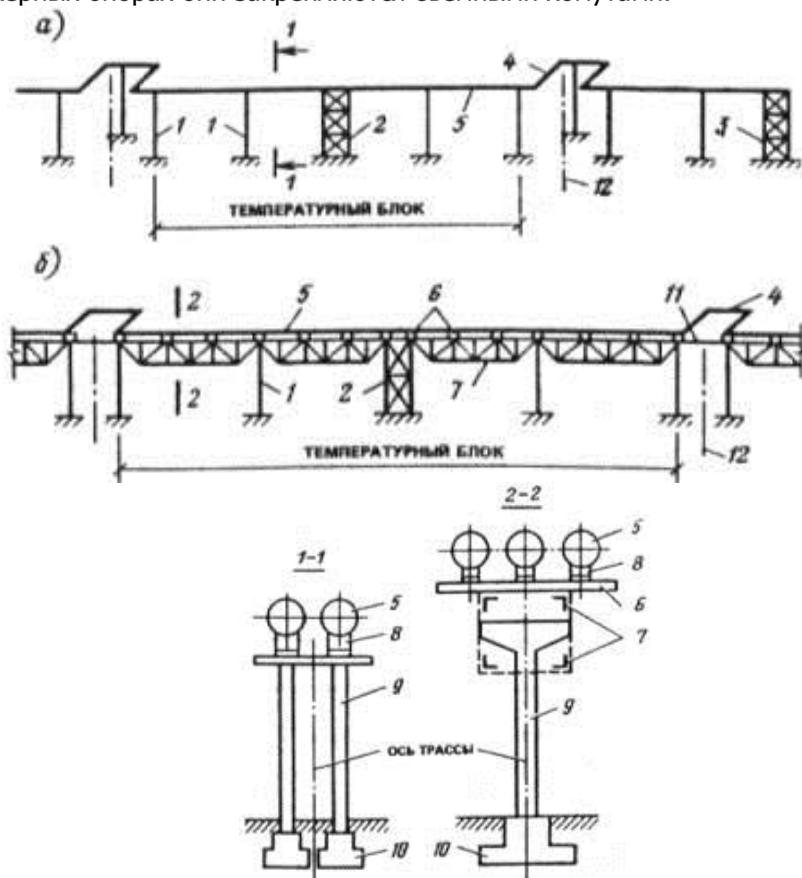


Рис. 7. Опоры и эстакады для трубопроводов:

а – прокладка трубопроводов по отдельно стоящим опорам;  
б – то же, по эстакадам, в – крепление трубопровода, 1 – проме-

## Основы архитектуры и строительных конструкций

*жуточная опора; 2 – анкерная опора; 3 – трубопровод; 4 – компенсатор; 5 – траверса; 6 – пролетное строение; 7 – опорная часть трубопроводов; 8 – колонна; 9 – фундамент; 10 – вставка температурного блока; 11 – стержень; 12 – наклонные отверстия; 13 – хомут*

Конструктивно опоры подразделяются на низкие (надземная высота 0,9 м) и высокие (надземная высота 5,4; 6,6 и 7,8 м). Низкие промежуточные опоры выполняются в виде траверс, уложенных плашмя на песчаную подушку, насыпанную взамен растительного слоя.

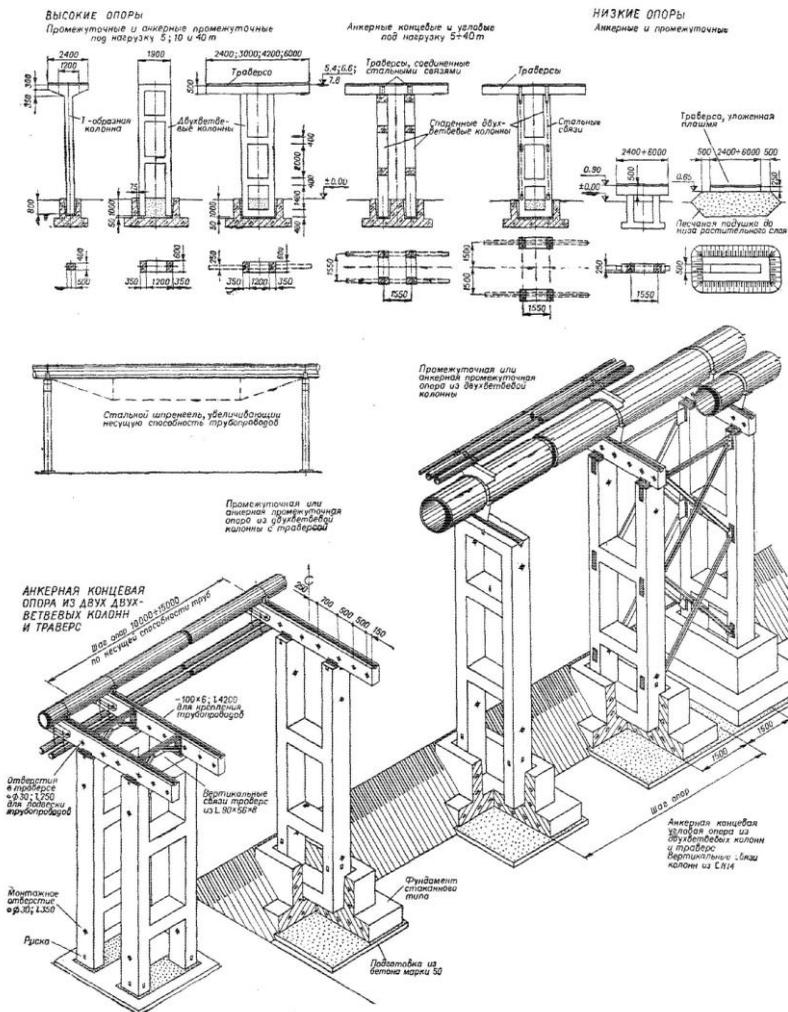
В низких анкерных опорах траверса приваривается к коротким сваям или монолитным железобетонным фундаментам по типу показанных на рисунке 8.

Высокие промежуточные опоры выполняются из Т-образных или двухветвевых колонн, бетонируемых в формах типовых колонн промышленных зданий. Последние устанавливаются полкой вверх или вниз при траверсе, приваренной сверху. Анкерные промежуточные опоры, воспринимающие уровнovesивающиеся горизонтальные усилия, по своей конструкции аналогичны промежуточным опорам. Концевые и угловые анкерные опоры конструируются из спаренных двухветвевых колонн, соединенных траверсами или вертикальными стальными связями.

Иногда для уменьшения пролета трубы производят подвеску трубопроводов на растяжках. При необходимости к опорам могут подвешиваться трубопроводы и меньших диаметров. Уклон трубопроводов в пределах перепада высот колонн достигается за счет изменения отметки обреза фундамента и различной глубины заделки.

**Эстакады.** Эстакады с пролетным строением в виде балок, ферм (рис. 7, б) применяют при прокладке трубопроводов больших диаметров или большом количестве труб (более 10 шт.). Шаг опоры эстакады принимается 12, 18 и 24 м. Эстакады бывают одно и многоярусными. Под опорные части трубопроводов устанавливают поперечные балки-траверсы, опирающиеся, в свою очередь, на пролетное строение в виде балок или ферм. Шаг траверс принимается равным 3000...6000 мм. Как и при отдельно стоящих опорах, эстакады разбивают на температурные блоки длиной 36....120 м.

**ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ОПОРЫ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**



**Рис. 8. Железобетонные опоры стальных надземных трубопроводов**

Опорные части трубопроводов выполняют подвижными (скользящими) в виде металлических столиков, приваренных к трубе. Столики опираются на стальные листы траверсы, позволяющие им скользить. Неподвижная опорная часть трубопровода устанавливается путем крепления трубопровода к траверсе с по-

мощью приварки к трубе неподвижных упоров.

**Кронштейны.** Кронштейны для крепления трубопроводов по стенам зданий обычно выполняют из уголков или швеллеров и заделывают в гнезда глубиной до 30 см, замоноличиваемые бетоном (рис 9).

Для крепления кронштейнов к колоннам часто осуществляют приварку кронштейна к закладным деталям колонны. Однако, в типовых чертежах колонн закладные детали обычно не предусматриваются, поэтому их размещение назначают при привязке типовых колонн к конкретным объектам, что удлиняет сроки проектирования. Иногда колонны каркаса здания обрамляют с четырех сторон металлическими уголками, обеспечивая возможность крепления коммуникаций к колоннам в любом месте, хотя этот прием вызывает существенный перерасход стали. Трубопроводы крепят к колоннам также соединительными стержнями, пропущенными через наклонные отверстия в колонне (рис. 7, в). Отверстия проходят через смежные грани колонн под углом 45°. Предусмотрено модульное расположение отверстий по высоте колонн (с шагом 600 мм). Отверстия в колоннах образуют дырообразователи, входящими в комплект опалубочных форм. В качестве дырообразователей можно использовать инвентарные стальные штыри, а также пластмассовые трубки, оставляемые в бетоне, и др. Высоту подвески коммуникаций регулируют выбором соответствующего отверстия для крепления, длины подвески и винтовой нарезки на конце соединительного элемента.

Наряду с опорами в виде железобетонных стоек прямоугольного сечения для отдельно стоящих опор и опор одно- и двухъярусных эстакад под технологические трубопроводы (а также для других объектов – опор открытых крановых эстакад, пешеходных галерей, площадок под технологическое оборудование, колонн производственных зданий без мостовых кранов и т.п.) применяют железобетонные центрифугированные стойки (рис. 11).

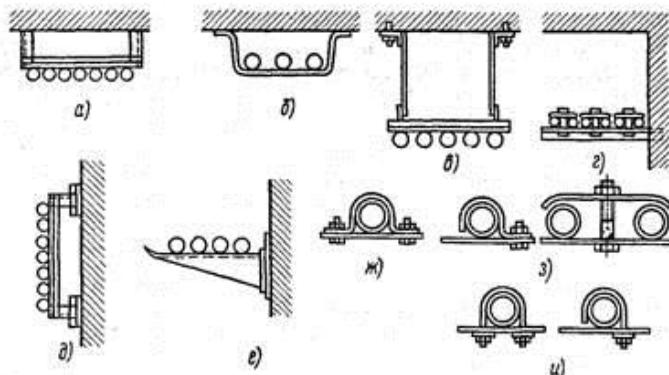


Рис.9. Способы крепления труб к опорным конструкциям: а – в – потолочных опорных конструкций из уголка, перфорированной полосы и на подвесках; г – е – настенных опорных конструкций и кронштейнов; ж – и – хомутов, полухомутов и двух однолапковых скоб и накладок

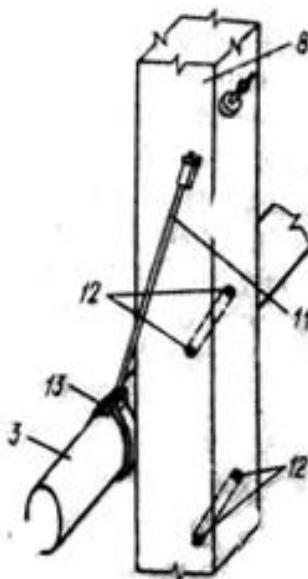


Рис. 10. Крепление трубопровода к колонне: 3 – трубопровод, 8 – колонна, 11 – стержень; 12 – наклонные отверстия; 13 – хомут

Номенклатурой предусмотрены стойки диаметром 300, 400, 500, 600, 800 и 1000 мм, длиной 3,6...19,2 м с градацией – 0,6 м, при толщине стенок от 50 до 120 мм.

Стойки запроектированы из бетона классов В25...В60. В верхней части стоек предусмотрено устройство оголовка с закладной деталью кольцевой формы, предназначенной для крепления опирающихся на стойки конструкций.

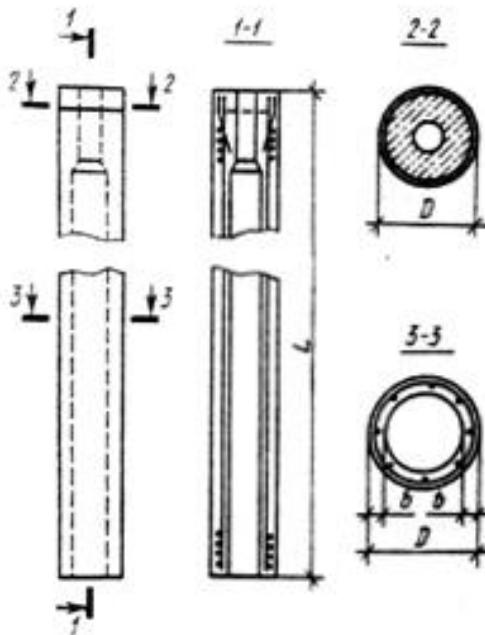


Рис. 11. Конструкция центрифугированной стойки

## 7. Вытяжные башни и дымовые трубы

Вытяжные башни и дымовые трубы отводят в верхние слои атмосферы ненужные газы от вентиляционных и тепловых установок, защищая нижние слои атмосферы от загрязнения. Высота современных башен и труб достигает 200...300 м при внутреннем диаметре вверху до 7...10 м. Вытяжные башни и дымовые трубы состоят из фундамента и ствола, имеющего вид полого цилиндра или усеченного конуса.

Башни и трубы снаружи снабжают светофорными площадками, площадками для обслуживания ходовой лестницей, грозо-

защитными устройствами. В некоторых случаях для обслуживания и контроля технического состояния высоких труб используется лифт с машинным отделением, расположенным в цоколе.

По технологическому назначению в зависимости от состава и температурно-влажностной характеристики отводимых сред промышленные трубы разделяются на два типа: дымовые трубы и вытяжные башни. Дымовые трубы отводят дым и газовоздушные смеси с влажностью не более 60 % и температурой 100...500°C, в которых помимо взвесей сажи, золы и пыли содержатся в небольшом количестве газы средней и низкой агрессивности. Вытяжные башни отводят газы повышенной агрессивности с влажностью более 80...90 % и температурой до 400°C, либо при низких температурах содержащие конденсат.

Основное отличие конструктивного решения вытяжных башен от дымовых труб заключается в четком разделении несущих и технологических функций составных элементов сооружения.

**Вытяжные башни.** Газоотводящие стволы вытяжных башен выполняющие роль только технологических коммуникаций, опираются на несущую конструкцию, в качестве которой используется металлическая решетчатая башня. Благодаря этому газоотводящие стволы могут быть изготовлены из таких материалов, как сплавы алюминия, титан, дерево, пластмассы, применение которых определяется в основном не прочностными характеристиками, а коррозионной стойкостью. Различают одно- и многоствольные вытяжные башни. Крепление газоотводящих стволов может быть внутри или снаружи решетчатой башни на специальные площадки, располагаемые через 25...30 м по высоте конструкции (рис. 12).

Несущая башня состоит из верхней призматической и нижней пирамидальной частей с тремя, четырьмя гранями и более..

Конструктивные решения вытяжных башен унифицированы. Предусмотрено два унифицированных ряда металлических башен. Первый включает вытяжные башни с газоотводящими стволами диаметром до 4 м, второй – 4,5...7 м. Для обоих рядов приняты высоты 90, 120, 150 и 180 м.

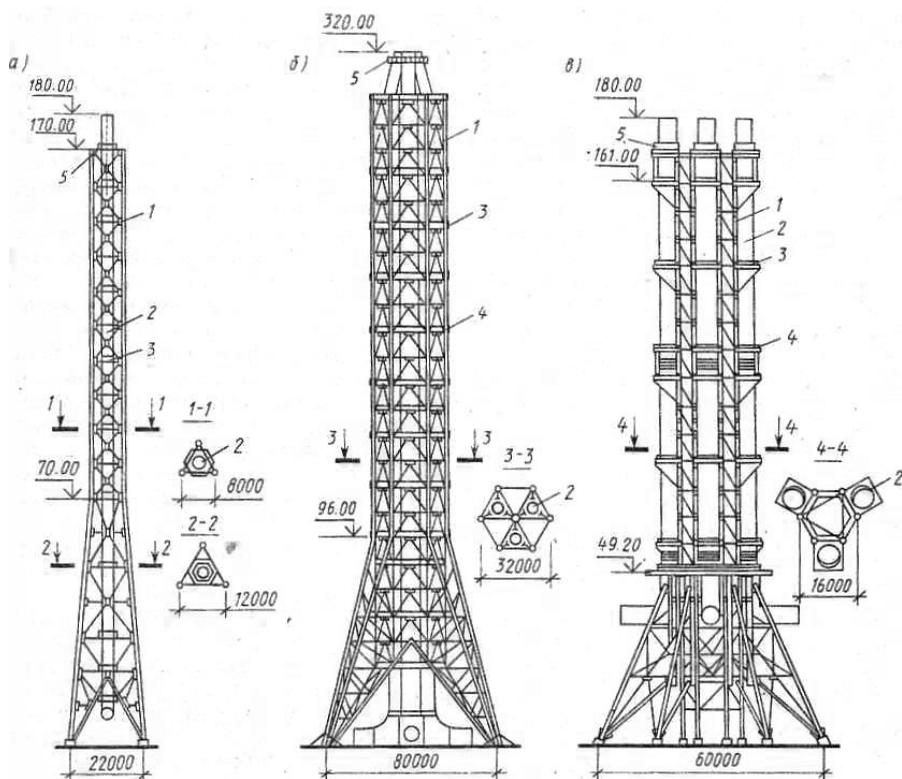


Рис. 12. Примеры конструкций вытяжных башен: а – с одним; б – с тремя газоходами, расположенными внутри несущей решетчатой башни; в – с тремя газоходами, расположенными снаружи несущей решетчатой башни; 1 – стальная решетчатая башня; 2 – стальной газоход; 3 – площадка для крепления газоходов; 4 – площадки для контроля и обслуживания; 5 – светофорные площадки



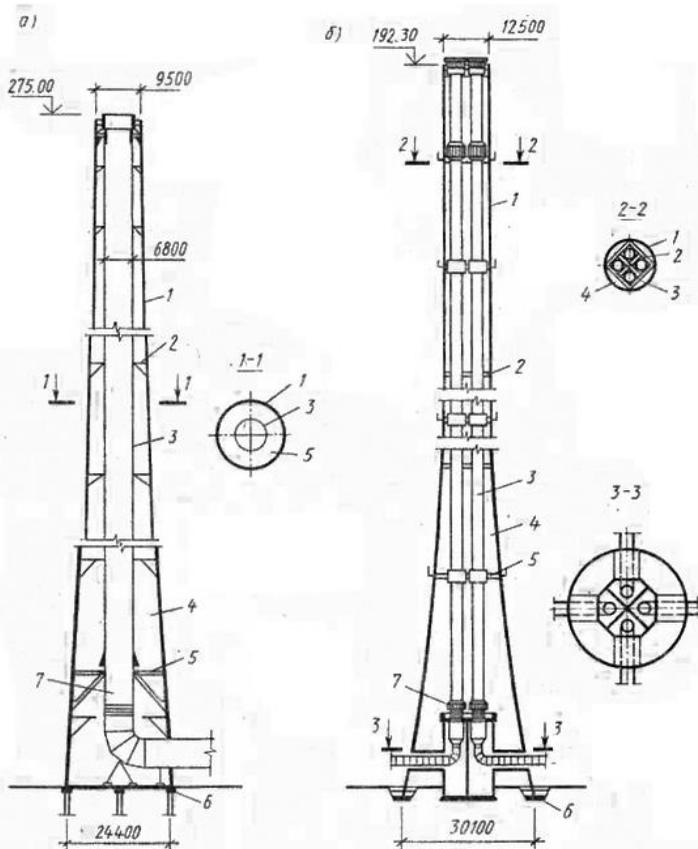
ния пирамидальной части – на болтах, а призматической – на электросварке. Газоотводящий ствол выполнен в виде тонкостенной цилиндрической оболочки из нержавеющей стали (может быть использована пластмасса или дерево) толщиной 4...6 мм в зависимости от высоты и диаметра. Ствол опирается на башню тремя угловыми наклонными подвесками. Ветровые нагрузки, действующие на ствол, передаются на башню через площадки и специальные упоры, приваренные к ним.

**Дымовые трубы.** В дымовых трубах ствол выполняют стальным, кирпичным или железобетонным.

Стальные трубы имеют высоту до 60 м, они применяются в отопительных котельных малой производительности. Стальные трубы термостойки и отличаются удобством возведения, однако они подвержены коррозии.

Высота кирпичных труб может достигать 80...100 м. Кирпичные трубы тепло- и кислотостойкие и поэтому долговечны и применяются для отвода высокоагрессивных газов. Головка подвергается интенсивному воздействию отводимых газов и поэтому в зоне 15...20 м от верха труба должна покрываться снаружи (а иногда и изнутри) кислотостойкими составами или выполняться из кислотостойкого кирпича. Для защиты от воздействия отводимых газов и высокой температуры ствол и фундамент трубы покрывают футеровкой из глиняного или шамотного кирпича или блоков из жаростойкого бетона.

Футеровка выполняется отдельными звеньями высотой 10...12 м и опирается на уступы или специальные консоли. Между футеровкой и стволом предусматривается воздушный зазор, где при необходимости располагается теплоизоляция. В настоящее время вместо футеровки из штучных материалов часто используют металлические газоходы, опираемые через 30...50 м на монолитный железобетонный ствол дымовой трубы (рис. 14).



*Рис. 14. Примеры конструкций дымовых труб: а – с одним и б – четырьмя газоходами; 1 – несущий железобетонный ствол; 2 – площадки для контроля и ремонта; 3 – стальной газоход; 4 – воздушный зазор; 5 – опорные консоли; 6 – фундамент; 7 – температурный компенсатор*

При более значительных высотах экономичнее железобетонные трубы, которые в настоящее время наиболее распространены: цилиндрические трубы, обладающие большей жесткостью и меньшей массой, – при высоте более 60...180 м. В конической трубе наружная поверхность ствола выполняется с уклоном 0,01...0,02, а толщина стенок изменяется по высоте постепенно, без уступов. В цилиндрических трубах толщина стенок изменяется по высоте уступами внутрь трубы. Толщина стенок монолитных труб принимается не менее 160...200 мм при диаметрах 5000...9000 мм соответственно.

Железобетонные монолитные трубы цилиндрической формы обычно возводят в скользящей опалубке, а конические трубы – с применением переставной опалубки и специального оборудования.

Железобетонные дымовые трубы выполняют и сборными преимущественно цилиндрической формы и собирают из отдельных кольцевых элементов – царг, изготавливаемых из обычного или жаростойкого бетона (рис. 15).

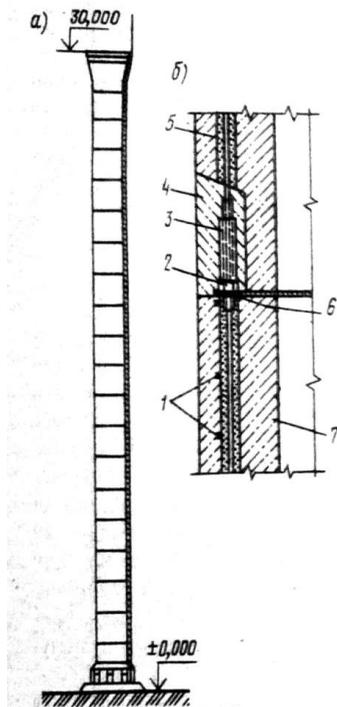


Рис. 15. Сборная предварительно напряженная цилиндрическая дымовая труба из жаростойких железобетонных царг:

а – общий вид, б – деталь стыка предварительно напряженной стержневой арматуры; 1 – кольцевая арматура; 2 – гайка фиксированная; 3 – нарезная муфта; 4 – ниша, заполненная бетоном или раствором; 5 – канал, заполненный цементным раствором; 6 – стальная шайба; 7 – стенка железобетонной царги

Высота царги принимается такой, чтобы общая масса элемента не превышала грузоподъемности монтажного крана. Швы между соседними царгами толщиной не менее 10 мм заполняют цементным раствором, ненапрягаемую арматуру соседних царг

стыкуют с помощью стальных накладок, приваренных к стальным косынкам, которые, в свою очередь, приварены к стержням продольной или кольцевой арматуры. Стыкование арматуры производят в специально сделанных при бетонировании царг-нишах, которые после выполнения стыков заполняют бетоном или раствором.

Дымовые трубы могут быть свободно стоящими, подкрепленными или заблокированными (рис. 16).

Область применения подкрепленных и заблокированных труб распространяется на конструкции, у которых отношение высоты ствола к его диаметру больше 20. Трубы небольшой высоты (до 60 м), как правило, подкрепляют оттяжками (см. рис. 16, д). Они имеют стальной самонесущий ствол цилиндрической формы. Если установить оттяжки из-за стесненных условий окружающей застройки, не представляется возможным, ствол трубы подкрепляют жесткой рамной конструкцией (см. рис. 16, е, ж) или решетчатой башней (см. рис. 16, з). В качестве горизонтальной опоры трубы целесообразно использовать каркас находящегося рядом здания, соответственно усилив его элементы (см. рис. 16, г). Обеспечить необходимую устойчивость конструкции возможно также посредством блокировки нескольких труб между собой (см. рис. 16, б, в).

Промышленные трубы рассчитывают на действие горизонтальной ветровой нагрузки, вертикальной нагрузки от собственного веса трубы к температурные воздействия проходящих газов.

Трубы состоят из фундамента, самонесущего ствола и элементов обустройства.

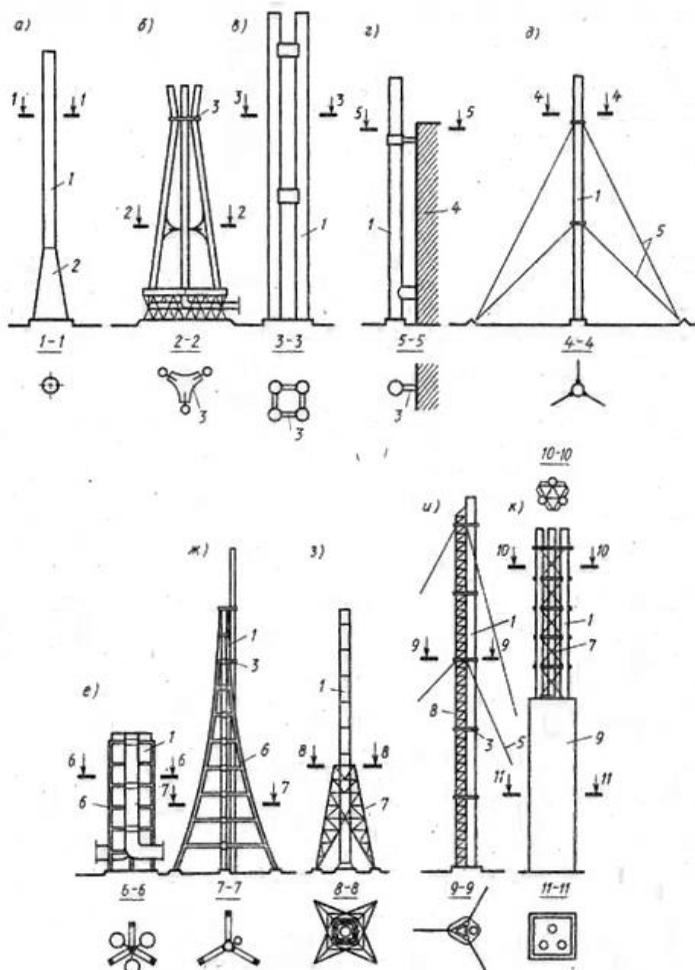


Рис. 16. Основные типы дымовых труб:

а – свободно стоящие; б – заблокированные с наклонными и вертикальными (в) стволами; г – имеющие горизонтальную связь с каркасом капитального сооружения; д – подкрепленные оттяжками; е, ж – жесткой рамой; з – решетчатой башней; и – подкрепленные решетчатой мачтой и оттяжками; к – комбинированное решение свободно стоящего железобетонного ствола и ствола, подкрепленного решетчатой стальной башней; 1 – ствол; 2 – цоколь; 3 – связь. 4 – капитальное сооружение; 5 – оттяжки; 6 – жесткая рама; 7 – решетчатая башня; 8 – решетчатая мачта; 9 – свободно стоящий железобетонный ствол

Фундаменты дымовых труб проектируют железобетонными,

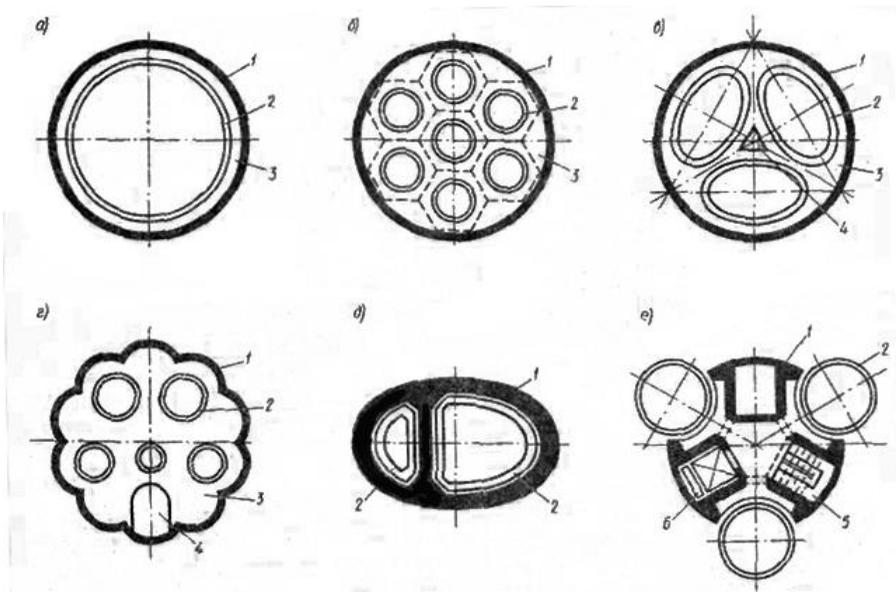
состоящими из цилиндрического стакана и круглой, многоугольной или кольцевой плиты с консолями. Глубина заложения фундамента зависит от высоты трубы, грунтовых условий и глубины прокладки газоходов.

В нижней части ствола дымовой трубы, называемой цоколем, предусматриваются отверстия для газоходов, бункер с поддоном для сбора золы и отверстие для ее удаления.

В нижней (цокольной) части устраивают проемы для ввода надземных борозов (газоводов, дымоходов), располагаемые равномерно по периметру сечения трубы. Подводящие газоходы могут быть подземными, наземными и надземными. Надземные газоходы выполняются металлическими, с прокладкой их к трубе по эстакаде. Наземные и подземные газоходы делают из кирпича, бетонных блоков или железобетонных панелей. Между наружной поверхностью ствола и борозами устраивают осадочные швы.

Основные параметры дымовых труб – высоту и диаметр выходного отверстия — определяют на основании аэродинамических, теплотехнических и санитарно-гигиенических расчетов из условия обеспечения эффективного рассеивания дымовых газов до допустимых санитарными нормами пределов их концентрации на уровне земли. Для дымовых труб высотой до 120 м независимо от материала, используемого для их возведения, высота ствола назначается кратной 15 м, а для труб большей высоты — кратной 30 м. Выходное отверстие диаметром от 1,2 до 3,6 м назначается кратным 0,3 м, а для диаметра от 3,6 до 9,6 м – кратным 0,6 м. Отношение высоты ствола свободно стоящих дымовых труб к его нижнему диаметру, а в конических трубах, кроме того, отношение высоты отдельного участка с постоянным уклоном к своему нижнему диаметру должно быть не более 20.

Большинство возведенных дымовых труб имеют круглое поперечное сечение с одним или несколькими газоходами. Однако в практике зарубежного строительства встречаются и другие конструктивные решения, например с эллипсовидным сечением ствола; с газоходами, расположенными снаружи несущего железобетонного ствола, и др. (рис. 17).



*Рис. 17. Поперечные сечения стволов некоторых дымовых труб:*

*а – круглой формы с одним газоходом; б – то же. с семью газоходами; в – то же. с тремя эллипсовидными газоходами; г – волнистой формы с пятью газоходами, д – эллипсовидной формы с двумя газоходами, е – с тремя газоходами, расположенными снаружи несущего ствола; 1 – несущий железобетонный ствол; 2 – футеровка; 3 – воздушная прослойка; 4 – лаз; 5 – лестница; 6 – лифтовая шахта*

Основы архитектуры и строительных конструкций

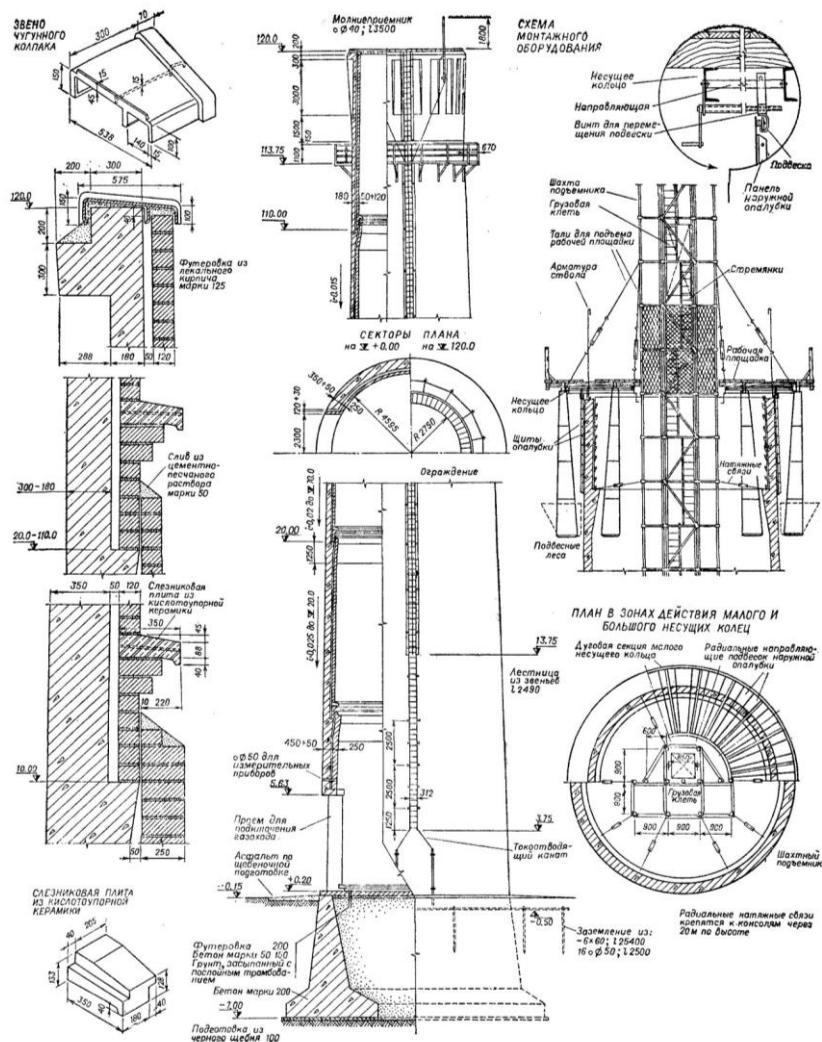


Рис. 18. Дымовая труба из монолитного железобетона

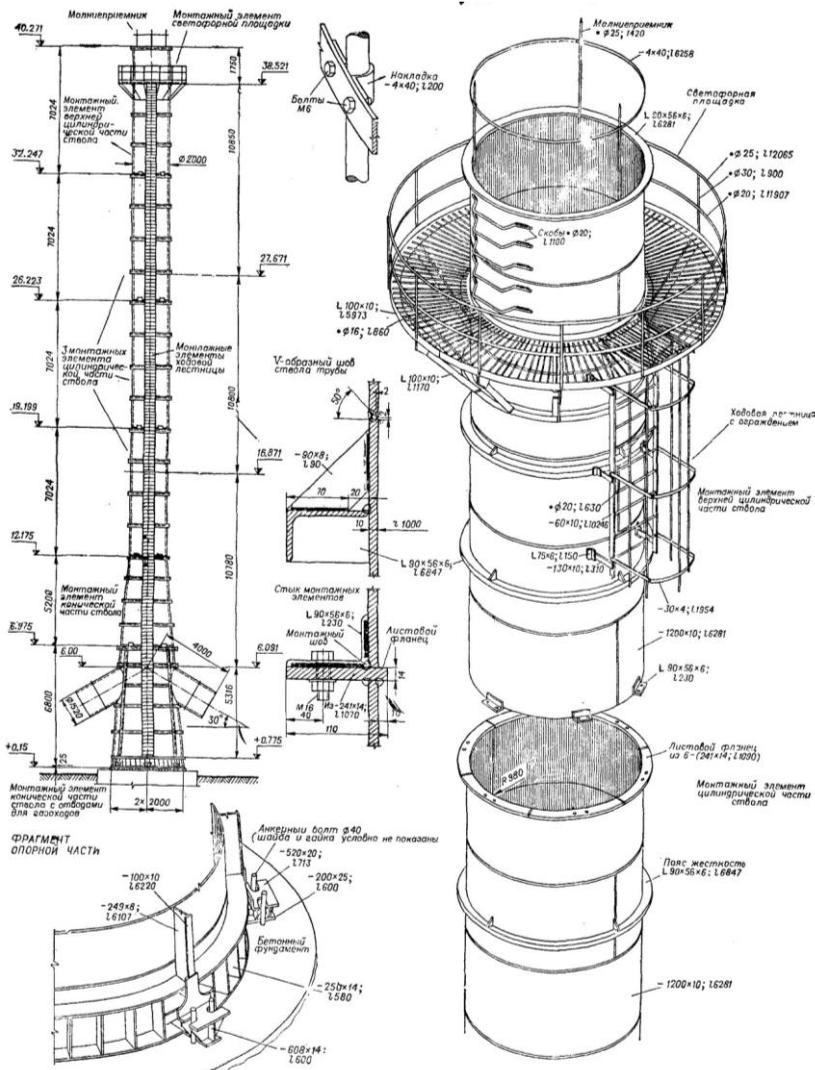


Рис. 19. Стальная вентиляционная труба

## 8. Резервуары для сжиженного газа

**Льдогрунтовые резервуары.** Их сооружают в грунте, геологическое строение которых при наличии высокого уровня грунтовых вод обеспечивает создание сплошной льдопородной стенки в период строительства, ее устойчивость и газонепрони-

цаемость при эксплуатации резервуара. Низкая температура продукта хранения используется для замораживания грунтовой воды и создания, таким образом герметичного хранилища. Резервуары такого типа оборудуют стальным или железобетонным газонепроницаемым покрытием, которое опирается на кольцевой бетонный фундамент. На покрытие укладывают тепло- и пароизоляционный слой.

**Стальные изотермические резервуары.** Они представляют собой **двухстенные** конструкции. Наружная стенка резервуара может быть выполнена из обычной углеродистой стали, а внутренняя – из специальной стали, пригодной для эксплуатации в условиях низких температур, например из нержавеющей стали марки X18H10T или никелевой стали марки ON9. Резервуары такого типа обычно имеют плоское дно и куполообразное покрытие, между стенками предусмотрена теплоизоляция. Для теплоизоляции днища применяют блоки из пеностекла, в зоне стен и покрытия чаще всего используют сыпучий теплоизоляционный материал – вспученный перлит.

Для повышения безопасности эксплуатации изотермических резервуаров возводят дополнительную преграду против разлива легковоспламеняемого продукта хранения. В качестве такой преграды может служить цилиндрическая железобетонная стенка вокруг резервуара или насыпь.

Стальные изотермические резервуары широко применяют в качестве хранилищ малой и средней вместимости. Опыт строительства показал что с возрастанием единичного объема стальные резервуары становятся менее эффективными по сравнению с железобетонными. К тому же надежность работы металлических резервуаров и их способность противостоять местной потере устойчивости в несколько раз ниже, чем у железобетонных.

**Железобетонные емкости.** Такие емкости для сниженного газа могут быть двух типов. В первом случае резервуар выполняется двухкорпусным и состоит из двух резервуаров: внутреннего и внешнего. Внутренний резервуар из хромоникелевой стали или преднапряженного железобетона воспринимает давление сжиженного газа, внешний – из преднапряженного железобетона служит защитной оболочкой. Между обоими резервуарами располагается теплоизоляционный слой, выполняемый в зоне днища из пеностекла, в зоне стен- из вспученного перлита и в зоне покрытия – из минеральной ваты или пенопласта (рис 20 А).

Резервуары другого типа – одностеночные, состоят из преднапряженного корпуса, теплоизоляции и наружного металли-

ческого слоя, служащего только для пароизоляции и защиты от внешних атмосферных воздействий ( рис. 20 Б).

Первоначальное охлаждение внутренней емкости изотермического резервуара от начальной температуры окружающей среды до температуры продукта хранения является ответственным этапом в подготовке резервуара к эксплуатации.

Низкотемпературное охлаждение вызывает значительные радиальные деформации внутренней цилиндрической емкости, в основе конструкции которой заложена схема, допускающая свободные перемещения железобетонной стенки относительно нижележащих конструкций и обладающая повышенной гибкостью в меридиональном направлении.

Для уменьшения силы трения, возникающей в подвижном соединении, в основании железобетонной стенки предусматривается стальная пластина, которая, в свою очередь, опирается на прокладку из тефлона. Расчетный коэффициент трения в этом случае равен 0,3.

Следствием низкотемпературного охлаждения является также возникновение внутренних напряжений в железобетонных конструкциях из-за различных температурных деформаций бетона и стали – арматуры и облицовки. Та же причина обуславливает неодинаковые температурные деформации цилиндрической железобетонной стенки и стального днища внутренней емкости. Поэтому в узле сопряжения днища со стенкой устанавливают компенсатор температурных деформаций.

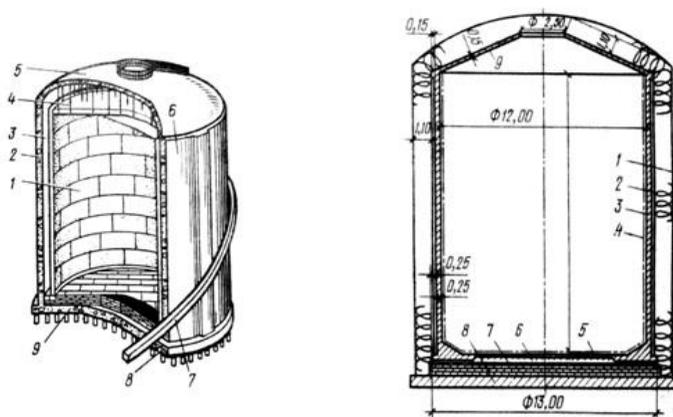


Рис. 20. – Схема двухстенного резервуара для сжиженного газа:

1 – внутренняя металлическая стенка; 2 – внешняя стенка

из предварительно напряженного железобетона; 3 – теплоизоляция стенок (вспученный перлит); 4 – теплоизоляции покрытия (минеральная вата или пенопласт); 5 – железобетонный купол; 6 – железобетонные ребра в местах анкеровки кольцевой напрягаемой арматуры; 7 – напрягаемая арматура; 8 – теплоизоляция днища (пеностекло); 9 – железобетонная плита на свайном основании

*Б – Схема одностеночного резервуара для сжиженного газа:*

*1 – наружная металлическая оболочка; 2 – теплоизоляция (перлит); 3 – железобетонная предварительно напряженная стенка резервуара; 4 – эластичная облицовка; 5 – днище резервуара; 6 – теплоизоляция днища; 7 – скользящий слой, 8 – свайный ростверк; 9 – купольное покрытие резервуара*

Резервуары для хранения сжиженных газов выполняют и плавучими, входящими в состав комплексов плавучих газонефтедобывающих платформ. Один из вариантов – плавучий преднапряженный железобетонный сферический резервуар для сжиженного газа вместимостью 125000 м<sup>3</sup> имеет диаметр 69 м, массу 257000 т и осадку 93,2 м. Он снабжен в нижней части 20 цилиндрическими резервуарами для балластной воды общей вместимостью 63000 м<sup>3</sup>. Балластные резервуары вместе с основным резервуаром опираются на платформу толщиной 6,8 м. Над сферическим резервуаром возвышается железобетонная колонна-башня с платформой, имеющая общую высоту 50 м. На трехпалубной платформе расположены якорные устройства, машинное отделение, устройства для выгрузки содержимого и др.

Другой вариант – железобетонные преднапряженные резервуары образуют единое целое с металлической платформой диаметром 145 м (рис. 21).

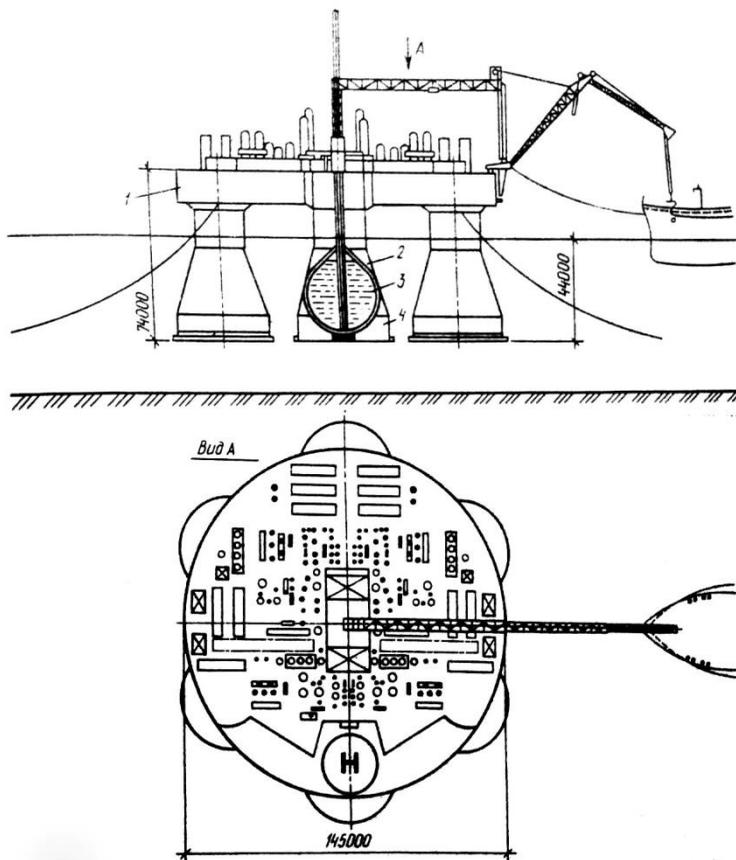


Рис. 21. Плавающие резервуары для сжиженного газа:  
 1 – стальная платформа; 2 – балластный резервуар; 3 – резервуар для газа; 4 – железобетонная юбка

Платформа опирается на шесть уширяющихся книзу железобетонных колонн-оболочек диаметром внизу 42 м. Внутри каждой колонны расположен резервуар для сжиженного природного газа вместимостью 10300 м<sup>3</sup>. Нижняя цилиндрическая часть колонны («юбка») служит для защиты резервуара, а также для демпфирования колебаний платформы в условиях морского волнения.

Расчет емкостей для газа производится на действие внутреннего давления газа, вакуума и собственного веса конструкций по формулам расчета резервуаров.

**Газгольдеры.** В зависимости от избыточного давле-

ния хранимых газов газгольдеры выполняются постоянного и переменного объема. Газгольдеры постоянного объема представляют собой замкнутые емкости, предназначенные для хранения сжатых газов под переменным давлением. Мокрые газгольдеры переменной вместимости раздвигаются по мере заполнения их газом, сохраняя постоянное давление.

Изображенный на рисунке 21 шаровой газгольдер используется для хранения сжиженных углеводородных газов (технический пропан). Внутреннее давление пропана при расчетной температуре 50° С равно 16,4 ат.

Сферическая оболочка сваривается на месте из шести равных квадрантов. Сферический сосуд свободно уложен на опорное кольцо, свальцованное по его поверхности. Для снятия температурных напряжений опорное кольцо при посредстве катков имеет возможность радиального смещения относительно железобетонного фундамента. Фундаментное кольцо собирается из железобетонных блоков таврового сечения, замоноличиваемых при установке.

Газгольдер снабжен двумя люками-лазами, расположенными на полюсах сферы. В месте врезки люка оболочка усилена кольцевыми накладками. К площадке, расположенной вокруг верхнего люка, ведет стальная лестница. Штуцера врезаются в сферу по месту подхода газопроводов. Внутри газгольдера, на вращающейся в центре шара опоре, установлены качели с балластом и регулирующим подъем тросом, позволяющие производить обследование любого участка сферической поверхности.

У изображенного на рисунке 22 мокрого двухзвенного газгольдера железобетонный резервуар заглубляется в грунт полностью или частично в зависимости от уровня грунтовых вод. Он состоит из напряженно-армированных стеновых панелей и монолитного днища. Весь резервуар обжат высокопрочной холоднотянутой проволокой, навиваемой на стенку с дополнительными слоями на уровне днища. По периметру днища проходит утолщенное армированное кольцо, на нем установлены подставки для опирания колокола. Сборная стенка резервуара завершается железобетонным монолитным оголовком, к которому прикреплены стальные элементы кольцевой площадки. Выступающая над земляной обсыпкой часть стенки утепляется шлаковой изоляцией или другими эффективными утеплителями и штукатурится по стальной сетке.

Оболочки стенок телескопа и колокола и крышки колокола изготавливаются методом рулонирования или методом укрупненных панелей. Несущий каркас колокола состоит из трубчатых стоек и

связанной с ними системы радиальных стропил. Между стропилами расположены распорки и связи. Окрайка оболочки кровли приварена к стропилам, остальная часть свободно опирается на них.

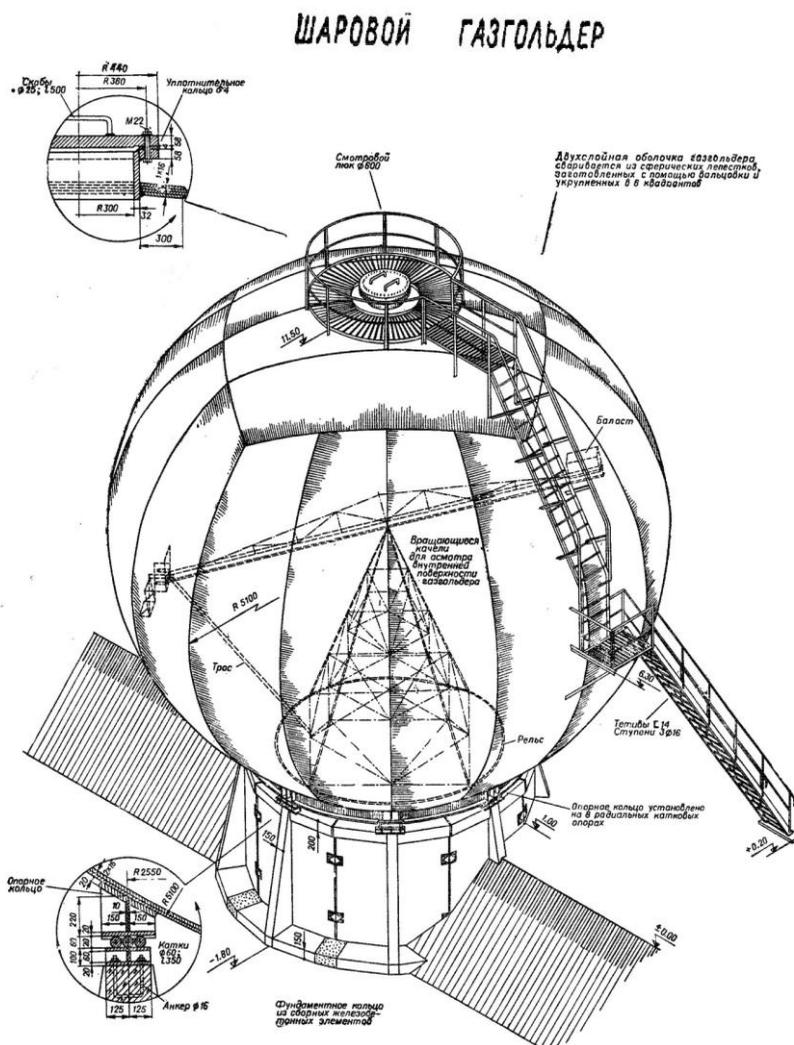


Рис. 22. Шаровой газгольдер

ДВУХЗВЕННЫЙ ТЕЛЕКОПИЧЕСКИЙ ГАЗГОЛЬДЕР С ВИНТОВЫМИ НАПРАВЛЯЮЩИМИ

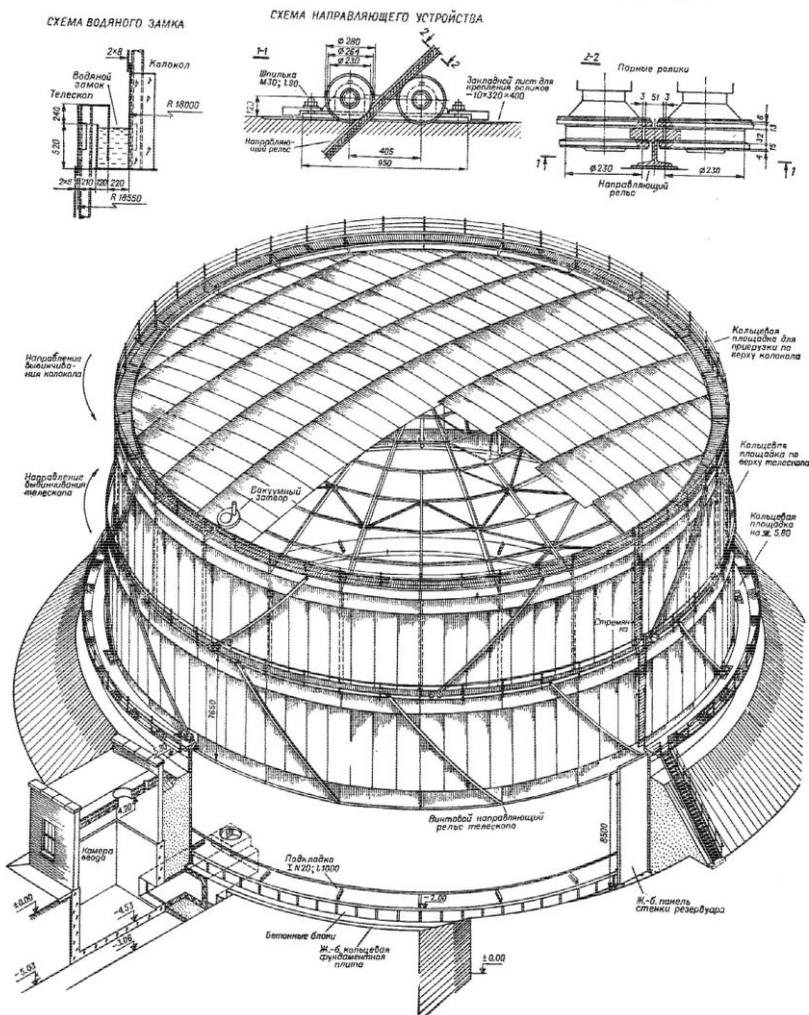


Рис. 23. Двухзвенный телескопический газгольдер с винтовыми направляющими

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зайцев Ю.В. Основы архитектуры и строительные конструкции. М: Высшая школа. 1989 г.
2. И.А. Шерешевский. «Конструирование промышленных зданий и сооружений». Архитектура-С. 2005 г.
3. СП 43.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 2.09.03-85 «Сооружения промышленных предприятий».
4. Ермолов В.В. Инженерные конструкции. М: Высшая школа. 1991 г.
5. В. Голосов. «Инженерные конструкции». Архитектура-С. 2007 г.