

Строительная механика ракет-носителей

Тема 3

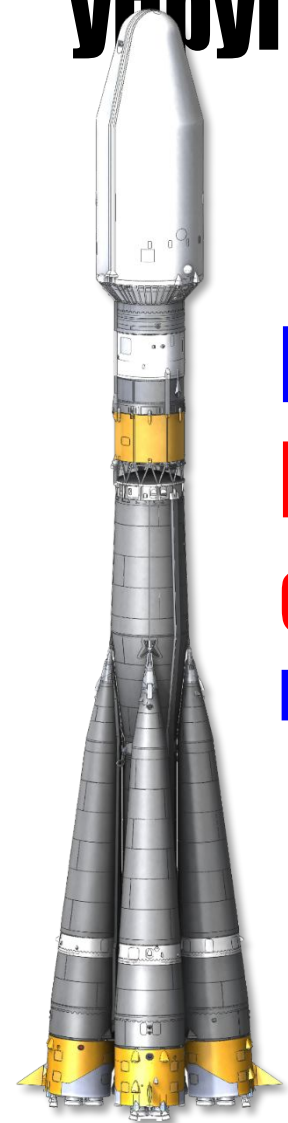
Понятие о несущей способности упругодеформируемых конструкций

Руководство к расчетно-графической работе

Тема 3 Понятие о несущей способности упругодеформируемых конструкций



Расчетно-графическая работа
Нагружение цилиндрической
секционной оболочки
Практическое занятие 3.4



Нагружение цилиндрической секционной оболочки

Цель:

1. Определить значения продольной силы в сечениях секционной оболочки /построить эпюру продольной силы/

2. Оценить несущую способность оболочки в различных условиях нагружения

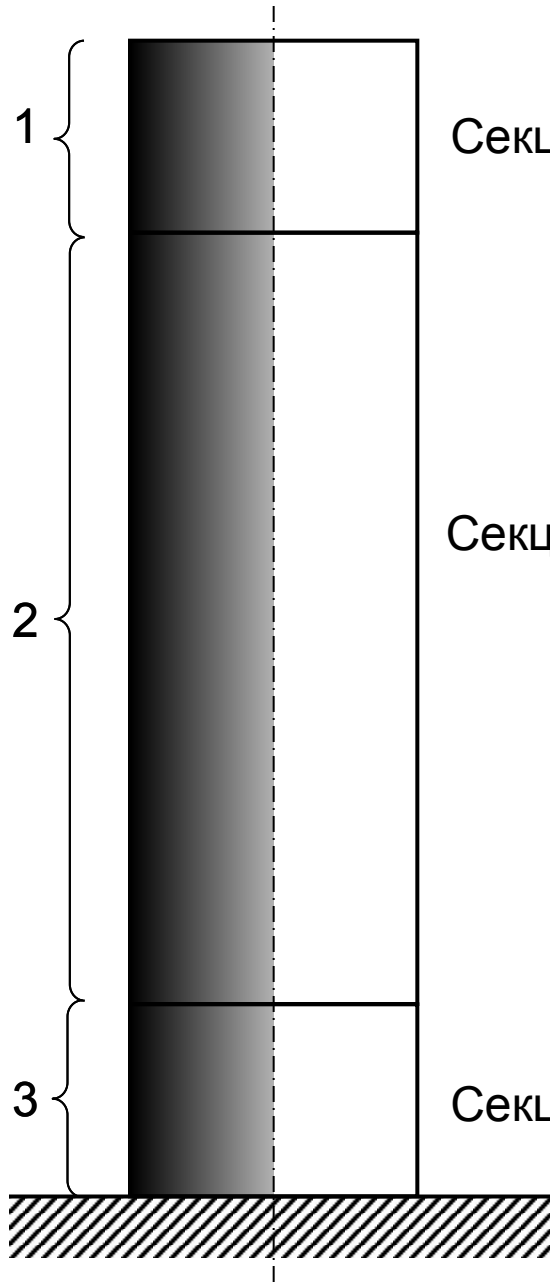
Карчин А.Ю., Болдырев К.Б.

Теоретические основы строительной механики ракет-носителей – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2015

с. 151-156 (приложение)



Цилиндрическая секционная оболочка



Секция 1

Конструкция состоит из трех отдельных секций 1-3

Каждая секция представляет собой цилиндрическую оболочку

Секция 2

Конструкция установлена на жесткую поверхность и нагружена только **собственным весом**

Секция 3

Цилиндрическая секционная оболочка



$m_{об1}$ — масса **секции 1**, кг

$l_{об1}$ — длина **секции 1**, м

$m_{об1p} = \frac{m_{об1}}{l_{об1}}$ — распределённая
масса **секции 1**, кг/м

$m_{об2}$ — масса **секции 2**, кг

$l_{об2}$ — длина **секции 2**, м

$m_{об2p} = \frac{m_{об2}}{l_{об2}}$ — распределённая
масса **секции 2**, кг/м

$m_{об3}$ — масса **секции 3**, кг

$l_{об3}$ — длина **секции 3**, м

$m_{об3p} = \frac{m_{об3}}{l_{об3}}$ — распределённая
масса **секции 3**, кг/м

Нагружение цилиндрической секционной оболочки

Определить значения продольной силы в различных сечениях оболочки /построить эпюру продольной силы/

Карчин А.Ю., Болдырев К.Б.

Теоретические основы строительной механики ракет-носителей – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2015

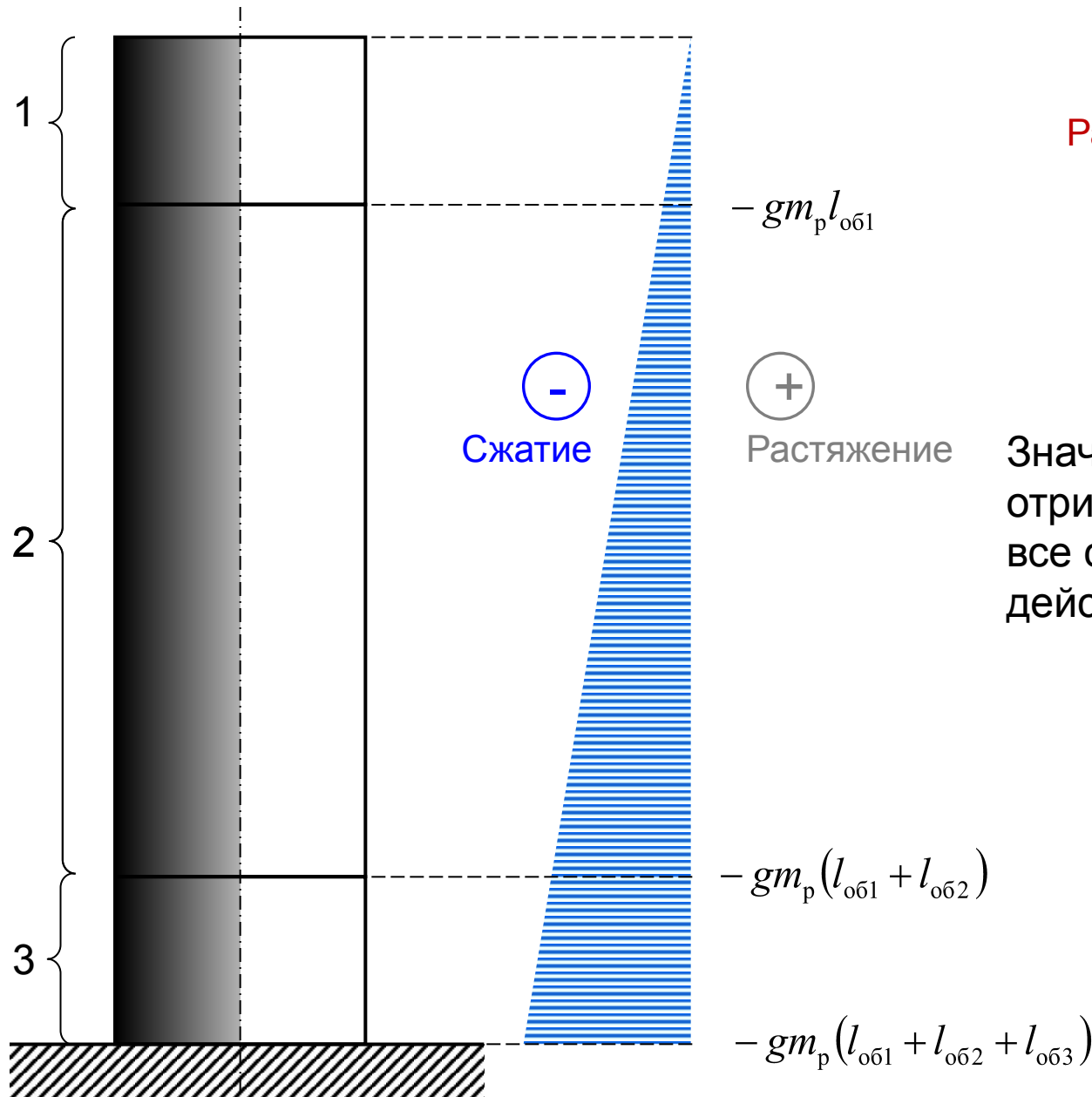
с. 151-156 (приложение)



Построение эпюры продольной силы N

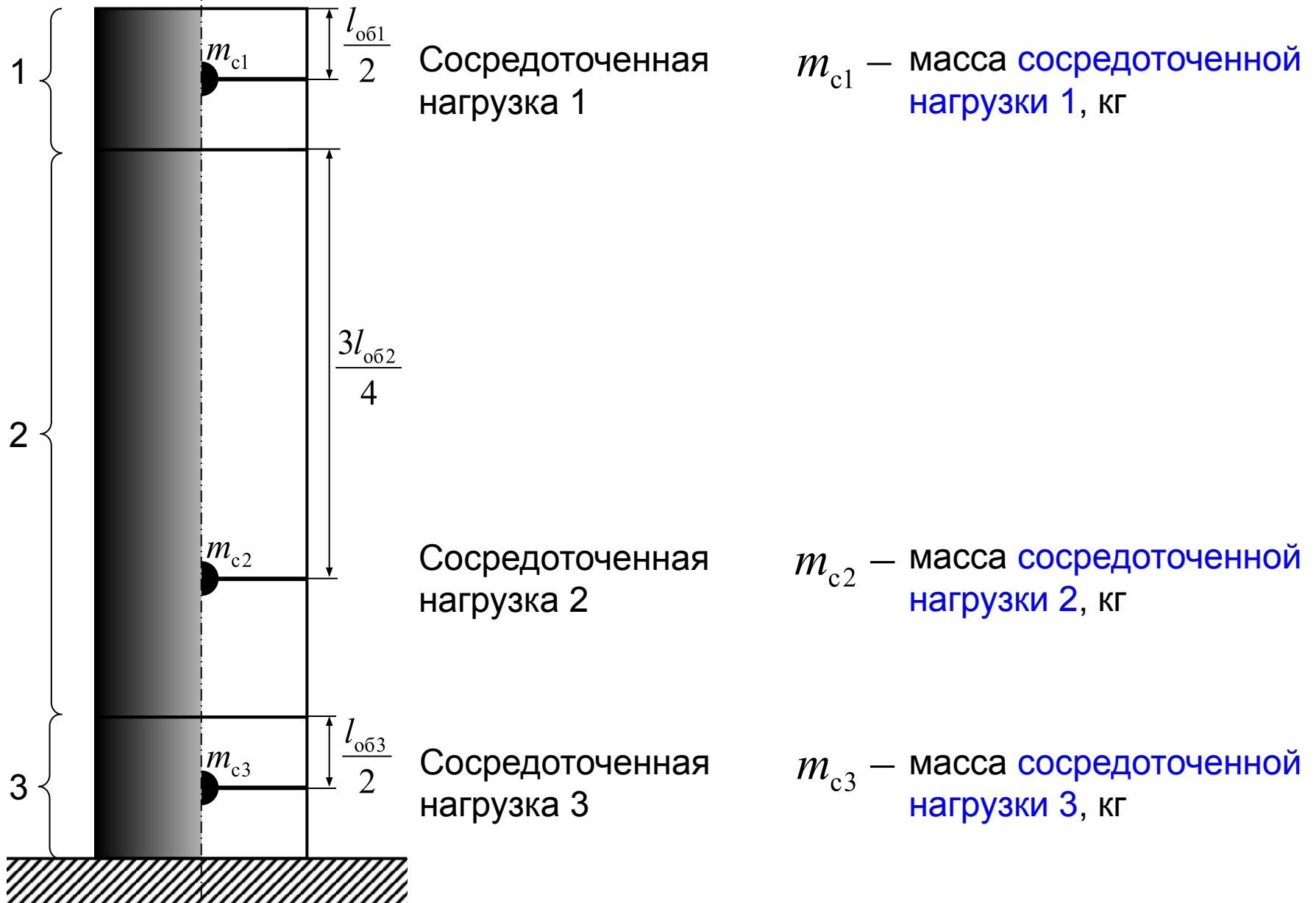
$$N_i = -g \int_0^{x_i} m_{pi}(x) dx$$

Распределенная масса

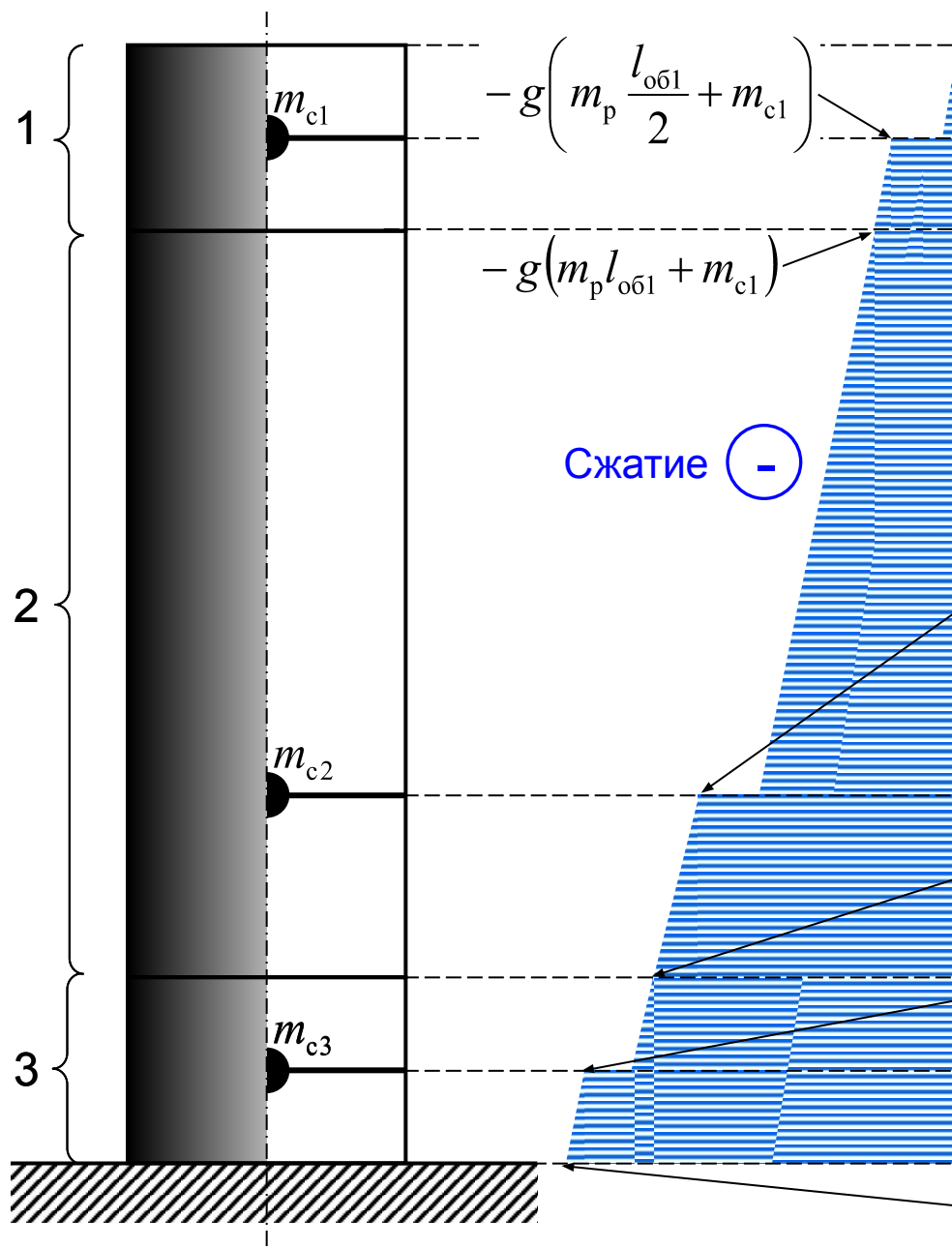


Значения силы N принимают отрицательные значения – все секции сжимаются под действием собственного веса

Изменения условий нагружения секционной оболочки: установлены грузы (сосредоточенные нагрузки) в секциях



Построение эпюры продольной силы N



$$N_i = -g \left(\int_0^{x_i} m_{pi}(x) dx + \sum_{j=1}^n m_{cj} \right)$$

Распределенная масса

Сосредоточенная масса

Сжатие (-)

(+) Растяжение

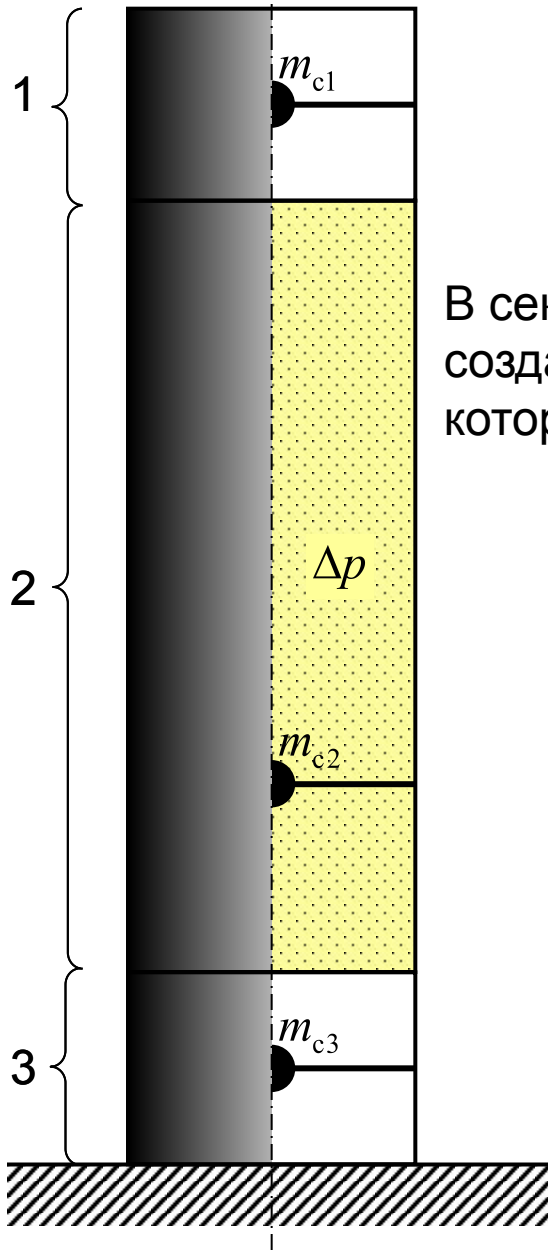
$$-g \left(m_p \left(l_{o61} + \frac{3l_{o61}}{4} \right) + m_{c1} \right)$$

$$-g \left(m_p (l_{o61} + l_{o62}) + m_{c1} + m_{c2} \right)$$

$$-g \left(m_p \left(l_{o61} + l_{o62} + \frac{l_{o63}}{2} \right) + m_{c1} + m_{c2} + m_{c3} \right)$$

$$-g \left(m_p (l_{o61} + l_{o62} + l_{o63}) + m_{c1} + m_{c2} + m_{c3} \right)$$

Изменения условий нагружения секционной оболочки: создание избыточного давления в средней секции (секции 2)



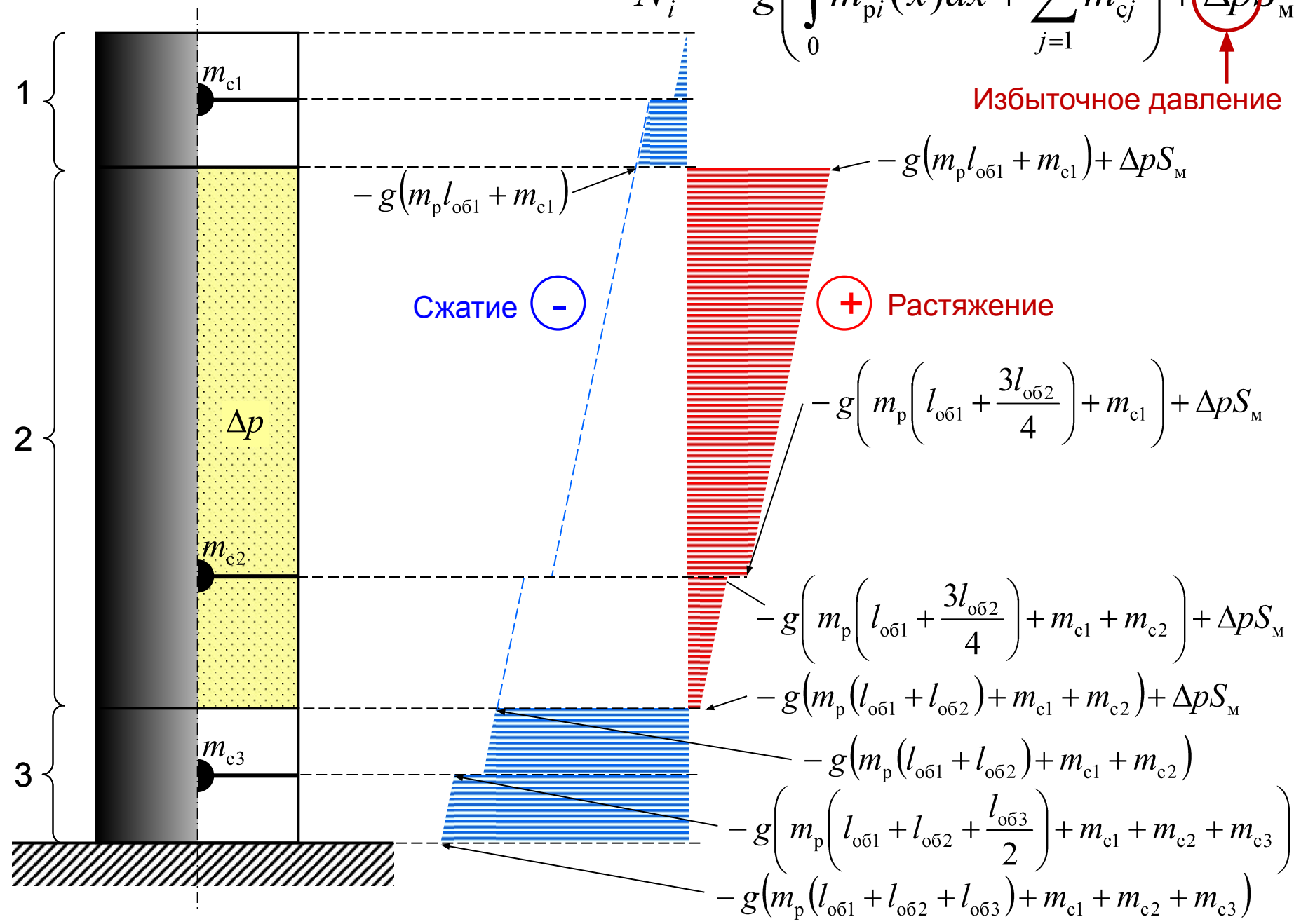
В секции 2
создано избыточное давление Δp ,
которое растягивает оболочку

Δp — давление наддува, Па

$$S_M = \pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4} \text{ — площадь поперечного сечения секции 2, м}^2$$

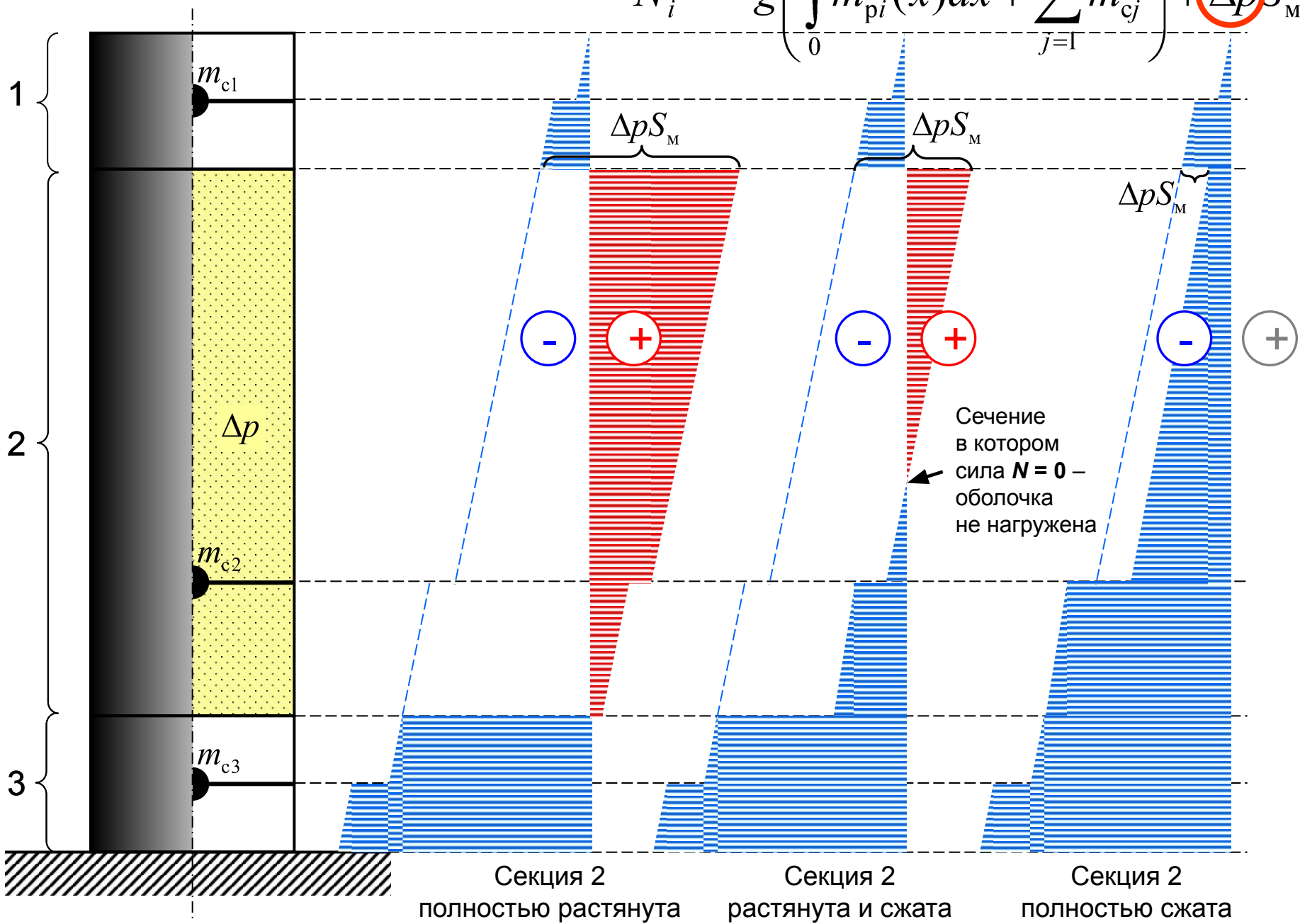
Построение эпюры продольной силы N

$$N_i = -g \left(\int_0^{x_i} m_{pi}(x) dx + \sum_{j=1}^n m_{cj} \right) + \Delta p S_M$$

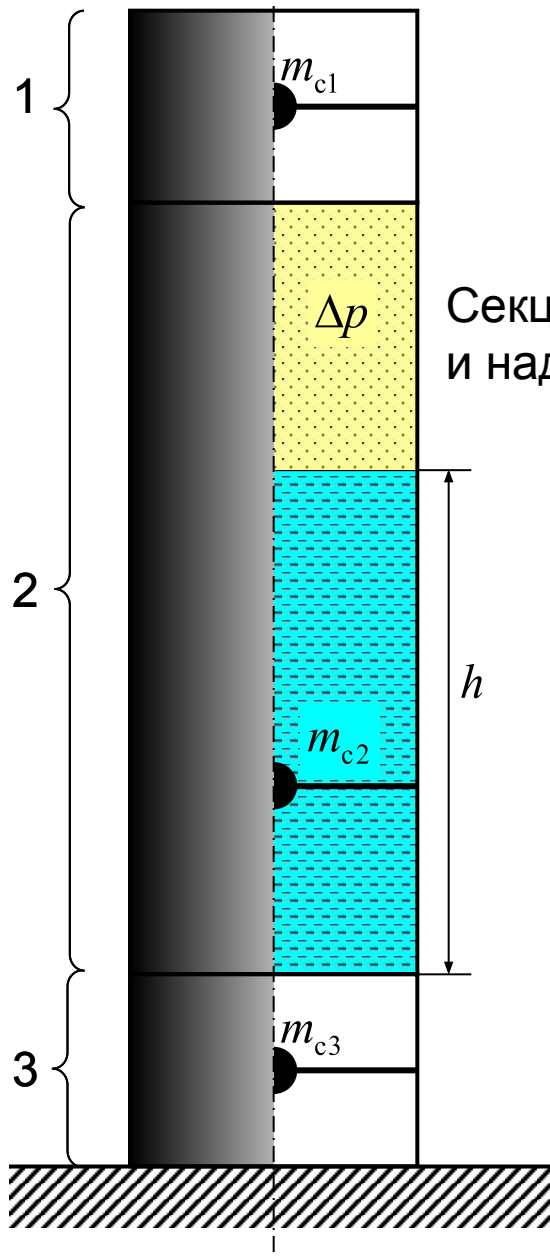


Зависимость силы N от давления Δp

$$N_i = -g \left(\int_0^{x_i} m_{pi}(x) dx + \sum_{j=I}^n m_{cj} \right) + \Delta p S_M$$



Изменения условий нагружения секционной оболочки: средняя секция (секция 2) наддута избыточным давлением и заполнена жидкостью



Секция 2 заполнена жидкостью
и наддута избыточным давлением Δp

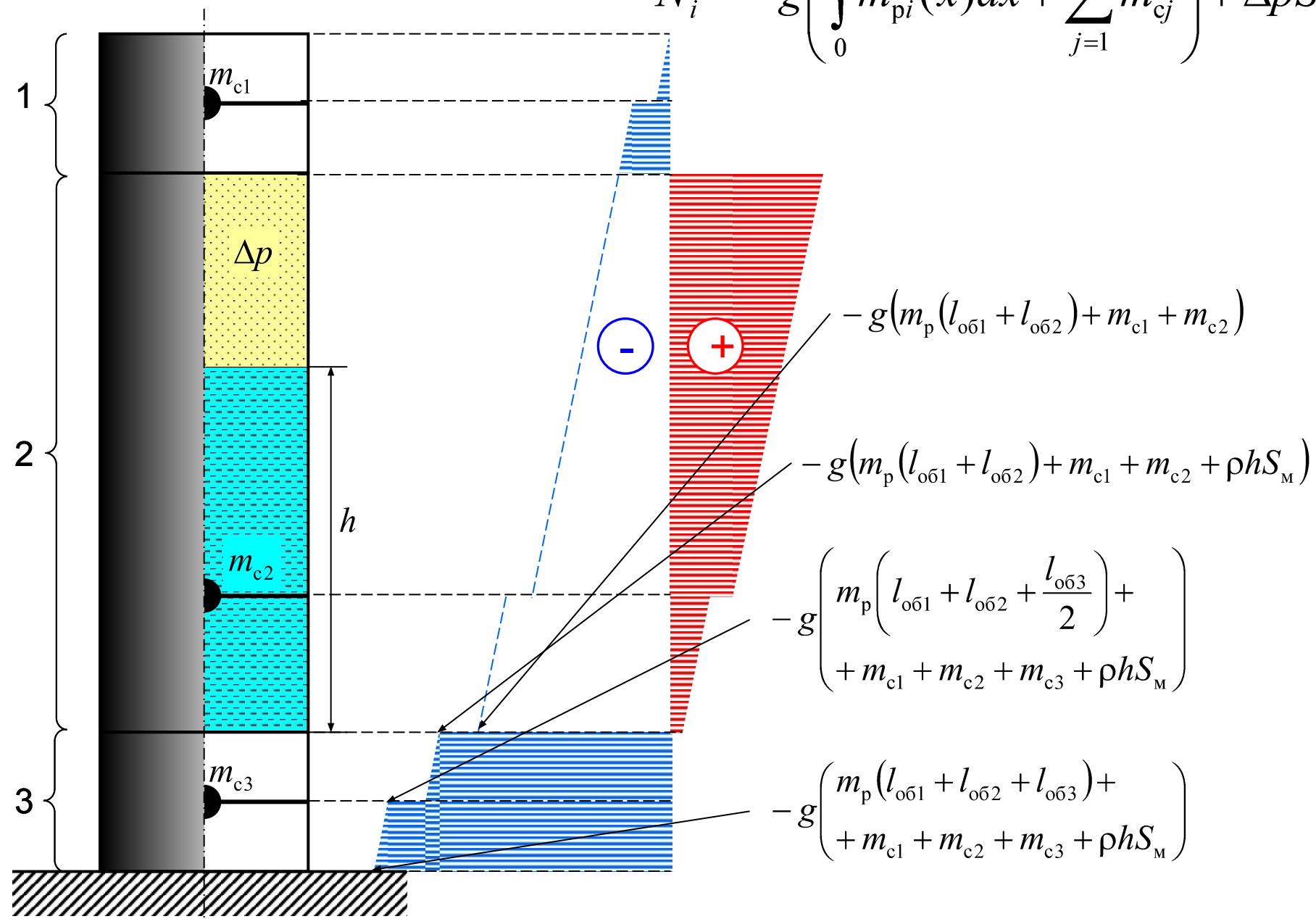
Δp — давление наддува, Па

$m_{\text{ж}} = \rho h S_{\text{М}}$ — масса жидкости, кг

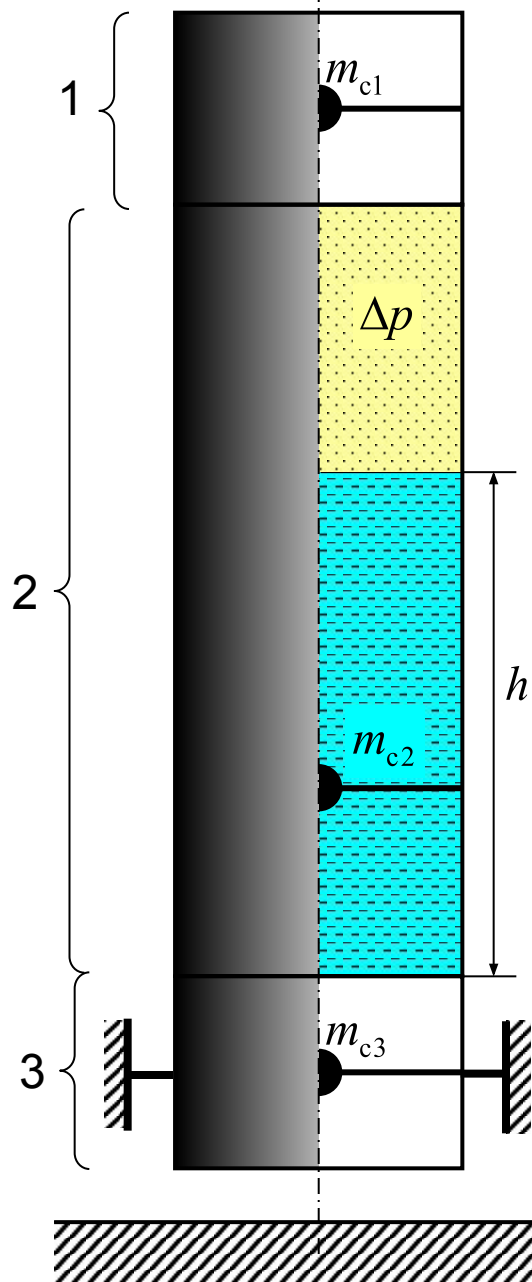
$S_{\text{М}} = \pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4}$ — площадь поперечного сечения секции 2, м²

Построение эпюры продольной силы N

$$N_i = -g \left(\int_0^{x_i} m_{pi}(x) dx + \sum_{j=1}^n m_{cj} \right) + \Delta p S_M$$



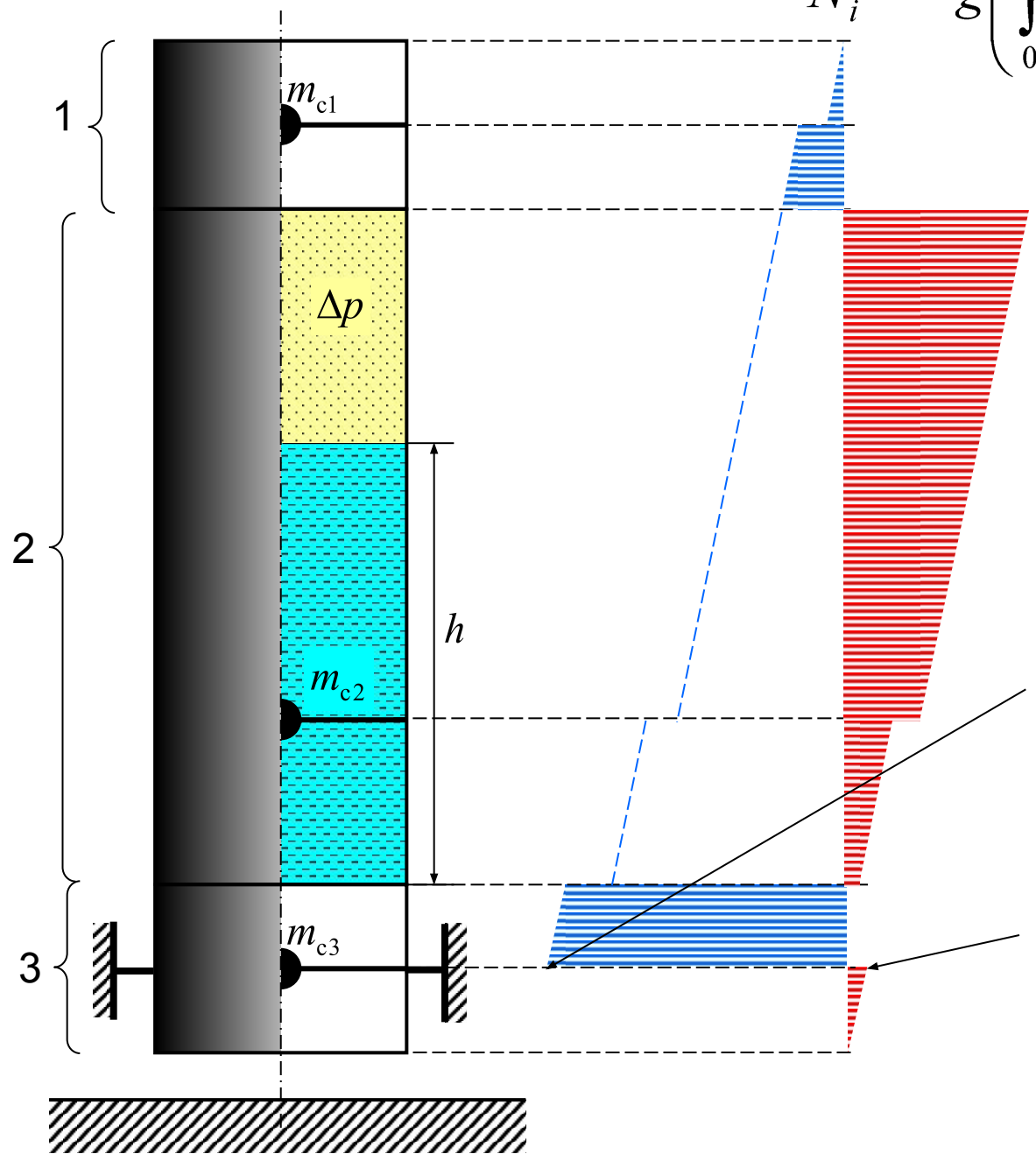
Изменения условий нагружения секционной оболочки:
в нижней секции (секции 3) в сечении сосредоточенной нагрузки
установлена опора



Опора (верхняя часть секции 3 **сжата**
нижняя часть секции 3 **растянута**)

Построение эпюры продольной силы N

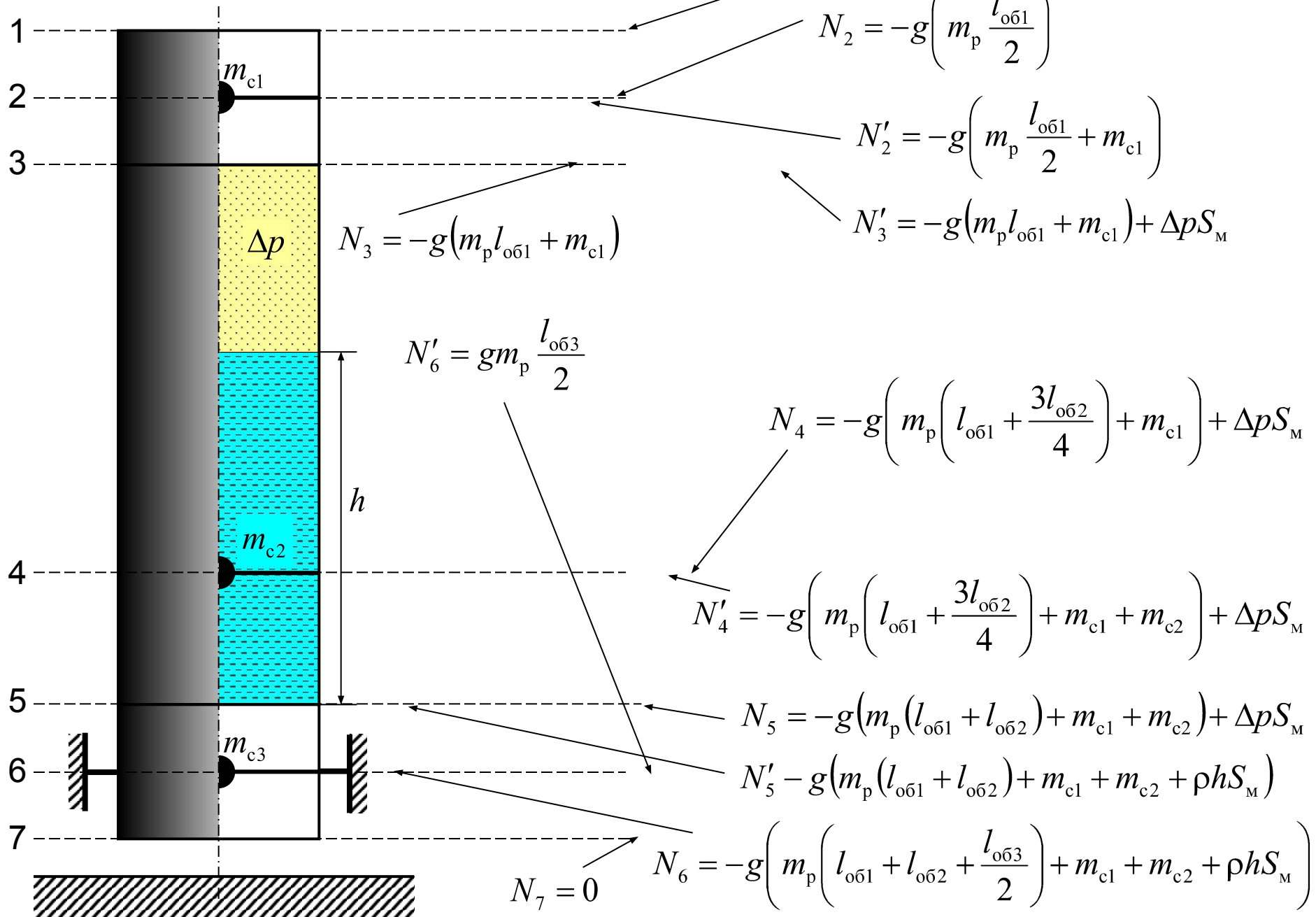
$$N_i = -g \left(\int_0^{x_i} m_{pi}(x) dx + \sum_{j=1}^n m_{cj} \right) + \Delta p S_M$$



$$-g \left(m_p \left(l_{o61} + l_{o62} + \frac{l_{o63}}{2} \right) + m_{c1} + m_{c2} + \rho h S_M \right)$$

$$g m_p \frac{l_{o63}}{2}$$

Значения продольной силы N в сечениях 1–7

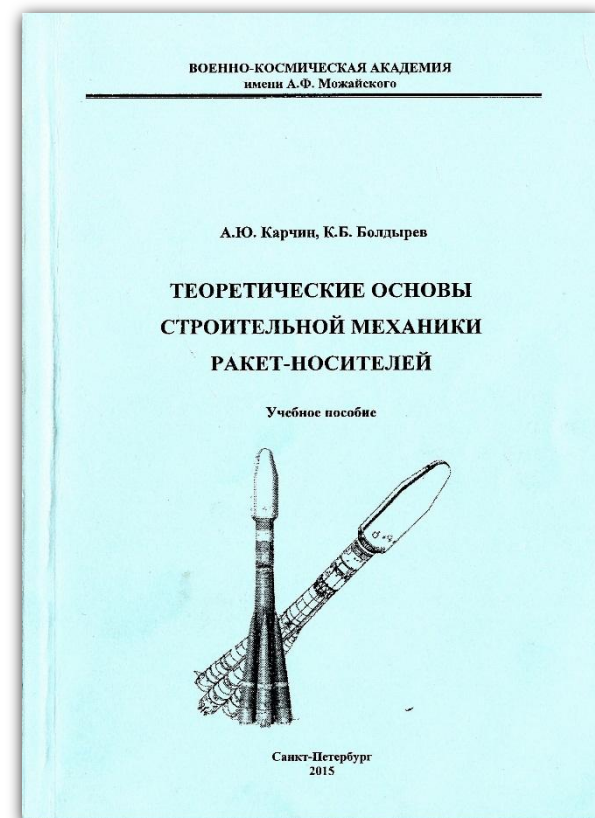


Нагружение цилиндрической секционной оболочки

Оценить несущую способность оболочки в различных условиях нагружения

Использовать материалы:

- лекций **3.1** и **3.3**
- практических занятий **3.1** и **3.3**

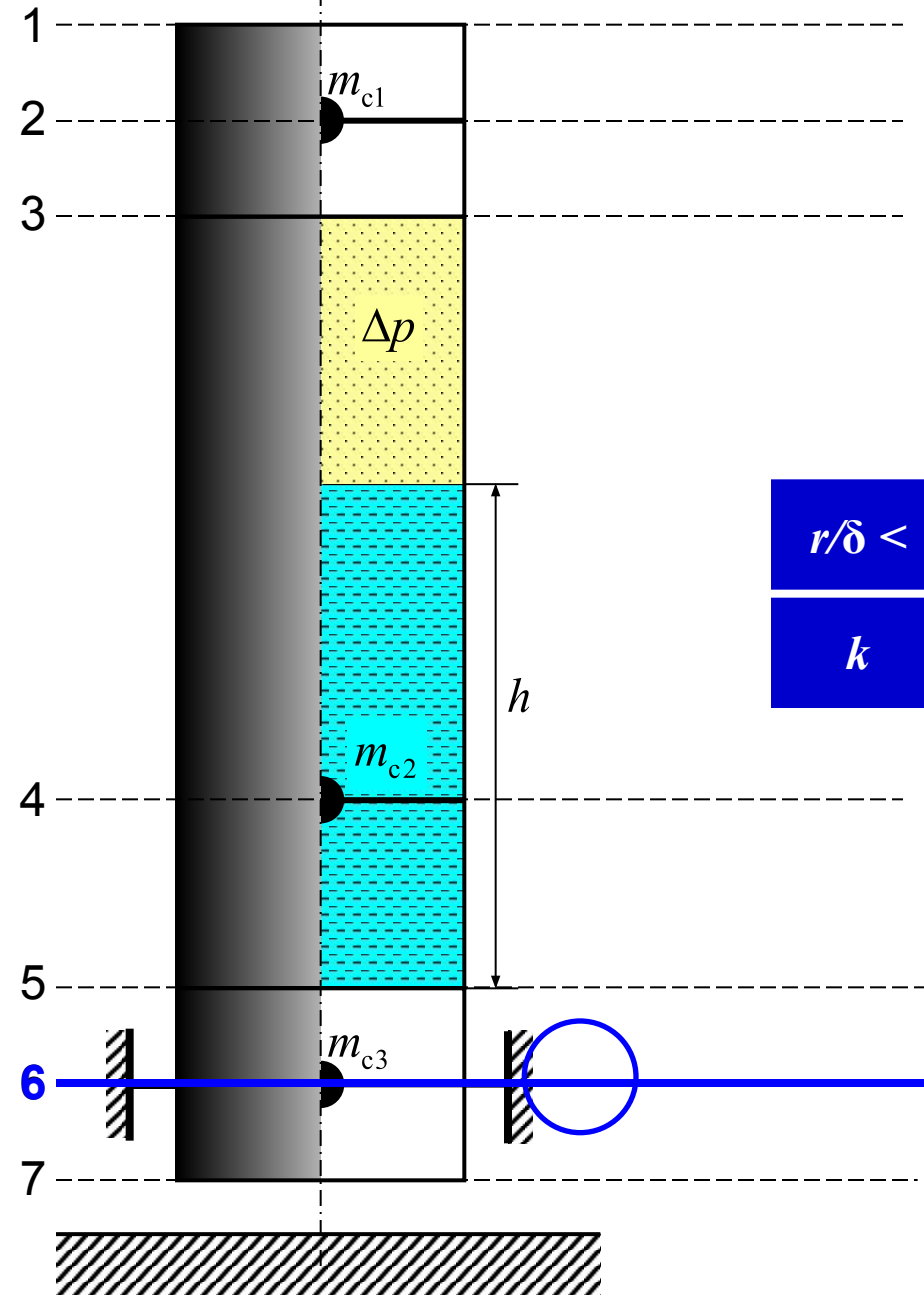


Оценка несущей способности оболочки (проверка на устойчивость сжатой оболочки)

Коэффициент запаса устойчивости

$$n_{кр} = \frac{F_{кр}}{N_{max}} = \frac{1}{N_6}$$

$$F_{кр} = k E \delta^2 2\pi$$



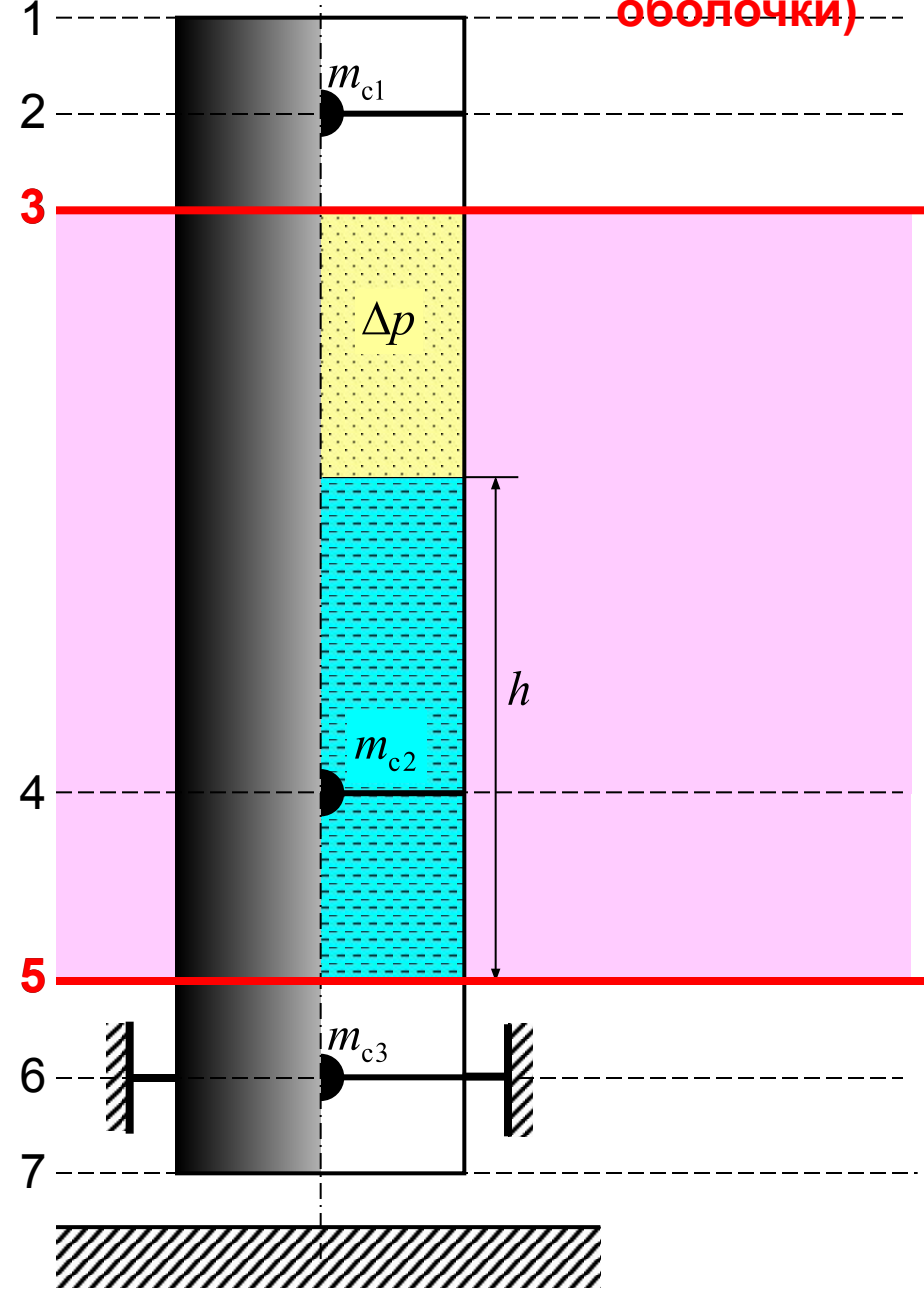
$r/\delta <$	250	500	750	1000	1500
k	0,15	0,14	0,12	0,10	0,09

Проверка на устойчивость

Оценка несущей способности оболочки
(проверка на прочность растянутой оболочки)

Коэффициент запаса прочности

$$n_{пр} = \frac{\sigma_B}{\sigma_{max}} = \frac{\sigma_B}{\sigma_\theta} = \frac{\sigma_B}{\sigma_\theta}$$



Проверка на прочность

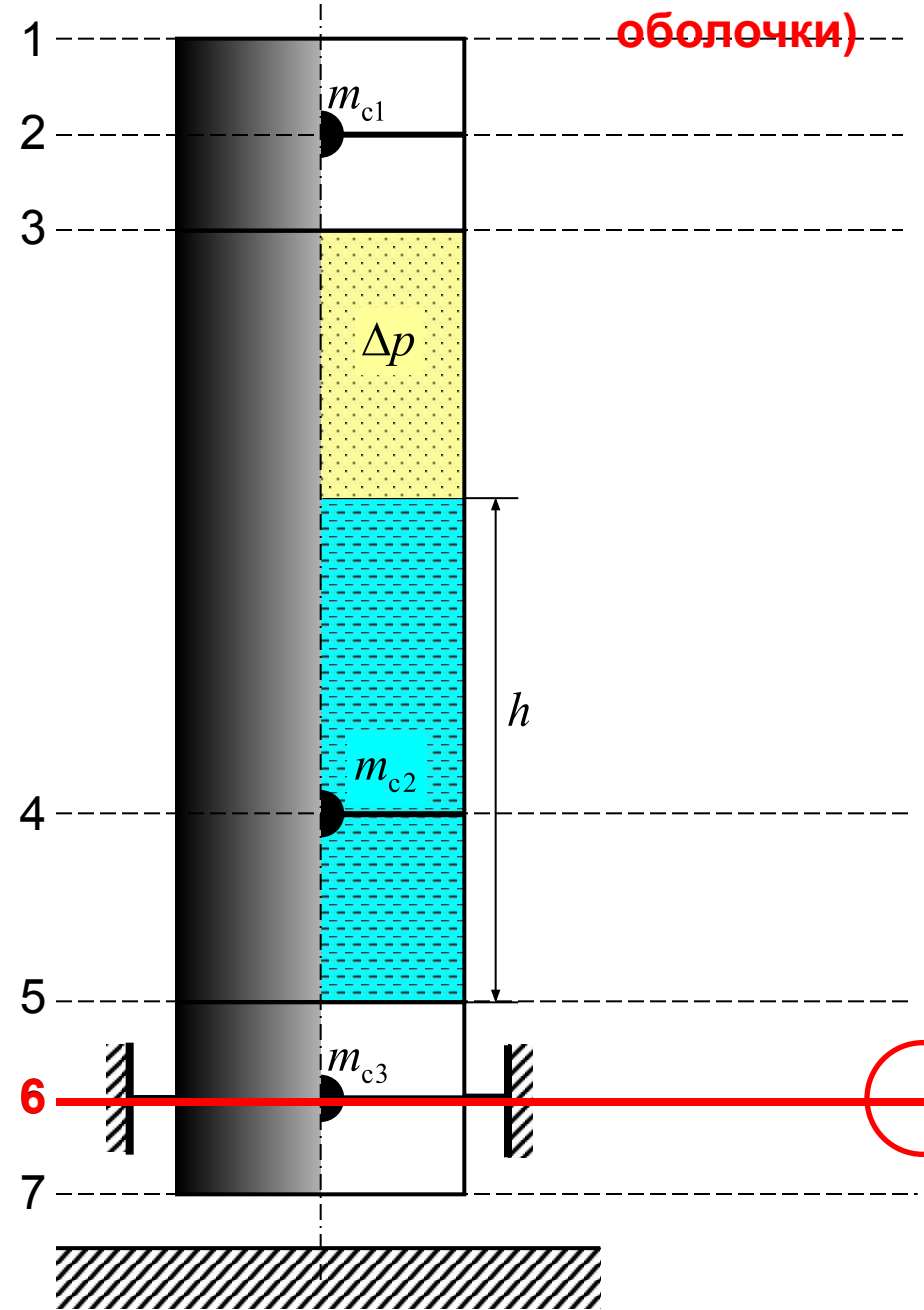
$$\sigma_\varphi = \frac{\Delta p r}{2\delta}$$

$$\sigma_\theta = \frac{(\Delta p + \rho g h) r}{\delta}$$

Оценка несущей способности оболочки
(проверка на прочность растянутой оболочки)

Коэффициент запаса прочности

$$n_{\text{пр}} = \frac{\sigma_{\text{в}}}{\sigma_{\text{max}}} = \frac{\sigma_{\text{в}} 2\pi r \delta}{N_6}$$



$$\sigma_{\theta} = \frac{(\Delta p + \rho g h)r}{\delta}$$

$$\sigma_{\varphi} = \frac{N_6}{2\pi r \delta}$$

Проверка на прочность

Задание



1. Определить значения продольной силы N в сечениях **1–7**
2. Построить **эпюру** значений продольной силы N , указать значения в сечениях **1–7**
3. Оценить несущую способность секционной оболочки

Тема 3 Понятие о несущей способности упругодеформируемых конструкций



Расчетно-графическая работа
Нагружение цилиндрической
секционной оболочки
Практическое занятие 3.4

