

Тема: Особенности проектирования сосудов, работающих под давлением

Задание для студентов

- 1 Ознакомиться с теоретическим материалом
- 2 Выписать формулы для определения минимальной толщины листа :

Часть изделия	Формула
Для цилиндрической части сосуда	
Для днища сосуда	

- 3 Ответить на контрольные вопросы в **письменном** виде
- 4 Предоставить **таблицу и 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 ira.gnatyuk60@inbox.ru

ЛЕКЦИЯ

Тема: Особенности проектирования сосудов, работающих под давлением

Цели: 1) Ознакомить студентов с основами расчета сосудов, работающих под давлением

2) Подготовиться к выполнению практической работы №24

План

1. Требования к материалам для изготовления сосудов, работающих под давлением
2. Расчет цилиндра
3. Расчет днища

Теоретические сведения

По правилам Госгортехнадзора, сосуды, работающие под давлением выше 0,7 ат (без учета гидростатического давления), необходимо проектировать с соблюдением определенных требований по отношению к выбору материалов, конструктивных форм, методов расчета и технологии изготовления.

Требования к материалу, установленные правилами Госгортехнадзора

совпадают с положениями, принятыми при изготовлении ответственных сварных конструкций, и в основном сводятся к ограничению содержания углерода и допусков на вредные примеси. Марки применяемых материалов перечислены в правилах в специальном перечне.

Расчет сварных сосудов, работающих под давлением, проводится по методу допускаемых напряжений. Нормы допускаемых напряжений установлены в зависимости от условий эксплуатации сосудов.

Расчет цилиндра

Толщина стенки s цилиндрической части сосуда, воспринимающего внутреннее давление, определяется по следующей формуле, установленной правилами Госгортехнадзора,

$$s = \frac{2pr}{2[\sigma]\varphi - p} + c,$$

где p — расчетное давление;

$[\sigma]$ — допускаемое напряжение;

r — внутренний радиус цилиндра;

φ — коэффициент прочности цилиндрической части;

c — прибавка к расчетной толщине стенки.

При проверочных расчетах соответственно имеем:

$$p = \frac{2(s - c)\varphi[\sigma]}{2r + (s - c)};$$

$$\sigma_{пр} = \frac{p[2r + (s - c)]}{2(s - c)\varphi},$$

где $\sigma_{пр}$ — приведенное напряжение в стенке цилиндрической части сосуда, вызываемое внутренним давлением.

Формулы применимы при условии, что отношение внешнего радиуса барабана r_0 к его внутреннему радиусу r меньше или равно 1,6.

Допускаемое напряжение принимается

$$[\sigma] = \eta[\sigma]^*,$$

где $[\sigma]^*$ — номинальное допускаемое напряжение;

η — поправочный коэффициент, учитывающий конструктивные и эксплуатационные особенности сосуда (он задается правилами Госгортехнадзора и изменяется в пределах 0,85—1,0).

Значение номинального допускаемого напряжения устанавливается в зависимости от характеристик прочности стали и расчетной температуры стенки $t_{ст}$ и принимается минимальным при вычислении из следующих трех условий:

$$[\sigma]^* = \frac{\sigma_b^t}{2,6};$$

$$[\sigma]^* = \frac{\sigma_t^t}{1,5};$$

$$[\sigma]^* = \frac{\sigma_d^t}{1,5}.$$

Здесь σ_b — расчетный предел прочности стали при растяжении при рабочей температуре t ;

σ_t — расчетный условный предел текучести (при остаточной деформации 0,2%) при рабочей температуре t

σ_d — расчетный условный предел длительной прочности при растяжении при рабочей температуре t .

Коэффициент прочности φ учитывает наличие сварных швов и определяется в зависимости от их конструктивных и технологических особенностей в соответствии с данными таблицы 3. Коэффициент прочности может учитывать также ослабление цилиндрической части неукрепленными отверстиями.

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

Расчет днища

Толщина стенки сварного эллиптического или сферического штампованного днища определяется по формуле

$$s = \frac{pr}{2[\sigma]\varphi - p} + c_1.$$

Здесь r — внутренний радиус днища в мм;

φ — коэффициент прочности сварного шва.

Для снижения величины местных напряжений высоту выпуклой части днища не допускается принимать меньше, чем $0,4r$

Толщина стенки эллиптического или сферического днища, имеющего неукрепленные отверстия, рассчитывается по формуле

$$s = \frac{pr}{2[\sigma]z - p} + c_1.$$

Коэффициент z находится по формуле

$$z = 1 - \frac{r_1}{r},$$

где r_1 — внутренний радиус отверстия.

Днища с укрепленными отверстиями рассчитываются без учета ослаблений.

Величина прибавки c_1 к расчетной толщине стенки штампованного днища принимается в соответствии со следующими данными:

$(s - c_1)$ в мм	...	≤ 10	10,5—20	20,5—30	$\geq 30,5$
c_1 в мм	...	3	2	1	0

Допускаемое напряжение определяется так же, как и для цилиндров. При этом поправочный коэффициент ϕ принимается:

- для глухих днищ $\eta = 1,0$;
- для днищ с неукрепленными отверстиями $\eta = 0,95$.

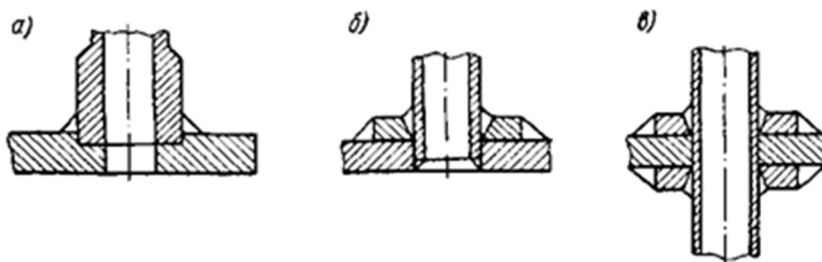


Рисунок 1 – Схемы усиления отверстий: а – патрубком, б – патрубком и накладкой, в – патрубком и двумя накладками

Компенсация ослабления, вызванного отверстием, сводится к общему или местному увеличению толщины стенки. Последнее является более рациональным и требует меньшего расхода металла.

Примеры усиления отверстий приведены на рисунке 1.

В стыковых соединениях листов разной толщины в случаях, когда разница в толщине превышает 30%, необходимо обеспечивать плавный переход на длине, равной не менее пятикратной разницы толщины.

Контрольные вопросы:

1. Какие виды напряжений возникают в плоских днищах резервуаров и в зонах их соединений в цилиндрической части?
2. В чем состоит метод расчета резервуаров по предельному состоянию?
3. Как определяются напряжения в кольцевых швах, в частности постоянного объема?
4. Почему не целесообразны плоские днища в газгольдерах постоянного объема?
5. От чего зависит значение номинального допускаемого напряжения при расчете резервуара?