

*КАФЕДРА  
КОНСТРУКЦИИ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ  
И РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ*

# **Строительная механика ракет-носителей**

## **Тема 2**

**Основы теории оболочек**

**Практическое занятие № 2 /2.1/**

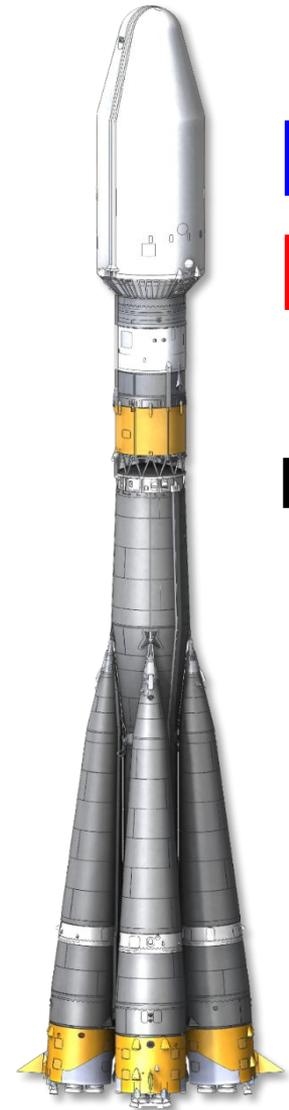
**Старший преподаватель 13 кафедры  
Карчин Александр Юрьевич**

# Тема 2 Основы теории оболочек



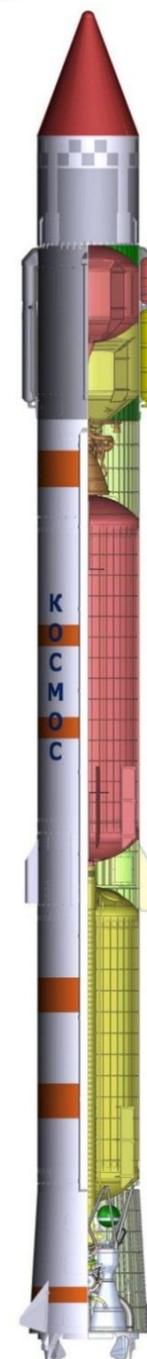
## Практическое занятие 2.1 Расчет круглых пластин

Решение задач



## Задача 2.1

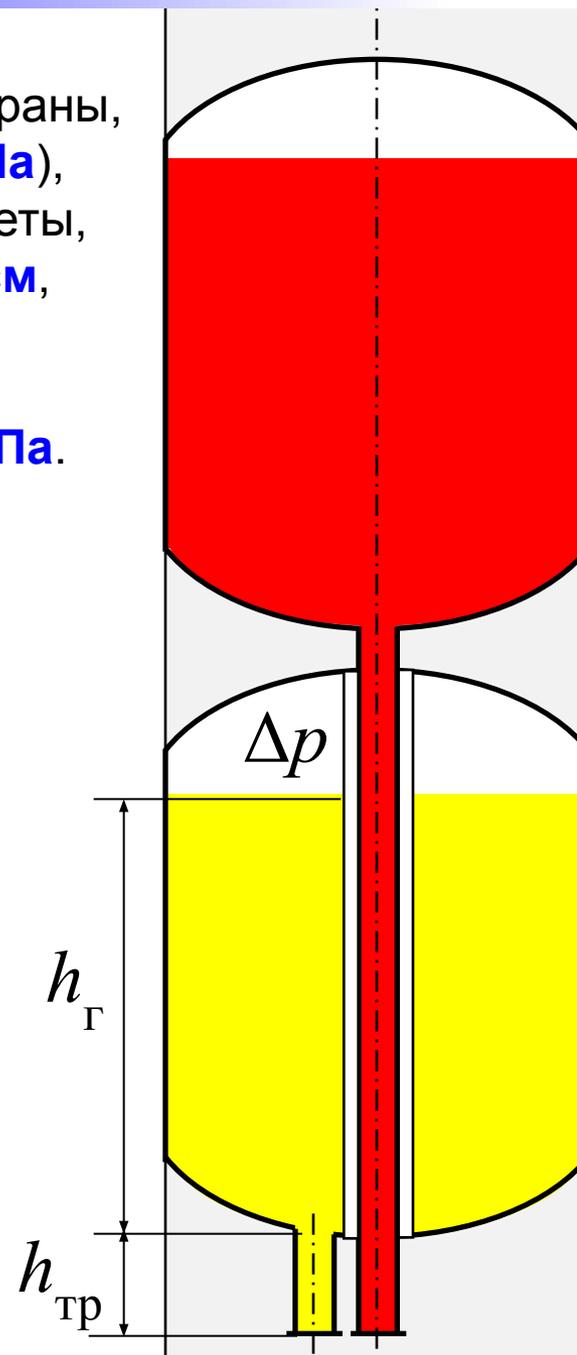
Определить минимальную толщину  $\delta$  круглой мембраны, выполненной из алюминиевого сплава ( $\sigma_B = 200 \text{ МПа}$ ), если она установлена в трубопроводе горючего ракеты, перед входом в насос. Диаметр трубопровода \_\_\_ см, высота трубопровода  $h_{\text{тр}} = \text{___ м}$ , бак горючего заполняется на высоту  $h_r = \text{___ м}$  и в нём создаётся избыточное давление  $\Delta p = 0,2 \text{ МПа}$ . Плотность горючего  $\rho_r = \text{___ кг/м}^3$ .





## Задача 2.1

Определить минимальную толщину  $\delta$  круглой мембраны, выполненной из алюминиевого сплава ( $\sigma_B = 200$  МПа), если она установлена в трубопроводе горючего ракеты, перед входом в насос. Диаметр трубопровода \_\_\_ см, высота трубопровода  $h_{тр} =$  \_\_\_ м, бак горючего заполняется на высоту  $h_r =$  \_\_\_ м и в нём создаётся избыточное давление  $\Delta p = 0,2$  МПа. Плотность горючего  $\rho_r =$  \_\_\_ кг/м<sup>3</sup>.





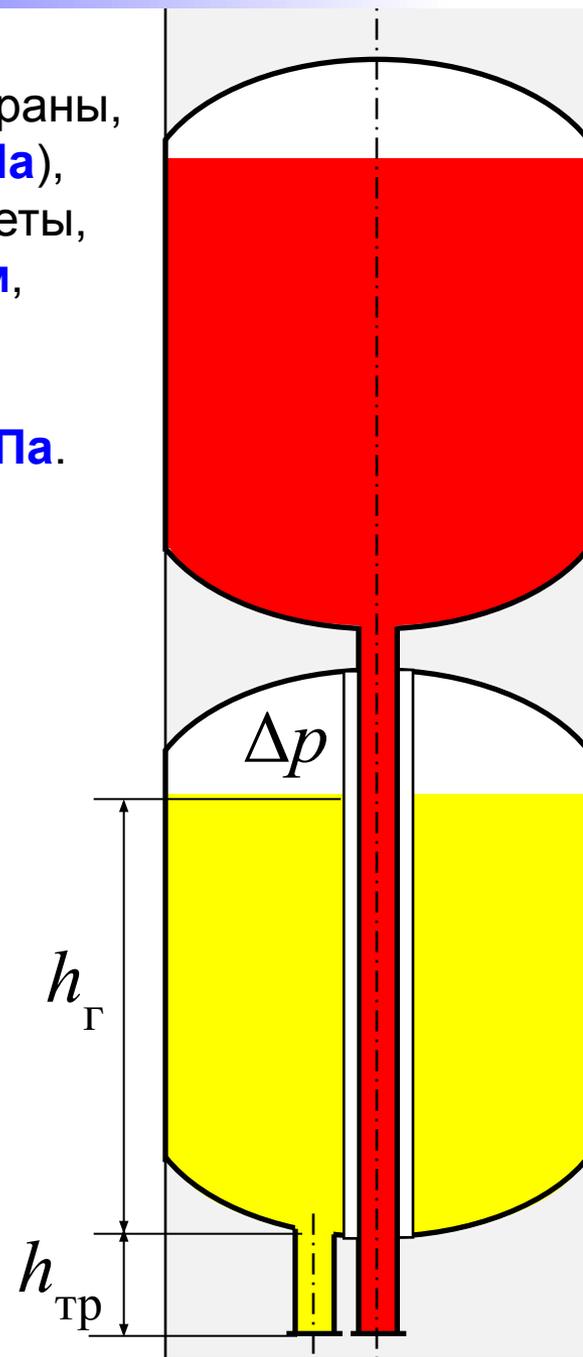
## Задача 2.1

Определить минимальную толщину  $\delta$  круглой мембраны, выполненной из алюминиевого сплава ( $\sigma_B = 200 \text{ МПа}$ ), если она установлена в трубопроводе горючего ракеты, перед входом в насос. Диаметр трубопровода **20 см**, высота трубопровода  $h_{\text{тр}} = 2 \text{ м}$ , бак горючего заполняется на высоту  $h_r = 7 \text{ м}$  и в нём создаётся избыточное давление  $\Delta p = 0,2 \text{ МПа}$ . Плотность горючего  $\rho_r = 790 \text{ кг/м}^3$ .

$$\delta_{\min} = \sqrt{\frac{3pr^2}{4\sigma_B}} = \sqrt{\frac{3(\rho g(h_{\text{тр}} + h_r) + \Delta p)r^2}{4\sigma_B}}$$

$$\delta_{\min} = \sqrt{\frac{3(790 \cdot 9,81 \cdot (2 + 7) + 2 \cdot 10^5) \cdot 0,1^2}{4 \cdot 2 \cdot 10^8}}$$

$$\delta_{\min} (\text{м}) \approx 0,003$$





## Задача 2.2

Определить, какую максимальную высоту  $h_{\max}$  водяного столба может выдержать мембрана из легированной стали ( $\sigma_{\text{в}} = 1200 \text{ МПа}$ ) толщиной  $\delta = 1 \text{ мм}$ , если она установлена в трубопроводе диаметром  $d = 20 \text{ см}$ .

Определить максимальные нормальных напряжения, возникающие в мембране под давлением  $\text{H}_2\text{O}$  (см. лекцию 2.2. вопрос 5)  
(давление столба  $\text{H}_2\text{O}$  выразить через ее плотность)

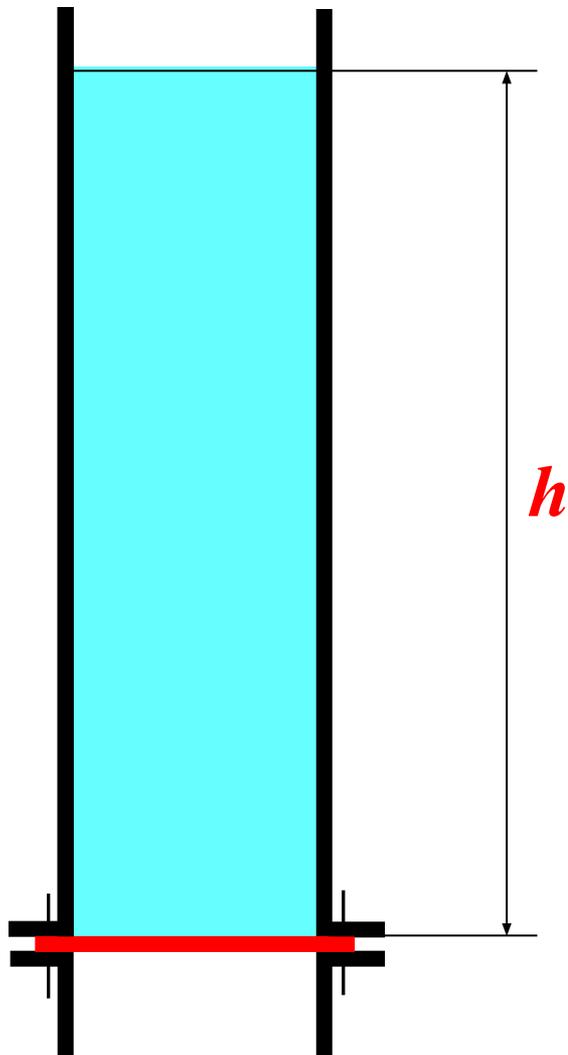
$$\sigma_{\max} = \frac{3pr^2}{4\delta^2} = \frac{3\rho ghr^2}{4\delta^2} \quad (1)$$

Из выражение (1) выразить максимальную высоту столба  $\text{H}_2\text{O}$

$$h_{\max} = \frac{4\sigma_{\text{в}}\delta^2}{3\rho gr^2} \quad (2)$$

В выражение (2) подставить значения параметров из условия задачи и вычислить значение максимальной высоты столба  $\text{H}_2\text{O}$  (ответ получить в метрах, с точностью два знака после запятой)

$$h_{\max} = \frac{4 \cdot 1,2 \cdot 10^9 \cdot 0,001^2}{3 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,1^2} \approx 16,31 \text{ м}$$





## Задача 2.3

Определить максимальный прогиб  $w_{\max}$  мембраны из дюралюминия ( $E = 7,1 \times 10^{10}$  Па) толщиной  $\delta = 1$  мм, установленной в трубопроводе диаметром  $d = 0,2$  м, если высота водяного столба составляет  $h = 5$  м

Определить максимальный прогиб мембраны возникающий под давлением  $H_2O$  (см. лекцию 2.2. вопрос 5)  
(давление столба  $H_2O$  выразить через ее плотность)

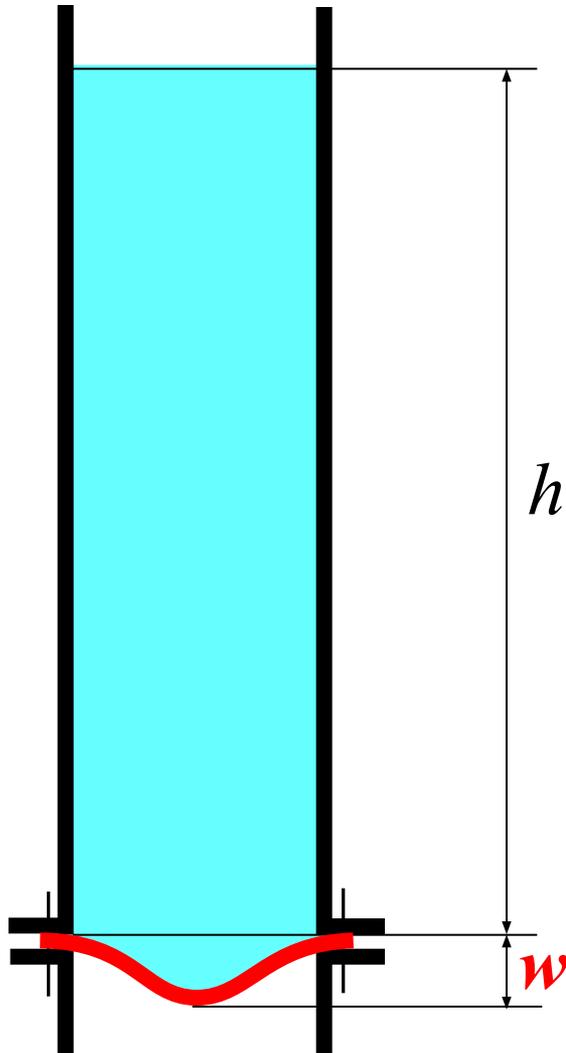
$$w_{\max} = \frac{pr^4}{64D} = \frac{\rho ghr^4}{64D} = \frac{3(1-\mu^2)\rho ghr^4}{16E\delta^3} \quad (1)$$

В выражение (1) подставить выражение для цилиндрической жесткости (см. лекцию 2.2. вопрос 5)

$$D = \frac{E\delta^3}{12(1-\mu^2)}$$

В выражение (1) подставить значения параметров из условия задачи и вычислить значение максимального прогиба мембраны (ответ получить в метрах с точностью два знака после запятой)

$$w_{\max} = \frac{3 \cdot (1 - 0,3^2) \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 5 \cdot 0,1^4}{16 \cdot 7,1 \cdot 10^{10} \cdot 0,001^3} \approx 0,01 \text{ м}$$

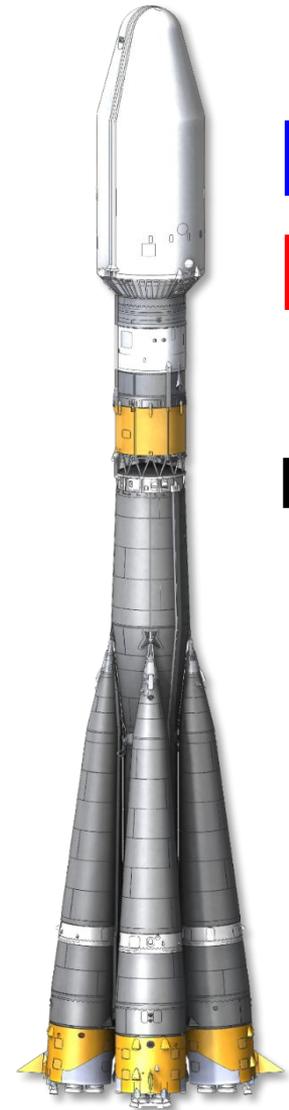


# Тема 2 Основы теории оболочек



## Практическое занятие 2.1 Расчет круглых пластин

Решение задач



# **Строительная механика ракет-носителей**

## **Тема 2**

### **Основы теории оболочек**

### **Практическое занятие № 2 /2.1/**

**Старший преподаватель 13 кафедры  
Карчин Александр Юрьевич**