

ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ЕМКОСТИ ИЗ ЛИСТОВЫХ ТЕРМОПЛАСТОВ ДЛЯ НОВИЧКОВ

Емкости нестандартных форм и размеров широко применяются как в инженерных системах (отстойники, септики и пр.), так и в различных производствах.

Наибольшее распространение получили емкости, имеющие форму вертикальных цилиндров, что обусловлено высокой технологичностью их производства и равномерным распределением нагрузок в материале готовых емкостей.

Воздействие давления заполняющего вещества

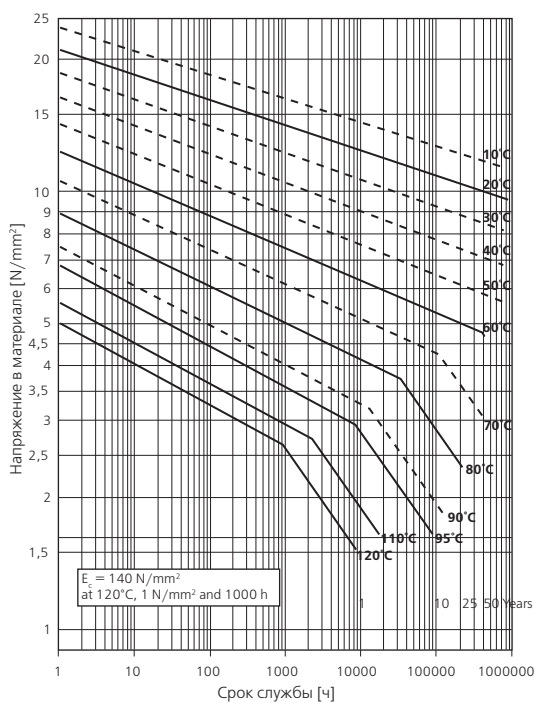


Рис. 1 Номограмма долговременной прочности ПП тип 1

Расчет геометрии емкости в принципе во многом повторяет расчет геометрии напорных труб из термопластов и основан на номограммах долговременной прочности термопласта. Номограммы не имеют никакого отношения к форме или размеру емкости,

а только характеризуют прочностные характеристики материала – зависимость допустимого напряжения в материале от расчетного срока службы изделия (емкости) из этого материала, а также от предполагаемой температуры эксплуатации изделия (температуры материала). Номограммы для различных термопластов приведены в нормах DVS-2205 (Германия) и в многочисленной российской литературе о пластмассовых трубах. Пример номограммы (для ПП тип 1) показан на рис. 1.

Из номограммы видно, что, например, при планируемом 50-летнем сроке службы емкости из ПП тип 1 под действием постоянной температуры 20 °С необходимо обеспечить постоянное напряжение в любой точке стенки емкости не более 10 Н/мм².

Примечание: Как правило, расчетный срок эксплуатации емкостей – 25 лет, или $2 \cdot 10^5$ ч.

Для упрощения расчета необходимой толщины стенки емкости будем считать, что емкость цилиндрическая диаметром D установлена на ровном и гладком горизонтальном основании, заполнена жидким или сыпучим веществом до уровня H от основания, а толщина стенки S_z во много раз меньше диаметра емкости (рис. 2). Тогда максимальное напряжение δ_{\max} будет возникать в нижней части стенки емкости и может быть рассчитано по формуле

$$\delta_{\max} = \rho H D a \cdot 10^{-3} / S_z, \quad (1)$$

где ρ – плотность (удельная масса) заполняющего вещества, кг/м³;

H_{\max} – уровень заполняющего вещества от дна емкости, м;

D – диаметр емкости, м;

a – ускорение свободного падения, $a = 9,8$ н/кг;

S_z – толщина стенки в точке, в которой мы считаем напряжение (в данном случае в нижней части емкости), мм.

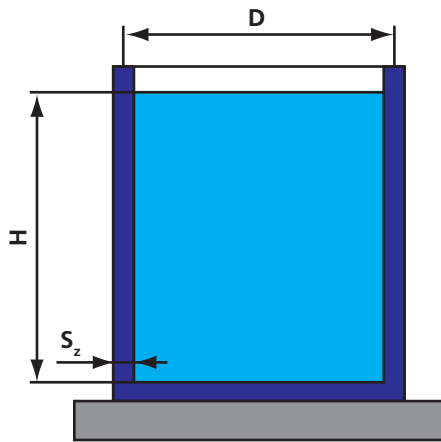


Рис. 2 Цилиндрическая емкость

Точно так же рассчитывается напряжение δ в любой точке стенки емкости: $\delta = \rho H D a / S_z$. H , мм, в

данном случае обозначает уровень заполняющего вещества от точки, в которой мы считаем напряжение.

Преобразовав эту формулу, видим, что необходимая толщина стенки емкости в каждой точке пропорциональна уровню заполняющего вещества от этой точки: $S_z = \rho H D a / \delta = H(\rho D a / \delta)$. Таким образом, если пренебречь любыми воздействиями на емкость, кроме давления заполняющего вещества, то идеальная (с точки зрения экономии материала) емкость должна иметь стенки с толщиной, равномерно уменьшающейся кверху (рис. 3а).

Как известно, листовые пластики поставляются в форме прямоугольных листов постоянной толщины. Поэтому на практике емкости изготавливаются со стенкой постоянной толщины (рис. 3б) или с многоступенчатой стенкой (рис. 3в). Когда речь идет о большом уровне заполняющего вещества, изготовление многоступенчатой стенки позволяет достичь существенной экономии материала.

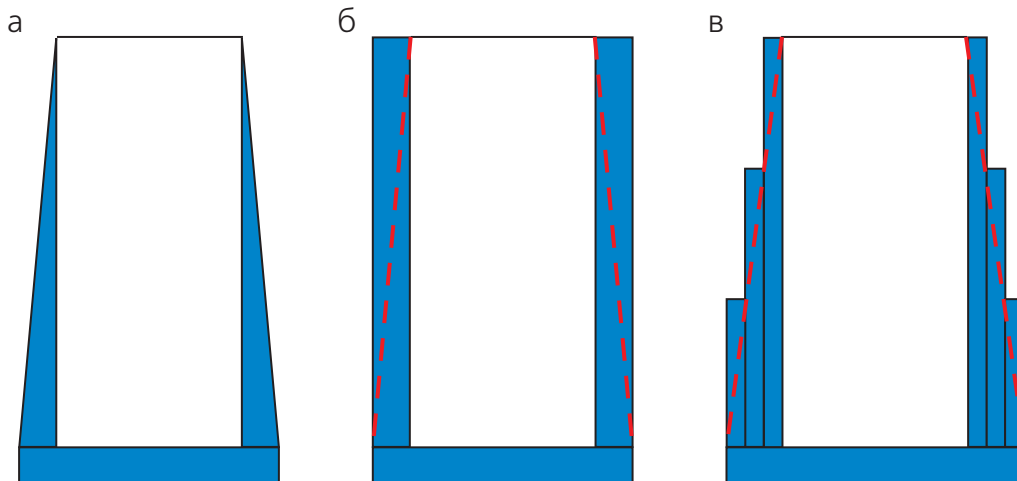


Рис. 3 Идеальная и реальная стенка емкости

Теоретически, если цилиндрическая емкость с плоским дном установлена на плоскую гладкую поверхность, то давление заполняющего веще-

ства не вызывает заметного напряжения в дне емкости, т. е. дно может иметь самую маленькую толщину.

ADR TECH ООО «АДР-Технологии»
 http://www.adr-t.ru
 E-mail: info@adr-t.ru
 Телефон: (495) 745-8150

АВТОРИЗОВАННЫЙ ДИЛЕР
 И СЕРВИСНЫЙ ЦЕНТР

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ KWH (ФИНЛЯДИЯ)
 ДЛЯ СТЫКОВОЙ СВАРКИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТЕРМОПЛАСТОВ

- МЕХАНИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ ДЛЯ СВАРКИ ТРУБОПРОВОДОВ
- ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ДЛЯ СВАРКИ ТРУБОПРОВОДОВ
- ЦЕХОВЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФАСОННЫХ ИЗДЕЛИЙ
- ЦЕХОВЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ СТЫКОВОЙ СВАРКИ ЛИСТОВ

БОЛЕЕ 50 ЛЕТ **KWH**
 ОПЫТА В СТЫКОВОЙ СВАРКЕ **TECH**

Расчет необходимой толщины дна с учетом напряжений, вызываемых неровностью основания и прочими факторами, не входит в эту статью.

Переменные условия эксплуатации

В реальных условиях емкость эксплуатируется при переменных температурах и подвергается переменным нагрузкам. Для расчета необходимой толщины стенки емкости в каждой точке поступают следующим образом.

Условия эксплуатации выделяются в группы и определяется продолжительность (в процентном отношении) воздействия условий каждой группы.

Например, емкость из ПП тип 1 диаметром $D = 3$ м и высотой $H = 3$ м предназначена для воды, рассчитана на 25 лет и эксплуатируется в следующем режиме:

- емкость заполнена водой на 100 % в течение летнего периода (4 месяца) и эксплуатируется при температуре 20–27 °С;
- все остальное время (условно – зимнее время) емкость заполнена водой наполовину и эксплуатируется при температуре 5–10 °С.

Как видим, летние условия эксплуатации действуют 25 % времени, зимние – 75 % времени.

Для расчета необходимой толщины стенки в каждой точке при таком режиме эксплуатации необходимо ввести понятие скорости старения:

V_n – скорость старения под воздействием летних условий эксплуатации;

V_z – скорость старения под воздействием зимних условий эксплуатации;

V – общая скорость старения:

$$V = 1/T,$$

где $T = 25$ лет ($2 \cdot 10^5$ ч);

и выполнить условие достаточной прочности:

$$V_n \cdot 25 \% + V_z \cdot 75 \% \leq V, \quad (2)$$

V_n и V_z определяются как $1/T_n$ и $1/T_z$, где T_n и T_z – предельное время эксплуатации емкости при летних и зимних условиях соответственно, эти величины определяются по номограмме долговременной прочности ПП тип 1 (рис. 1). Тогда формулу (2) можно переписать в виде:

$$25 \% / T_n + 75 \% / T_z \leq 1/T, \quad (3)$$

Для проверки выполнения этого условия необходимо методом подбора выбрать толщину стенки, затем по формуле (1) вычислить напряжение δ в стенке емкости для летних и зимних условий эксплуатации, затем по номограмме определить T_n и T_z и подставить их в формулу (3) для проверки.

Например, толщина стенки в нижней части емкости составляет 9 мм.

Тогда в летний период (уровень воды 3 м) напряжение в стенке в нижней части емкости составит 9,8 н/мм². Согласно номограмме (рис. 1), при таком напряжении предельный срок эксплуатации T_n этой части емкости при температуре 27 °С (берем наихудшее значение из диапазона 20–27 °С) составит около $5 \cdot 10^4$ ч.

В зимний период (уровень воды 1,5 м) напряжение в стенке в нижней части емкости составит 4,9 н/мм². Согласно номограмме, T_z составит огромный срок, не помещающийся на номограмме, грубо оцениваемый как не менее чем 10^{10} ч.

Подставив T_n и T_z в формулу (3), видим, что условие достаточной прочности выполняется на самом пределе:

$$0,25/5 \cdot 10^4 + 0,75/10^{10} \leq 0,5 \cdot 10^5.$$

Для сравнения: если бы эта же емкость постоянно эксплуатировалась только при «летних» условиях, полный срок ее эксплуатации составил бы всего чуть более 6 лет.

Запас прочности

Зная растягивающее напряжение в стенке пластмассового изделия и температуру его эксплуатации, мы по номограмме долговременной прочности (рис. 1) определяем, в течение какого времени стенка изделия в этой точке будет медленно течь, т. е. растягиваться и утоньшаться. По истечении этого времени стенка порвется. Номограмма не дает никакого запаса прочности.

В реальных условиях, в зависимости от вреда, который может нанести лопнувшая емкость, применяют запас прочности. DVS 2205-1 рекомендует следующие коэффициенты запаса прочности S :

1,3 – если емкость эксплуатируется при постоянных условиях (нагрузка, температура) и если ее разрушение не может принести вреда персоналу, окружающим объектам или природе;

2,0 – если емкость эксплуатируется при переменных условиях (нагрузка, температура), а ее разрушение может принести вред персоналу, окружающим объектам или природе.

Коэффициент запаса прочности S применяется как понижающий коэффициент к допустимому напряжению δ в стенке емкости. На практике для снижения напряжения δ необходимо увеличить толщину стенки емкости в S раз.

Продолжение в следующем номере