

Щербин Сергей Анатольевич,
к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: dekan_ftk@angtu.ru

Гордеев Константин Игоревич,
магистрант, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: kos3250@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕРОВ РЕЗЕРВУАРА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Shcherbin S.A., Gordeev K.I.

OPTIMIZATION OF THE SIZE OF THE TANK FOR STORAGE OF PETROLEUM PRODUCTS

Аннотация. Рассмотрен метод оптимизации размеров резервуаров для хранения нефтепродуктов по металлоемкости.

Ключевые слова: резервуар, металлоемкость.

Abstract. The method of optimizing the size of tanks for reducing the metal capacity.

Keywords: tank, metal capacity.

Выбор типа резервуара для хранения нефтепродуктов должен быть обоснован технико-экономическими расчетами в зависимости от климатических условий, особенностей эксплуатации, характеристик нефтепродуктов, а также с обеспечением максимального снижения потерь хранимых нефтепродуктов.

С целью уменьшения затрат на изготовление резервуара необходимо определить его оптимальные размеры (высоту, диаметр, толщину стенок) из соображений минимального расхода конструкционного материала (металлоемкости).

Для этого выразим массу цилиндрического резервуара:

$$m_p = \rho_m(A_{\text{ц}}s_{\text{ц}} + A_{\text{д}}s_{\text{д}} + A_{\text{к}}s_{\text{к}}),$$

где ρ_m – плотность конструкционного материала, кг/м³; $A_{\text{ц}}$, $A_{\text{д}}$ и $A_{\text{к}}$ – соответственно площадь боковой поверхности цилиндрической части, днища и крышки, м²; $s_{\text{ц}}$, $s_{\text{д}}$ и $s_{\text{к}}$ – соответственно толщина стенки цилиндрической части, днища и крышки резервуара, м.

При заданном объеме резервуара V_p и известной ρ_m величины, входящие в уравнение для определения m_p , можно выразить через внутренний диаметр D , т.е. представить массу резервуара как функцию от его диаметра:

$$m_p = f(D).$$

Для определения оптимального диаметра, соответствующего минимальной металлоемкости резервуара, необходимо решить уравнение

$$dm_p/dD = 0$$

с выполнением условия

$$d^2m_p/dD^2 > 0.$$

После этого, используя найденное значение D и заданный V_p , можно определить высоту цилиндрической части резервуара $H_{ц}$.

Известно, что с уменьшением D и увеличением $H_{ц}$ цилиндрических оболочек их металлоемкость снижается (при условии постоянства V_p), уменьшается площадь, занимаемая объектом, но увеличивается высота площадок для обслуживания. Однако, при уменьшении площади основания резервуара увеличивается нагрузка на фундамент и затраты на его сооружение.

Кроме того, с увеличением высоты столба жидкости $h_{ж}$, в соответствии с законом Паскаля, возрастает гидростатическое давление в резервуаре p_z :

$$p_z = p_0 + \rho_{ж}gh_{ж},$$

где p_0 – давление на свободную поверхность жидкости, Па; $\rho_{ж}$ – плотность жидкости, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с².

Существенное увеличение p_z приводит к необходимости увеличения толщины стенки нижней цилиндрической части резервуара и, соответственно, к повышению расхода металла.

Толщина цилиндрической стенки определяется по выражению:

$$s_{ц} = pD/(2[\sigma]\varphi - p) + c,$$

где p – расчетное давление в резервуаре, МПа; $[\sigma]$ – допускаемое напряжение конструкционного материала при расчетной температуре, МПа; φ – коэффициент прочности сварного шва; c – прибавка к расчетной толщине стенки, м.

Полный объем сосуда с плоским дном равен объему цилиндрической части:

$$V_p = \pi D^2 H_{ц}/4.$$

Выразим высоту цилиндрической части резервуара:

$$H_{ц} = 4V_p/\pi D^2.$$

В первом приближении можно принять $p = p_z = \rho_{ж}gh_{ж}$ и $h_{ж} = H_{ц}$. Тогда толщина цилиндрической стенки с учетом изменяющегося p_z :

$$s_{ц} = 4\rho_{ж}gV_p/[\pi D(2[\sigma]\varphi - 4\rho_{ж}gV_p/\pi D^2)] + c.$$

Планируется провести расчет оптимальных размеров резервуара с $V_p = 27500$ м³ для уменьшения металлоемкости и снижения затрат на изготовление.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михалев М.Ф. и др. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи. – Учебное пособие. – М.: ООО «Торгово-Издательский Дом «Арис», 2010. – 312 с.