

Щербин Сергей Анатольевич,

к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: dekan_ftk@angtu.ru

Внуков Богдан Геннадиевич,

студент, Ангарский государственный технический университет

Гордеев Константин Игоревич,

магистрант, Ангарский государственный технический университет

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕРОВ СОСУДОВ ИЗ УСЛОВИЯ МИНИМАЛЬНОЙ ПЛОЩАДИ ПОВЕРХНОСТИ КОРПУСА

Shcherbin S.A., Vnukov B.G., Gordeev K.I.

OPTIMIZATION OF VESSELS SIZES FROM THE CONDITIONS OF THE MINIMUM HULL SURFACE AREA

Аннотация. Рассмотрен метод оптимизации размеров сосудов из соображений минимальной площади поверхности корпуса. Получены зависимости оптимального диаметра, высоты и минимальной площади поверхности корпуса от объема сосуда.

Ключевые слова: сосуд, оптимальные размеры, площадь поверхности корпуса.

Abstract. The method of optimization of vessels sizes for the reasons of the minimum surface area of the hull is considered. The dependences of the optimal diameter, height and minimum surface area of the tank body on the volume are obtained.

Keywords: vessel, optimal size, hull surface area.

В различных отраслях промышленности широко применяются сосуды (аппараты, емкости, резервуары и т. д.) разного технологического назначения. Наиболее распространены сосуды цилиндрической формы с эллиптическими, коническими, плоскими и другими днищами (крышками), что обусловлено сравнительно простой и недорогой технологией изготовления.

Размеры сосудов определяются необходимым объемом, который, в свою очередь, зависит от производственной мощности и особенностей технологического процесса. При этом емкости одного и того же объема могут существенно отличаться размерами. Соответственно, для уменьшения стоимости (затрат на изготовление) сосуда необходимо определить его оптимальные размеры (высоту, диаметр, толщину стенок).

В тех случаях, когда стенки сосуда изнутри или снаружи покрываются каким-либо дорогостоящим материалом – подвергаются футеровке, гуммированию, эмалированию, тепловой изоляции и т.п., для удешевления конструкции требуется уменьшить расход покрытия за счет минимизации площади поверхности корпуса.

Метод оптимизации размеров заключается в выражении целевой функции (площади поверхности корпуса) через определяющий размер, например диаметр или высоту сосуда, нахождении и приравнении к нулю производной полученной функции и определении искомого определяющего размера, значение которого будет оптимальным при положительном значении второй произ-

водной целевой функции [1].

В качестве примера выразим оптимальные размеры (внутренний диаметр D и высоту H) цилиндрического аппарата с эллиптическим дном и крышкой из соображений минимальной площади поверхности корпуса.

Объем цилиндрической части корпуса высотой H_u равен:

$$V_u = \pi D^2 H_u / 4.$$

Объем эллиптического днища (крышки):

$$V_\partial = \pi D^3 / 24.$$

Найдем полный объем сосуда:

$$V = V_u + 2V_\partial = \pi D^2 H_u / 4 + 2\pi D^3 / 24 = \pi D^2 H_u / 4 + \pi D^3 / 12.$$

Выразим высоту цилиндрической части корпуса:

$$H_u = 4V / \pi D^2 - D / 3.$$

Площадь боковой поверхности цилиндрической части корпуса:

$$A_u = \pi D H_u = \pi D (4V / \pi D^2 - D / 3) = 4V / D - 1,05 D^2.$$

Площадь поверхности эллиптического днища (крышки):

$$A_\partial = 1,24 D^2.$$

Тогда полная площадь поверхности корпуса аппарата:

$$A = A_u + 2A_\partial = 4V / D - 1,05 D^2 + 2 \cdot 1,24 D^2 = 4V / D + 1,43 D^2.$$

Найдем производную полученного выражения по диаметру:

$$dA/dD = -4V/D^2 + 2,86D.$$

Проверим выполнение условия:

$$d^2A/dD^2 > 0;$$

$$8V/D^3 + 2,86 > 0, \text{ - условие выполняется.}$$

Приравняем первую производную к нулю и выразим оптимальный диаметр из условия минимальной площади поверхности корпуса:

$$-4V/D^2 + 2,86D = 0;$$

$$D = \sqrt[3]{4V/2,86}.$$

Используя полученное значение D , можно определить высоту эллиптического днища (крышки) H_∂ , общую высоту H и минимальную площадь поверхности корпуса аппарата A :

$$H_\partial = 0,25D;$$

$$H = H_u + 2H_\partial = 4V/\pi D^2 - D/3 + 2D/4 = 4V/\pi D^2 + D/6;$$

$$A = 4V/D + 1,43D^2.$$

Рисунки 1 и 2 иллюстрируют зависимость оптимального диаметра, высоты и минимальной площади поверхности корпуса сосуда от его объема. Видно, что при объеме до 1000 м^3 значение оптимального диаметра не превышает $11,2 \text{ м}$, а высоты $12,05 \text{ м}$.

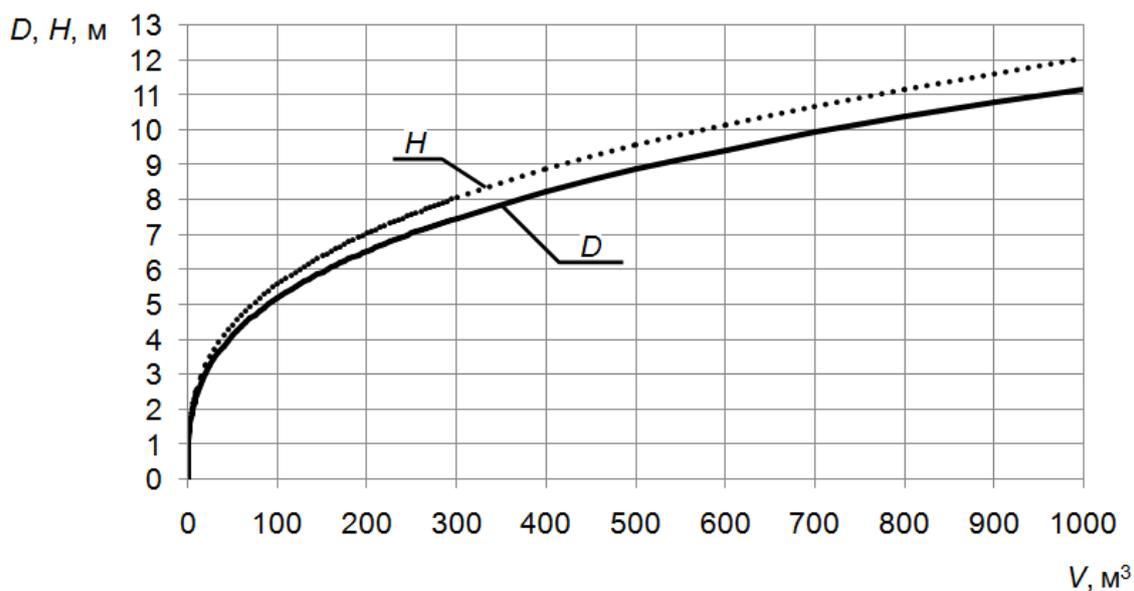


Рисунок 1 – Зависимости оптимального диаметра D и высоты H от объема сосуда V

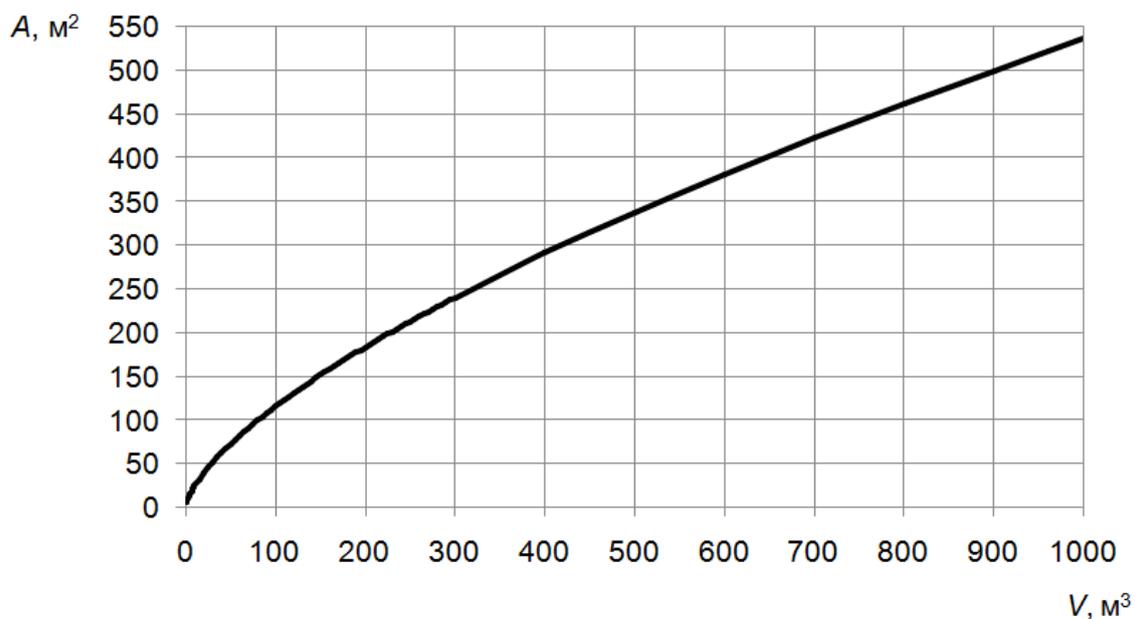


Рисунок 2 – Зависимость минимальной площади поверхности A корпуса от объема сосуда V

Подобные графики могут быть использованы для быстрого определения оптимальных размеров типовых сосудов, а также для оценки расхода материала покрытия корпуса и, соответственно, его стоимости.

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.