

Тема: Газгольдеры и резервуары, назначение и конструкция

Задание для студентов

- 1 Ознакомиться с теоретическим материалом
- 2 Ознакомиться с видеоматериалом по ссылкам:

Что такое газгольдер? Где применяется? Какие бывают?	https://www.youtube.com/watch?v=TdShgmyIQL8&feature=emb_logo
Мобильный газгольдер. Разновидности и особенности эксплуатации	https://www.youtube.com/watch?v=zihWWt9f8Rs&feature=emb_logo
Газгольдер мифы и реальность	https://www.youtube.com/watch?v=W2YxcNtnwVw&feature=emb_logo
Резервуары, все о резервуарах	https://www.youtube.com/watch?v=W8wpcO33TV8&feature=emb_logo
Как устроен резервуар для хранения нефти	https://www.youtube.com/watch?v=6-W5dvhFu2g&feature=emb_logo
Резервуар стальной вертикальный для дренажной воды	https://www.youtube.com/watch?v=ol_t-tHGwGA&feature=emb_logo

- 3 Ответить на контрольные вопросы в **письменном** виде
- 4 Найти дополнительную информацию по изготовлению (раскрою) шаровых газгольдеров – см. рисунок 3
- 5 Изобразить конструкцию цилиндрического вертикального резервуара (рис. 4)
- 6 Предоставить **ответы** на контрольные вопросы в электронном виде на проверку в течение трех дней со дня выдачи задания.

С уважением, *Гнатюк Ирина Николаевна*.

При необходимости вопросы можно задать по телефону: 072-136-54-46

Работы отправлять на электронную почту irina.gnat@yandex.ua

1. Ознакомиться с теоретическим материалом
2. Ознакомиться с видеоматериалом по ссылкам:
3. Составить конспект лекции (объем 3-4 страницы).
4. Ответить на контрольные вопросы в **письменном** виде

ЛЕКЦИЯ

Тема: Газгольдеры, назначение и конструкция

Цель: Ознакомить студентов с назначением, конструкцией и основами расчета газгольдеров

План

1. Назначение и виды газгольдеров
2. Цилиндрические газгольдеры
 - 2.1 Горизонтальные
 - 2.2 Вертикальные
 - 2.3 Расчет опорных колец жесткости цилиндрических газгольдеров
3. Шаровые газгольдеры
4. Конструкция и назначение резервуаров
5. Вертикальные цилиндрические резервуары
 - 5.1 Оптимальные размеры
 - 5.2 Особенности сварки
6. Горизонтальные цилиндрические резервуары
7. Шаровые резервуары
8. Каплевидные резервуары

Газгольдеры

Газгольдерами называются сосуды, предназначенные для хранения газов.

Природный газ, выходящий из недр земли под большим давлением, передается по трубопроводам на весьма большие расстояния. Вблизи мест потребления газ собирается на газгольдерных станциях, где он используется для покрытия пика расхода и для обеспечения равномерного давления в газопроводе. В условиях поступления газа под высоким давлением и при большом суточном обороте наиболее рациональным типом газгольдеров являются газгольдеры постоянного объема, в которых увеличение количества хранимого газа происходит за счет возрастания давления при неизменном объеме. Газгольдеры постоянного объема используются при больших давлениях (более четырех атмосфер).

Теоретически наиболее выгодной формой газгольдера постоянного объема является шар, так как он при заданном объеме обладает минимальной поверхностью и, кроме того, напряжения в шаровой оболочке, возникающие от внутреннего давления, в два раза меньше по величине, чем в цилиндрической оболочке. Поэтому применение шаровых газгольдеров дает возможность достигать значительной экономии металла. Однако цилиндрические газгольдеры имеют то преимущество перед шаровыми, что они проще в изготовлении и обладают формой, которую легче приспособить к условиям провоза по железной дороге. Поэтому «габаритные газгольдеры», т.е. газгольдеры, размеры которых соответствуют габаритам железнодорожного транспорта,—также находят достаточно большое применение. Они выполняются в виде цилиндрических оболочек с шаровыми днищами.

Газгольдеры постоянного объема предназначаются для эксплуатации при высоком давлении, поэтому они должны проектироваться и

изготавливаться с учетом специальных требований, установленных Госгортехнадзором и обязательных для всех министерств и ведомств.

Основной нагрузкой для газгольдеров, определяющих толщину стенки, является внутреннее давление, величина которого зависит от назначения сосуда и в отдельных случаях может достигать 100 атм.

Расчет оболочек газгольдеров постоянного давления в соответствии с правилами Госгортехнадзора производится по допускаемым напряжениям.

Цилиндрические газгольдеры

Толщина цилиндрической части газгольдера постоянного давления определяется по формуле

$$s = \frac{pD}{2[\sigma]\phi} + c.$$

Здесь D — внутренний диаметр оболочки. Остальные обозначения см. раньше.

Эта формула соответствует, в основном, формуле для кольцевых напряжений в цилиндрической оболочке.

Толщина сферического днища определяется по такой же формуле, как и толщина шарового газгольдера, но прибавка на толщину для штампованных днищ с учетом допуска на штамповку назначается несколько большей: $e = c + 2$ мм.

Цилиндрические газгольдеры можно располагать горизонтально и вертикально; Вертикальное расположение менее удобно при эксплуатации, так как создает сильные затруднения, связанные с необходимостью доступа для наблюдений на большой высоте. В связи с этим вертикальное расположение цилиндрических газгольдеров применяется редко.

Цилиндрические газгольдеры горизонтальные

Устанавливаются на двух опорах и изготавливаются с внутренними кольцами жесткости, расположенными против опор.

Диаметр горизонтальных газгольдеров по условиям провоза по железной дороге не превышает 3,25 м при длине около 23 м. Толщина оболочек газгольдеров обычно изменяется в пределах 8—32 мм.

Преимущества:

- более простой монтаж по сравнению с вертикальными;
- позволяет более рационально использовать газ из-за большей площади испарения;
- удобство обслуживания.

Недостаток — для размещения необходима значительная площадь

Цилиндрические газгольдеры надземные

Устанавливаются над поверхностью грунта.

Преимущество — удобство обслуживания и осмотра,

Недостаток - более опасны, чем подземные.

Цилиндрические газгольдеры подземные

Монтируются в специально вырытые котлованы.

Преимущество - высокая безопасность,

Поскольку пропан-бутановая смесь тяжелее воздуха, при утечке она уходит в землю, не смешивается с воздухом и не создает опасности взрыва.

Недостаток - дополнительные затраты на установку.

Надземные емкости обычно устанавливают в местах со сложными геологическими условиями, когда нет возможности рыть котлован.

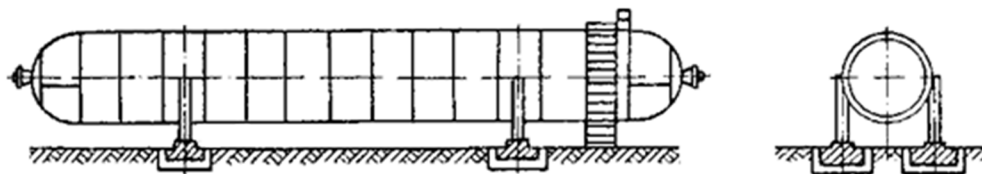


Рисунок 1 – Горизонтальный газгольдер

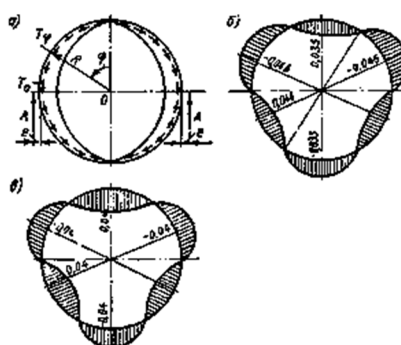


Рисунок 2 - К расчету опорных колец жесткости:

а - схема нагрузки на опорное кольцо,

б и в – Эпюры изгибающих моментов $\frac{M}{T_0 R^2}$

Расчет опорных колец жесткости горизонтальных резервуаров производится по схеме, приведенной на рис. 2.

Опорное кольцо находится под действием касательных усилий и опорных реакций. Касательные усилия распределены по периметру кольцевого сечения по закону

Где

$$T_{\varphi} = T_0 \sin \varphi, \quad T_0 = \frac{Q}{\pi R}.$$

Опорные реакции стоек равны

$$A = \frac{Q}{2}.$$

Здесь Q — вес газгольдера, приходящийся на одну опору.

При установке опорных стоек без эксцентриситета эпюра изгибающих моментов в различных сечениях опорного кольца будет иметь вид, указанный на рисунке 2, б.

При этом абсолютные значения максимальных и минимальных значений не будут равны между собой:

$$\left. \begin{aligned} M_{\max} &= 0,046T_0R^2; \\ M_{\min} &= -0,036T_0R^2. \end{aligned} \right\}$$

Поэтому с целью выравнивания абсолютных значений изгибающих моментов, опорные стойки устанавливаются с эксцентриситетом, равным $e = 0,003 R$.

Тогда абсолютные значения изгибающих моментов выравниваются, как это показано на эпюре рисунка 2, в. При этом они равны

$$M_{\max} = -M_{\min} = 0,04T_0R^2.$$

При определении напряжений в поперечное сечение кольца включается площадь сечения пояса корпуса шириной, равной $30s$.

Теоретический вес оболочки цилиндрического газгольдера с полушаровыми днищами составляет.

$$q = 1,5c \frac{\gamma p}{[\sigma]}.$$

Здесь γ — удельный вес стали;
 c — коэффициент, зависящий от отношения длины корпуса к диаметру (при оптимальном отношении

$$\frac{L}{D} = 6c = 1,35$$

Из формул видно, что при всех прочих равных условиях повышение давления уменьшает расход стали.

Обычно давление газгольдеров составляет 4—18 атм, но в отдельных случаях может быть принято и большим.

Ветровая нагрузка определяется по формуле

$$q = k_a Q,$$

где Q — скоростной напор ветра, определяемый в зависимости от географического района,

k_a — аэродинамический коэффициент, принимаемый: для шарового газгольдера 0,7, для цилиндрического поперек оси 0,8, а вдоль оси 0,9

Цилиндрические газгольдеры вертикальные

Преимущество: занимает меньшую площадь.

Недостатки:

- затруднения в связи с необходимостью доступа для наблюдений на большой высоте.

- при подземном варианте использования необходима большая глубина закапывания

В связи с этим вертикальное расположение цилиндрических газгольдеров применяется ограниченно.

Шаровые газгольдеры

Шар - теоретически наиболее выгодная формой газгольдера постоянного объема, так как он при заданном объеме обладает минимальной поверхностью (поверхность шара примерно на четверть меньше, чем поверхность куба такого же объема).

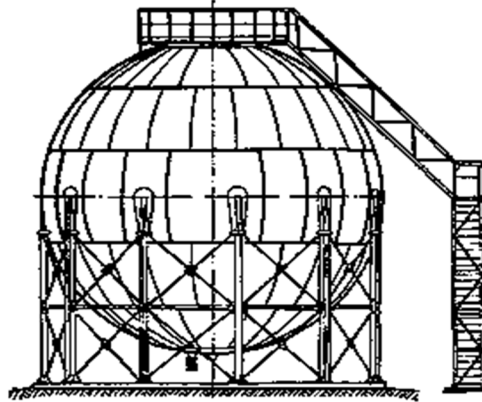


Рисунок 3 – Шаровой газгольдер

Шаровые газгольдеры устанавливаются на стойках. По условиям обеспечения статического равновесия число опорных стоек шарового газгольдера могло бы быть равно трем, однако с целью уменьшения величины опорных реакций, передаваемых на оболочку в виде сосредоточенных усилий, число стоек принимают значительно большим — обычно 6—12.

Достоинство – возможность экономии металла.

Недостаток – сложность изготовления.

Диаметр шаровых газгольдеров обычно принимается равным 10—12 м. По нормам Госгортехнадзора пробное давление при гидравлическом испытании сварных сосудов должно приниматься при рабочем давлении $p < 5$ атм — $1,5 p$, но не менее 2 атм; при рабочем давлении $p \geq 5$ атм — $1,25 p$, но не менее $(p + 3)$ атм.

Толщина оболочки шарового газгольдера определяется по формуле:

$$s = \frac{pD}{4[\sigma]\varphi} + c.$$

Здесь s — толщина шаровой оболочки;

p — расчетное (избыточное) внутреннее давление; D —внутренний диаметр оболочки;

$[\sigma]$ — допускаемое напряжение на растяжение;

φ — коэффициент прочности сварных швов;

c — прибавка к расчетной толщине стенки.

Прибавка к расчетной толщине, компенсирующая минусовый допуск листового проката, принимается только для оболочек толщиной до 20 мм. При этом $c = 1$ мм.

Кроме того, оболочка должна быть проверена на гидростатическое давление при испытании газгольдера наливом воды.

Для того чтобы избежать местного изгиба в оболочке, оси опорных

стоек целесообразно направлять по касательным к ней.

Для обеспечения этого при опирании по большому кругу оси стоек будут вертикальными, а при опирании по малому кругу они должны быть наклонными, в соответствии с направлением касательных к оболочке. В случае несовпадения осей стоек с касательными к оболочке, для восприятия нормальных составляющих опорных реакций необходимо предусмотреть соответствующее подкрепление, которое, в зависимости от величины усилий, может быть принято в виде местного утолщения опорного пояса оболочки или в виде кольцевого ребра жесткости в плоскости опорного круга. Корпус резервуара опирается на верхние плиты стоек через специальные башмаки, приваренные к его наружной поверхности.

Для обеспечения жесткости опорного контура, необходимой при передаче горизонтальных ветровых нагрузок, отдельные опорные стойки должны быть соединены между собой в одно целое при помощи перекрестных связей.

Резервуары, назначение и конструкция

Резервуарами называются сосуды, предназначенные для хранения жидких материалов.

Вертикальные цилиндрические резервуары

Применяются для хранения нефти. Основные конструктивные элементы (рисунок 4):

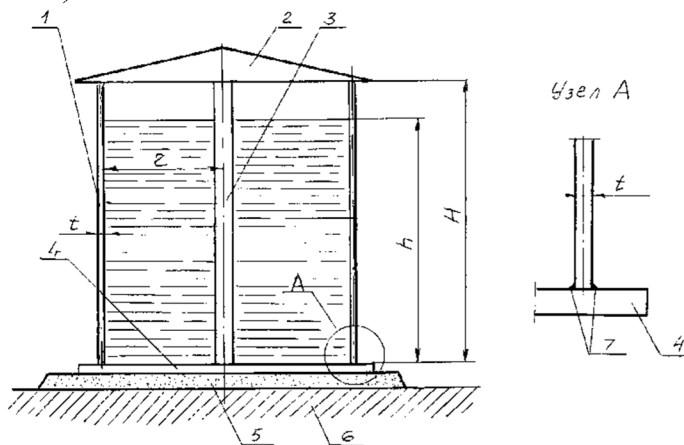


Рисунок 4 - Цилиндрический вертикальный резервуар

- 1 - корпус
- 2 - покрытие
- 3 - опора стойки
- 4 - плоское днище
- 5 - песчаная основа
- 6 - поверхность грунта
- 7 - сварные швы

Плоское днище лежит на песчаном основании и испытывает незначительное сжатие. Поэтому его толщина определяется не по условиям прочности, а назначается конструктивно.

При $D \leq 18$ м толщина листов днища принимается $s = 4$ мм;
при $D = 18 \dots 25$ м $s = 5$ мм,
при $D > 25$ м $s = 6$ мм.

Цилиндрический корпус резервуара является его главным рабочим элементом, воспринимающим давление находящейся в нем жидкости. Состоит из отдельных поясов.

Покрyтия резервуаров имеют коническую форму с уклоном 1:20 и воспринимает нагрузку от веса снега, от собственного веса и веса людей, которые могут на нем находиться.

Листы покрытия работают как пластинки, опертые по контуру на элементы каркаса. Нагрузка, приходящаяся на них, сравнительно небольшая и поэтому их толщина обычно мала. Для настила применяются листы толщиной 2,5 мм. Элементы каркаса покрытия опираются на корпус резервуара и, воспринимая нагрузку от листов, работают как свободно опертые балки.

Оптимальными являются размеры вертикального цилиндрического резервуара такие, при которых вес днища и покрытия вдвое меньше веса корпуса.

При этом формулы для определения оптимального значения высоты резервуара с постоянной толщиной стенки имеет вид:

$$H_{\text{опт}} = \sqrt[3]{\frac{V \Delta^2}{\pi s^2}};$$

Здесь V — емкость резервуара;

s — толщина стенки;

Δ — сумма толщин днища и приведенной толщины покрытия с учетом каркаса;

$[\sigma]$ — допускаемое напряжение,

γ — удельный вес жидкости.

Оптимальная высота больших резервуаров (до 10 000 м³) составляет около 12 м.

Полученное оптимальное значение высоты резервуара следует округлить до ближайшего размера, кратного ширине листов.

Удельный расход стали в вертикальных резервуарах уменьшается с увеличением объема резервуара. Поэтому вертикальные резервуары следует строить наибольшей емкости, возможной при данных условиях.

Расчет вертикальных цилиндрических резервуаров производится по предельному состоянию.

Формула для определения толщины стенки имеет следующий вид:

$$s = \frac{n\gamma(H-y)r}{mR_p^{св}},$$

где s — толщина пояса цилиндрического корпуса;

H — высота корпуса;

y — расстояние нижней кромки листа от днища;

n — коэффициент перегрузки, принимаемый для гидростатического

давления равным 1,1;

m —коэффициент условий работы, принимаемый для корпуса резервуара равным 0,8;

$R_p^{св}$ —расчетное сопротивление сварного стыкового шва при растяжении;

γ - удельный вес жидкости.

Особенности сварки вертикальных резервуаров

Все соединения листов в поясе осуществляют **встык**.

Соединение поясов между собой осуществляют **встык** или **внахлестку**.

При соединении встык стыки листов смежных поясов следует располагать в одну линию, так как это обеспечивает удобство автоматической сварки.

При соединении внахлестку пояса располагаются разбежку; расстояние между этими стыками принимается равным половине длины листа

Монтажный стык полотнищ днища осуществляют **внахлестку**, поскольку после раскатки рулонов днища на песчаном основании их сварка с обратной стороны невозможна.

Преимущество - удельный расход стали в вертикальных резервуарах уменьшается с увеличением объема резервуара.

Недостаток - несущая способность верхних листов корпуса, расположенных в слабо нагруженной зоне, используется недостаточно полно.

Горизонтальные цилиндрические резервуары (цистерны)

Горизонтальные цилиндрические резервуары имеют несколько больший удельный расход металла (на единицу емкости) по сравнению с вертикальными цилиндрическими резервуарами, но при сравнительно небольших объемах являются экономически целесообразными. Они имеют весьма широкое применение на небольших нефтебазах.

Днища горизонтальных резервуаров бывают:

- плоскими (типовыми),
- коническими (при давлении до 2ат),
- сферическими (при давлении более 2ат)

Выбор типа днища зависит от величины расчетного давления, диаметра резервуара и технологических условий. При высоких давлениях (более 2 атм) применяются сферические днища. При одинаковой толщине днища и корпуса радиус сферического днища по условиям равнопрочности может быть равен диаметру корпуса резервуара.

Для снижения местных напряжений в сварном шве, прикрепляющем днище к корпусу, целесообразно в штампованных днищах устраивать отбортованный пояс шириной не менее 60 мм, сопрягаемый со сферой по радиусу

$$r' = \left(\frac{1}{7} \div \frac{1}{7,5} \right) r,$$

где r — радиус сферической части днища.

В местах передачи на оболочки сосредоточенных нагрузок необходимо устраивать кольца жесткости.

Надземные горизонтальные резервуары устанавливаются на опоры. При этом цилиндрическая оболочка резервуара под действием веса жесткости и собственного веса работает на изгиб как пространственная балка. Опорные кольца жесткости двух-опорного горизонтального резервуара воспринимают сдвигающие усилия, передаваемые оболочкой, работающей на гидростатическое давление и реактивные давления от опор.

Преимущества:

- простота их конструктивной формы,
- возможность серийного изготовления,
- удобство транспортировки

Недостаток - большой удельный расход металла (на единицу емкости) по сравнению с вертикальными цилиндрическими резервуарами

Расчет горизонтальных цилиндрических резервуаров (при полном заполнении жидкостью) производится по схеме балки, свободно опертой по концам, нагруженной равномерно распределенной, нагрузкой интенсивностью

$$q = \gamma \pi r^2,$$

где γ — удельный вес жидкости.

По такой же расчетной схеме может быть, учтено и действие собственного веса горизонтального резервуара.

При этом интенсивность равномерно распределенной нагрузки от собственного веса балки с кольцевым поперечным сечением

$$q_1 = 2\pi r s \gamma_m,$$

где γ_m — удельный вес металла.

Шаровые резервуары

Применяют для хранения сжиженных газов и продуктов нефтепереработки (бензин, керосин, дизельное топливо) и жидкой продукции химических производств, которые необходимо хранить под значительным давлением.

Для этих условий шаровые резервуары оказываются рентабельными при емкости 400—1000 м³.

Устанавливаются на железобетонных колоннах.

Окрашиваются в **белый** цвет для уменьшения перегрева резервуара.

Шаровые резервуары собирают при помощи сварки из отдельных выгнутых (вальцованных или штампованных) лепестков.

Схемы раскроя:

- а) параллельно-меридиональная,
- б) экваториально-меридиональная,
- в) меридиональная,
- г) «футбольная»

Наиболее распространены схемы **а** и **б**

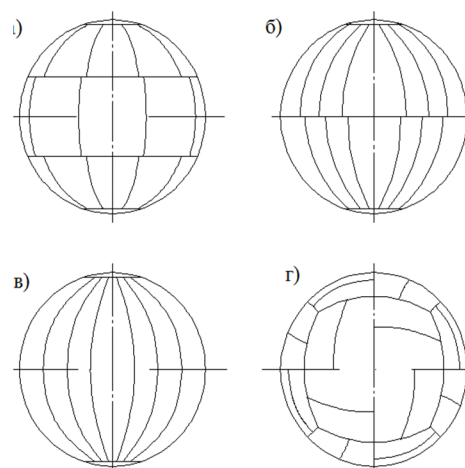


Рисунок 5 - Схемы раскроя сферы

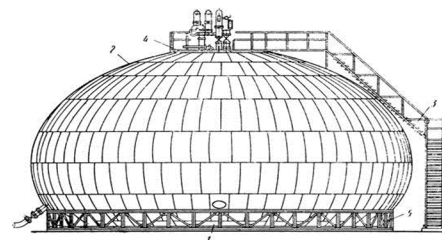
Каплевидные резервуары

Имеют форму, которую принимает круглая капля жидкости, покоящаяся на несмачиваемой горизонтальной плоскости под действием сил поверхностного натяжения.

Применяются ограниченно (для хранения нефтепродуктов с высокой упругостью паров). Опираются на мягкий грунт.

Так же, как и шаровые резервуары, собираются из штампованных лепестков, которые имеют переменный радиус кривизны в вертикальной плоскости.

Широкого распространения не получили из-за высокой себестоимости.



Контрольные вопросы:

1. В чем преимущества и недостатки шаровых сосудов по сравнению с цилиндрическими?
2. Какой величиной ограничен диаметр горизонтальных газгольдеров и почему?
3. Почему подземные газгольдеры менее взрывоопасны, чем надземные?
4. Почему вертикальное расположение цилиндрических газгольдеров применяется ограниченно?
5. Как определить диаметр цилиндрического резервуара, если известны его объем и высота?
6. Как производится сварка отдельных листов в поясе цилиндрического резервуара?
7. Запишите формулы для определения оптимальных значений толщины стенки и высоты цилиндрического резервуара
8. Какие схемы раскроя шарового резервуара являются наиболее распространенными и почему?
9. С какой целью резервуарам придают каплевидную форму?