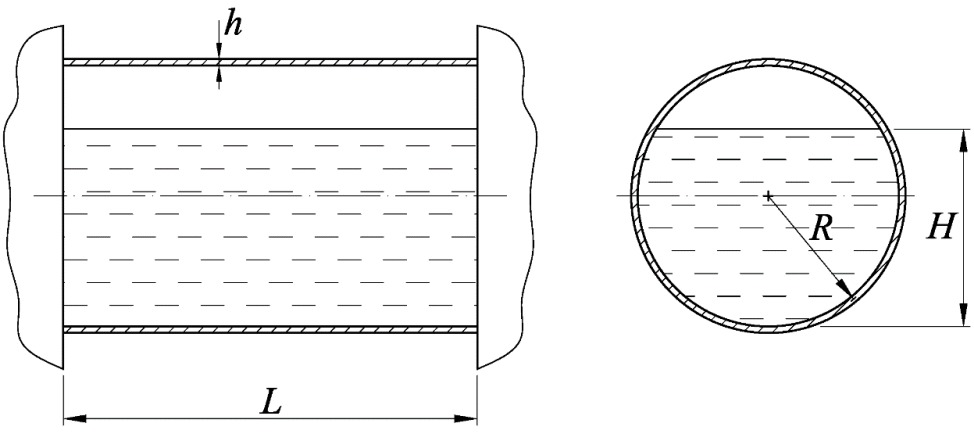
Министерство образования и науки Российской Федерации
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Н.Э. БАУМАНА
кафедра «Прикладная механика» (РК-5)

Домашнее задание №1
по дисциплине “Строительная механика”
“Общая теория оболочек”
Вариант 109В.

Выполнил:
Студент группы РК5-82Б
Приёмко К.С.

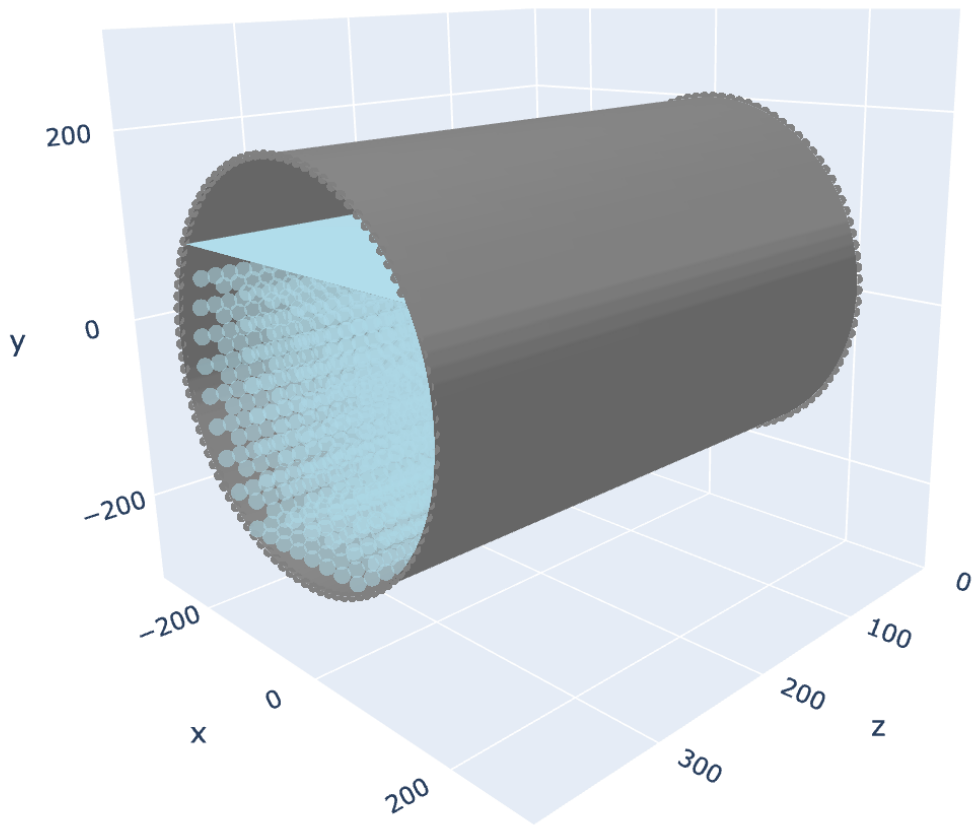
Проверил:
Преподаватель **Белкин А.Е.**

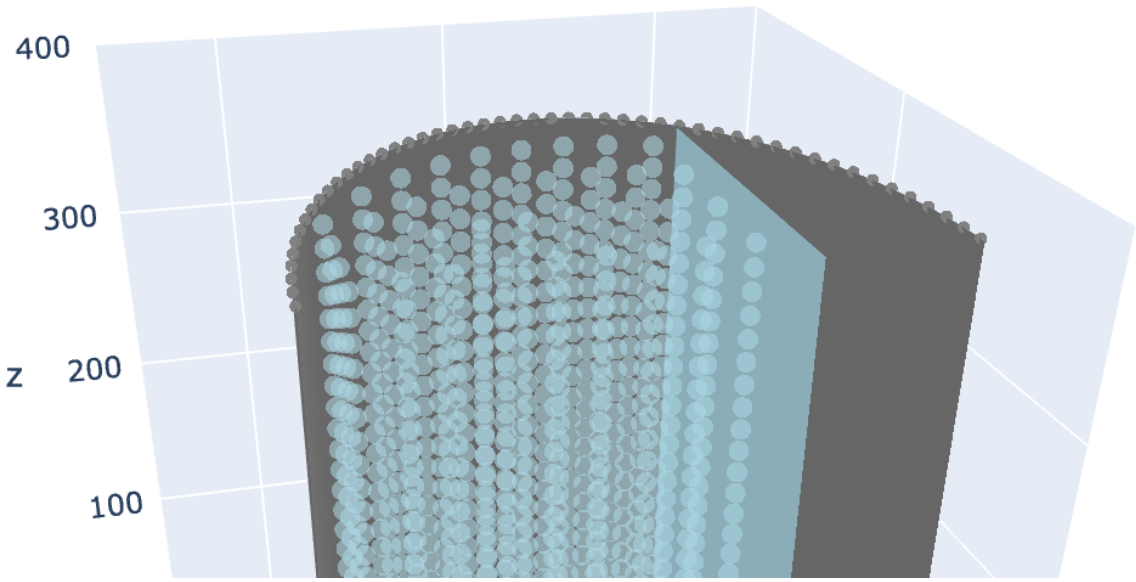
Москва,
2022



Цилиндрическая оболочка нагружена давлением заключенной в ней жидкости. Торцы оболочки жестко защемлены. Определить напряжения у лицевых поверхностей оболочки, а также перемещения точек срединной поверхности. Плотность жидкости $\rho = 1 \cdot 10^3 \ \frac{кг}{м^3}$. Высота заполнения емкости $H = 300$ мм.

$h = 1$ мм, $R = 200$ мм, $L = 400$ мм, $E = 2 \cdot 10^5$ Мпа, $\mu = 0{,}3$





Оболочка вращения заполнена жидкостью на уровне H, следовательно, действует давление по нормали к поверхности, в свою очередь, вдоль меридионального и окружного направлений нагрузка отсутствует.

Пусть уровень жидкости в оболочке относительно центра сечения:

$$\delta = H - R$$

Тогда нагрузка

$$q_n = \begin{cases} \rho g(\delta + y), & \text{если } -\delta \le y \le R \\ 0, & \text{если } -R \le y \le -\delta \end{cases}$$

По исходным данным:

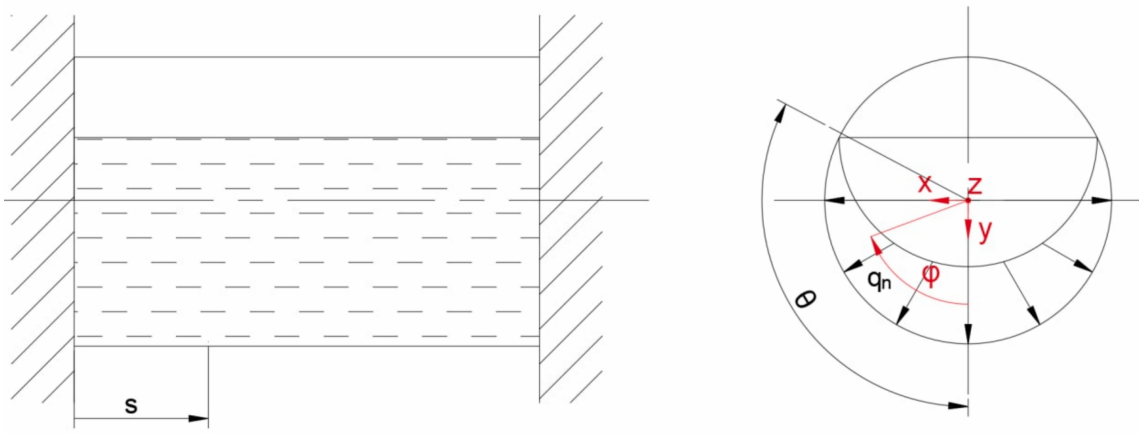


Рис 1

Выбрав за начало отсчёта угла φ нижнюю точку цилиндра, получим

$$y = R\cos\varphi$$

Пусть $\varphi = \theta$ угол уровня жидкости, тогда пусть

$$\delta = R\sin\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right)$$

Откуда

$$\theta = \frac{\pi}{2} + \arcsin\frac{\delta}{R}$$

$$\delta = R\sin\left(\arcsin\frac{\delta}{R}\right)$$

$$\delta = -R\cos\theta$$

Нагрузка:

$$q_1 = q_2 = 0,\ \ q_n = \begin{cases} \rho g R(\cos\varphi - \cos\theta), & |\varphi| \le \theta \\ 0, & \theta \le |\varphi| \le \pi \end{cases}$$

Представим в виде ряда Фурье:

$$q_n = \sum_{k=1}^{\infty} q_{n(k)}\cos k\varphi$$

Амплитуда нулевой гармоники:

$$q_{n(0)} = \frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi} q_n\, d\varphi = \frac{1}{\pi}\int_0^{\theta} q_n d\varphi = \frac{1}{\pi}\rho g R(\sin\theta - \theta\cos\theta)$$

Амплитуда первой гармоники:

$$q_{n(1)} = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi} q_n\cos\varphi\, d\varphi = \frac{2}{\pi}\int_0^{\theta}\rho g R(\cos\varphi - \cos\theta)\cos\varphi\, d\varphi =$$

$$= \frac{1}{\pi}\rho g R\left(\theta - \frac{sin2\theta}{2}\right)$$

Амплитуда k – ой гармоники:

$$q_{n(k)} = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi} q_n\cos k\varphi\, d\varphi = \frac{2}{\pi}\int_0^{\theta}\rho g R(\cos\varphi - \cos\theta)\cos k\varphi\, d\varphi =$$

$$= \frac{2\rho g R}{\pi k(k^2 - 1)}[sin\, k\theta\ cos\ \theta\ -\ k\ sin\ \theta\ cos\ k\theta]$$

На срединной поверхности исходной цилиндрической оболочки зададим гауссовы координаты α и β, в качестве которых выберем длину дуги вдоль образующей и угол по направляющей (рис 1), в таком случае геометрические параметры Ламе:

$$A = 1\ (\alpha = s - \text{ед длины})$$
$$B = r\ \ (\beta = \varphi)$$

Для решения поставленной задачи, необходимо взять во внимание тот факт, что система дифференциальных уравнений теории оболочек имеет 8-ой порядок, следовательно необходимо выбрать основные параметры:

$$u, v, w,\ \vartheta_1,\ T_1,\ Q_1^*,\ S_1^*, M_1,$$

$Q_1^*,\ S_1^*, -$ приведённая свдигающая и поперечная сила соответственно

Представим систему ДУ в векторно-матричном виде:

$$\frac{d}{ds}\overline{y} = \sum_{n=0}^{4}[F_n(s)]\frac{\partial^n}{\partial\varphi^n}\overline{y} + \overline{g}$$

Выделим вектор состояния:

$$\overline{y}(s,\varphi) = \{\,u\ \ v\ \ \ w\ \ \ \vartheta_1\ \ \ rT_1\ \ \ rQ_1^*\ \ \ rS_1^*\ \ rM_1\}$$

Разложим компоненты НДС в ряды Фурье.

$u, w, \vartheta_1, T_1, T_2, Q_1, M_1, M_2$ - симметричные компоненты:

$$f(s,\varphi) = \sum_{k=0}^{\infty} f_k(s)\cos k\varphi$$

$v, \vartheta_2, S, Q_2, H$ - кососимметричные компоненты:

$$\psi(s,\varphi) = \sum_{k=1}^{\infty} \psi_k(s)\sin k\varphi$$

В таком случае, систему ДУ (для k-ой гармоники) сможем записать в виде:

$$\frac{d}{ds}\overline{y_k} = F_k(s) + \overline{g_k}$$

Вектор внешней нагрузки:

$$\overline{g}(s,\varphi) = \{\, 0 \;\; 0 \;\; 0 \;\; 0 \;\; 0 \;\; 0 \;\; -Rq_n \;\; 0 \,\}$$

где $\overline{g_k}$ – вектор нагрузки,

$[F_k(s)]$ – матрица переменных коэффициентов, в общем случае примет вид:

$$\begin{bmatrix}
-\frac{\mu\cos(\theta)}{r} & -\frac{k\mu}{r} & -\frac{\mu\sin(\theta)}{r} - \frac{1}{R_1} & 0 & \frac{1-\mu^2}{Ehr} & 0 & 0 & 0 \\
\frac{k}{r} & \frac{\cos(\theta)}{r} & 0 & 0 & 0 & \frac{2\mu+2}{Ehr} & 0 & 0 \\
\frac{1}{R_1} & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & -\frac{k\mu}{r^2} & -\frac{k^2\mu}{r^2} & -\frac{\mu\cos(\theta)}{r} & 0 & 0 & 0 & \frac{12\cdot(1-\mu^2)}{Eh^3 r} \\
\frac{Eh\left(\frac{h^2k^2\sin^2(\theta)}{6r^2(\mu+1)} + \cos^2(\theta)\right)}{r} & \frac{Ehk^2\cos(\theta)}{r} & Eh\left(-\frac{h^2k^2}{6r^2(\mu+1)} + 1\right)\sin(\theta)\cos(\theta) & -\frac{Eh^3k^2\sin(\theta)}{6r^2(\mu+1)} & \frac{\mu\cos(\theta)}{r} & -\frac{k}{r} & -\frac{1}{R_1} & 0 \\
\frac{Ehk^2\cos(\theta)}{r} & \frac{Ehk^2}{r} & \frac{Ehk\left(\frac{h^2k^2}{12r^2}+1\right)\sin(\theta)}{r} & \frac{Ehkr\sin(\theta)\cos(\theta)}{12} & \frac{k\mu}{r} & -\frac{\cos(\theta)}{r} & 0 & \frac{k\mu\sin(\theta)}{r^2} \\
Ehk\left(-\frac{h^2k^2}{6r^2(\mu+1)} + 1\right)\sin(\theta)\cos(\theta) & \frac{Ehk\left(\frac{h^2k^2}{12r^2}+1\right)\sin(\theta)}{r} & \frac{Eh\left(\frac{h^2k^4}{12r^2} + \frac{h^2k^2\cos^2(\theta)}{r^2\cdot(6\mu+6)} + \sin^2(\theta)\right)}{r} & \frac{Eh^3k^2(\mu+3)\cos(\theta)}{12r^2(\mu+1)} & \frac{\mu\sin(\theta)}{r} + \frac{1}{R_1} & 0 & 0 & \frac{k^2\mu}{R^2} \\
-\frac{Eh^3k^2}{6r^2(\mu+1)} & \frac{Eh^3k\sin(\theta)\cos(\theta)}{r} & \frac{Eh^3k^2(\mu+3)\cos(\theta)}{12r^2(\mu+1)} & \frac{Eh^3\cdot\left(\frac{2k^2}{\mu+1} + \cos^2(\theta)\right)}{12r} & 0 & 0 & 1 & \mu\cos(\theta)
\end{bmatrix}$$

Взяв во внимание геометрические характеристики оболочки, а именно:

$$\theta = \frac{\pi}{2}, \qquad sin\,\theta = 0, \qquad cos\,\theta = 1$$

$$R_2 = R = r, \qquad R_1 = \infty$$

Получим более упрощённую матрицу переменных коэффициентов

$$\begin{bmatrix}
0 & -\frac{k\mu}{R} & -\frac{\mu}{R} & 0 & \frac{1-\mu^2}{ERh} & 0 & 0 & 0 \\
\frac{k}{R} & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{2\mu+2}{ERh} & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & -\frac{k\mu}{R^2} & -\frac{k^2\mu}{R^2} & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{12\cdot(1-\mu^2)}{ERh^3} \\
\frac{Eh^3k^2}{6R^3(\mu+1)} & 0 & 0 & -\frac{Eh^3k^2}{6R^2(\mu+1)} & 0 & -\frac{k}{R} & 0 & 0 \\
0 & \frac{Ehk^2}{R} & \frac{Ehk\left(1+\frac{h^2k^2}{12R^2}\right)}{R} & 0 & \frac{k\mu}{R} & 0 & 0 & \frac{k\mu}{R^2} \\
0 & \frac{Ehk\left(1+\frac{h^2k^2}{12R^2}\right)}{R} & \frac{Eh\left(1+\frac{h^2k^4}{12R^2}\right)}{R} & 0 & \frac{\mu}{R} & 0 & 0 & \frac{k^2\mu}{R^2} \\
-\frac{Eh^3k^2}{6R^2(\mu+1)} & 0 & 0 & \frac{Eh^3k^2}{6R(\mu+1)} & 0 & 0 & 1 & 0
\end{bmatrix}$$

ϑ_2, T_2, M_2, H - оставшиеся неизвестные. Для определения НС нас будут интересовать крайние 3 (ниже выражения для k-ой гармоники):

$$T_2 = \mu T_1 + Eh\left(\frac{k}{R}\, v + \frac{1}{R} w\right)$$

$$M_2 = \mu M_1 + (1-\mu^2) D\left[\frac{k}{R^2} v + \frac{k^2}{R^2} w\right]$$

$$H = (1-\mu) D\left[-\frac{k}{R}\vartheta_1 + \frac{k}{R^2} u\right]$$

Напряжения на внешнем конутуре оболочки:

$$\sigma_1 = \frac{T_1}{h} + 6\frac{M_1}{h^2}$$

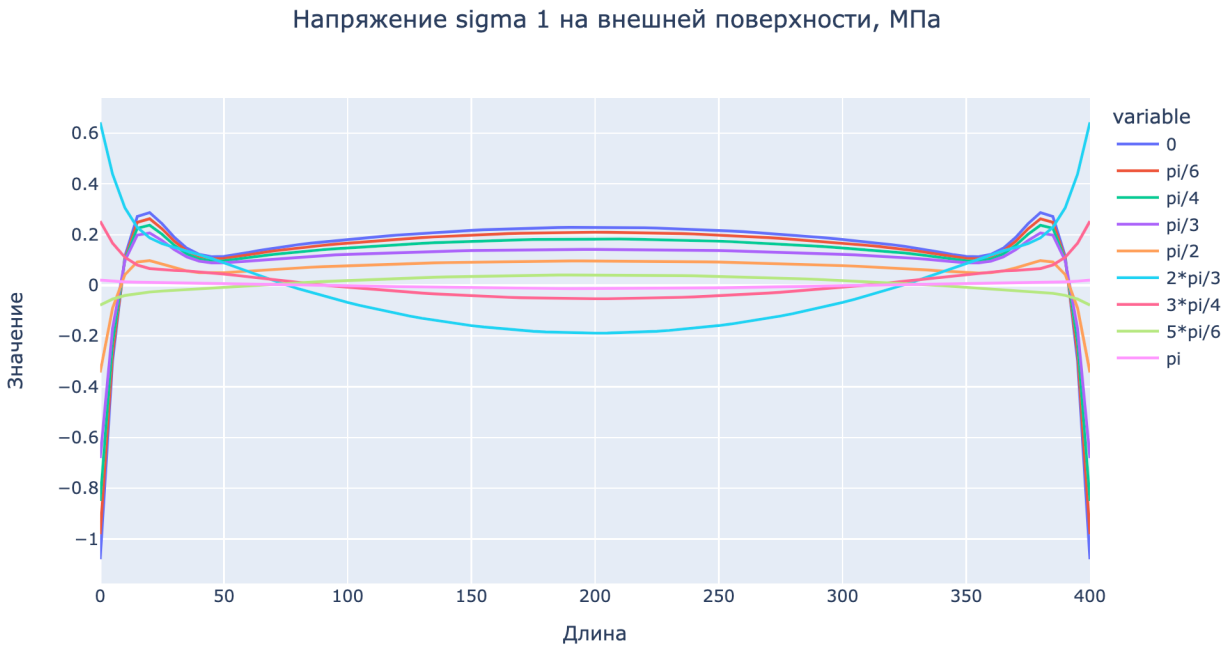
$$\sigma_2 = \frac{T_2}{h} + 6\frac{M_2}{h^2}$$

$$\tau_{12} = \frac{S}{h} + 6\frac{H}{h^2}$$

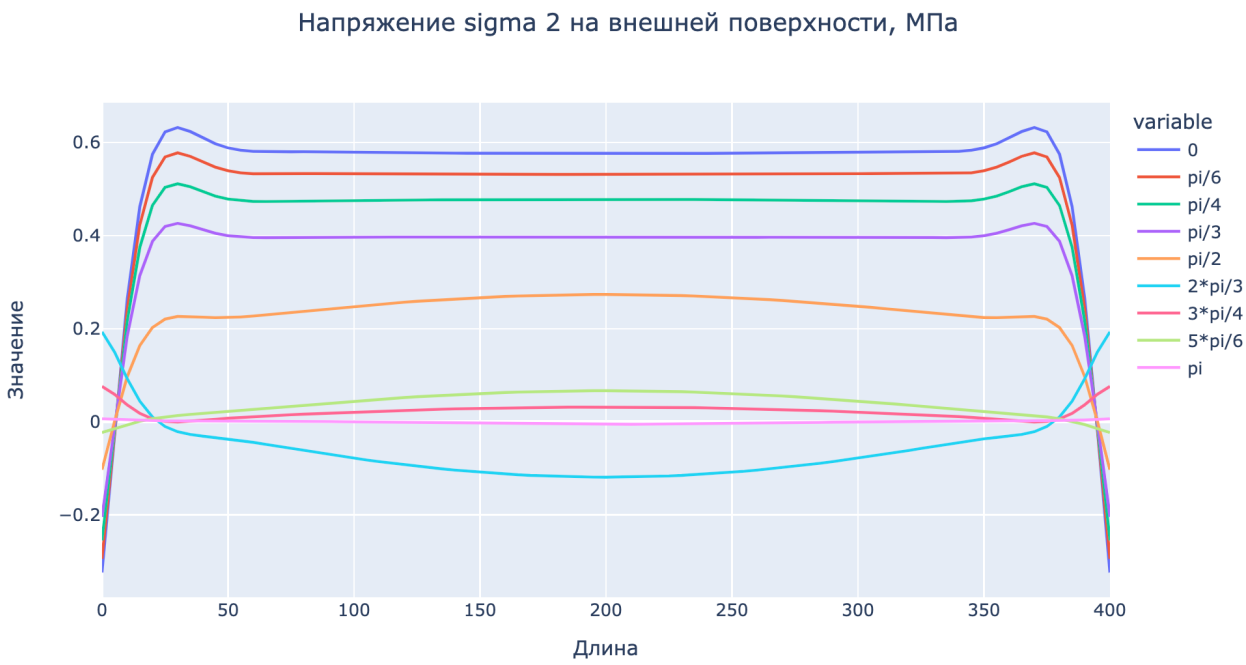
Где $S = S_1^* - 2\frac{H}{R}$.

Граничные условия (заделки с обеих сторон):

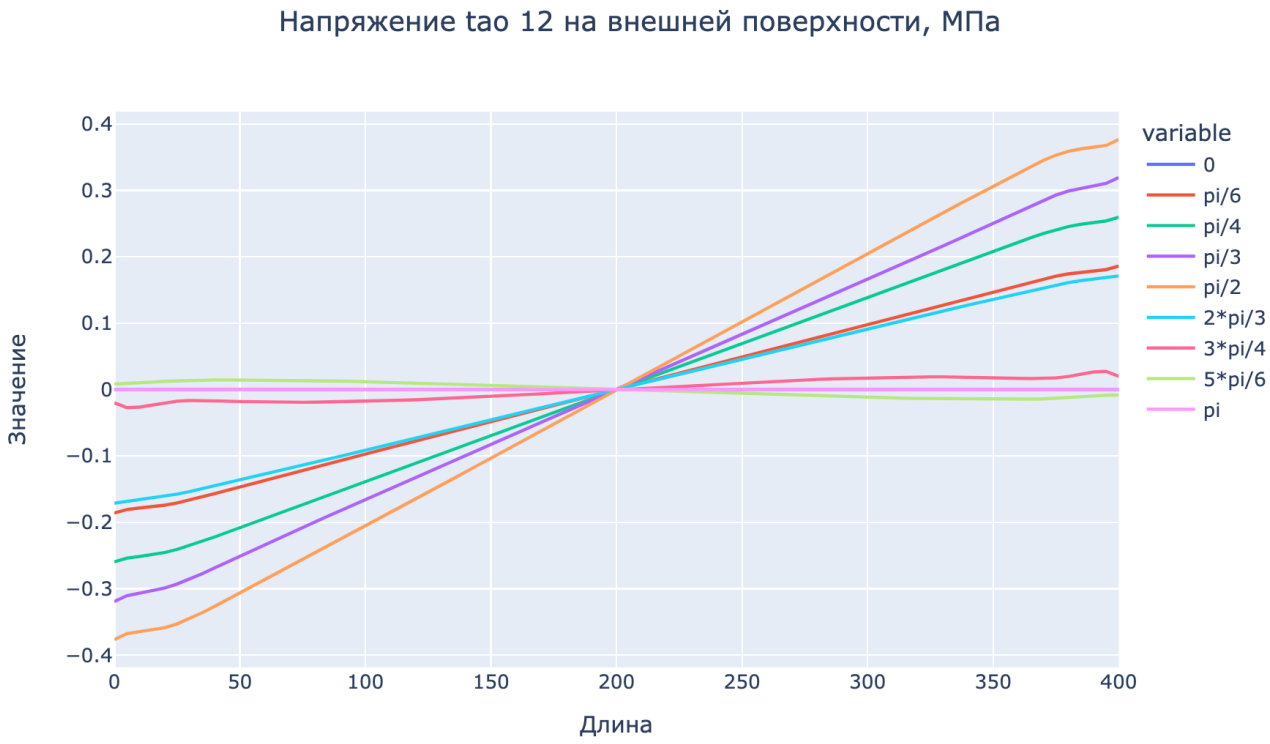
s	0	l
u	0	0
v	0	0
w	0	0
ϑ_1	0	0



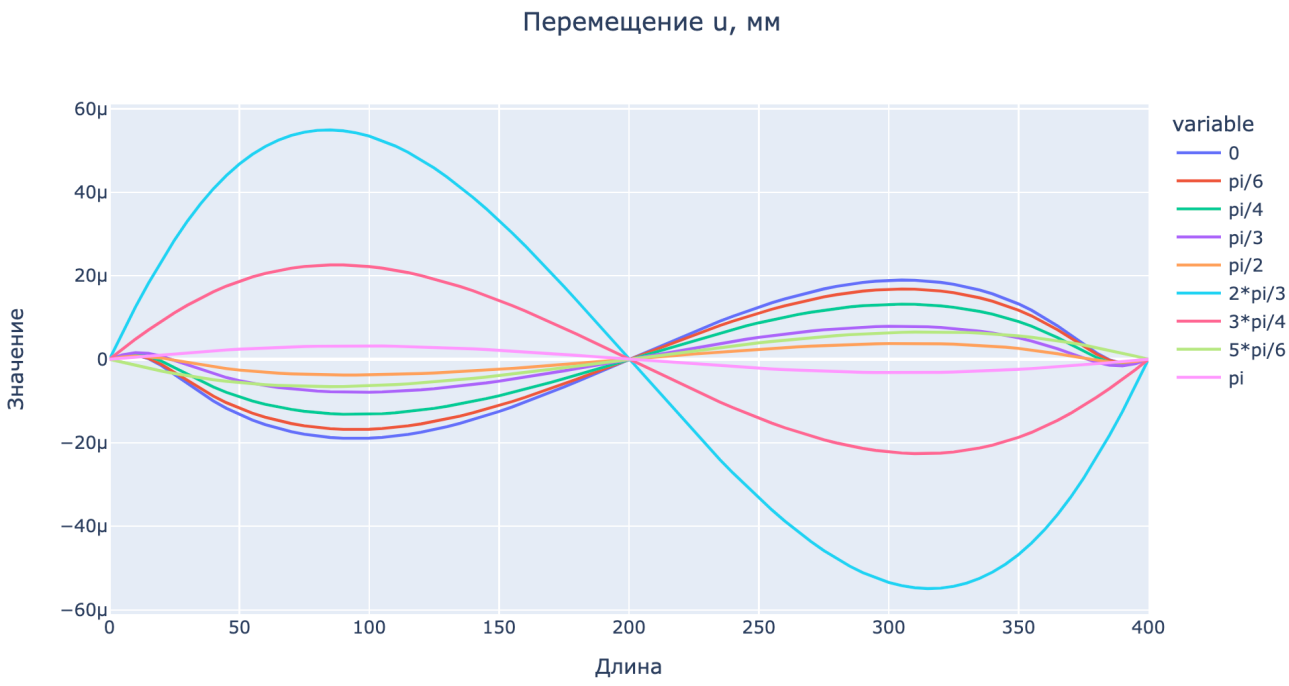
	0	pi/6	pi/3	pi/2	2*pi/3	5*pi/6	pi
0	-1.079838	-0.981374	-0.681250	-0.343407	0.643056	-0.077803	0.020713
25	0.243209	0.222833	0.176916	0.084490	0.164578	-0.022552	0.011416
50	0.114040	0.105839	0.088625	0.049995	0.088717	-0.007146	0.008733
75	0.154073	0.142213	0.109824	0.066464	0.002319	0.007279	0.004067
100	0.181125	0.166594	0.122257	0.077702	-0.067577	0.019392	-0.000996
125	0.201791	0.185105	0.130987	0.085979	-0.120922	0.028867	-0.005713
150	0.216861	0.198555	0.137046	0.091772	-0.158613	0.035656	-0.009511
175	0.225959	0.206657	0.140569	0.095179	-0.181048	0.039737	-0.011965
200	0.229001	0.209364	0.141725	0.096303	-0.188496	0.041100	-0.012810
225	0.225960	0.206659	0.140570	0.095179	-0.181049	0.039736	-0.011966
250	0.216863	0.198557	0.137047	0.091773	-0.158613	0.035653	-0.009515
275	0.201792	0.185106	0.130988	0.085980	-0.120922	0.028865	-0.005713
300	0.181130	0.166598	0.122259	0.077702	-0.067580	0.019389	-0.000999
325	0.154072	0.142213	0.109825	0.066466	0.002321	0.007280	0.004067
350	0.114036	0.105837	0.088624	0.049992	0.088712	-0.007151	0.008728
375	0.243204	0.222828	0.176914	0.084490	0.164583	-0.022549	0.011419
400	-1.079837	-0.981372	-0.681249	-0.343407	0.643054	-0.077802	0.020716



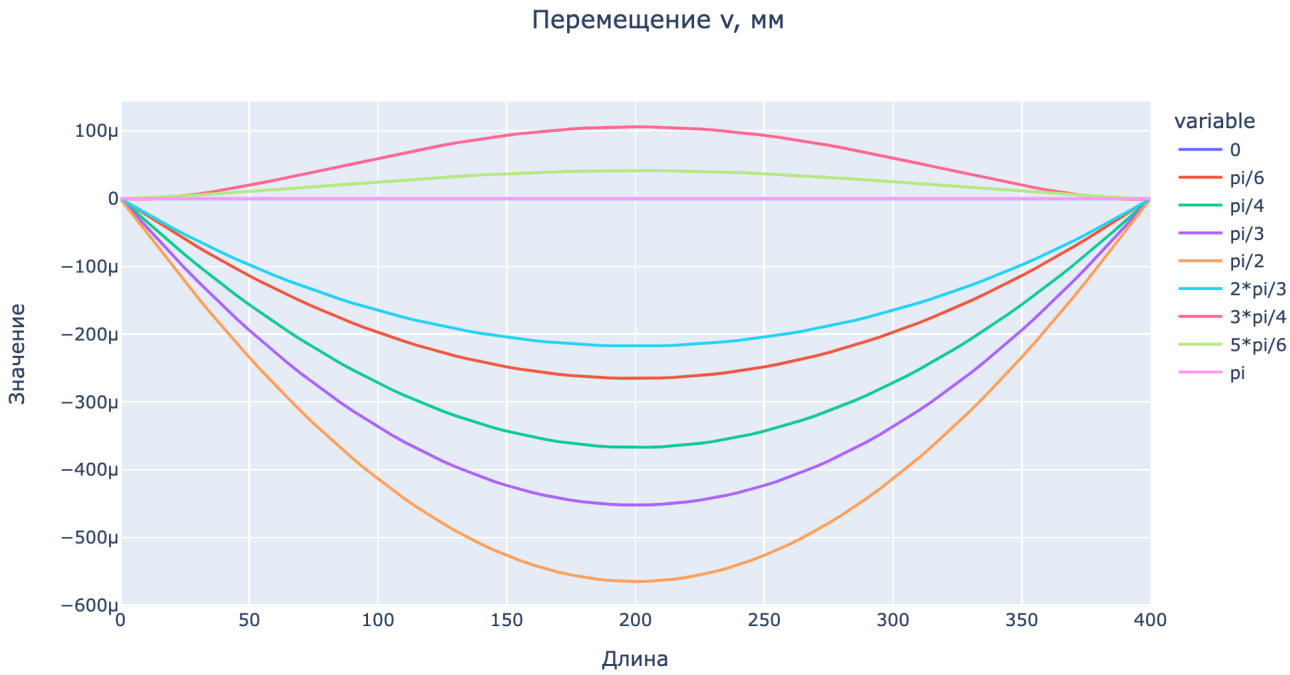
	0	pi/6	pi/3	pi/2	2*pi/3	5*pi/6	pi
0	-0.323951	-0.294412	-0.204375	-0.103022	0.192917	-0.023341	0.006214
25	0.622408	0.568586	0.419254	0.220279	-0.010309	0.010177	0.001652
50	0.588144	0.538884	0.399476	0.223614	-0.036901	0.022179	0.001797
75	0.579806	0.532508	0.396218	0.235128	-0.057567	0.033381	0.001092
100	0.578974	0.532665	0.396919	0.247946	-0.078450	0.044178	-0.000379
125	0.577447	0.531916	0.396451	0.258554	-0.095693	0.053497	-0.002176
150	0.576510	0.531467	0.395921	0.266613	-0.108574	0.060623	-0.003886
175	0.575989	0.531211	0.395497	0.271629	-0.116508	0.065087	-0.005097
200	0.575821	0.531127	0.395337	0.273331	-0.119184	0.066608	-0.005533
225	0.575991	0.531213	0.395499	0.271630	-0.116509	0.065084	-0.005102
250	0.576516	0.531472	0.395924	0.266614	-0.108575	0.060616	-0.003895
275	0.577450	0.531918	0.396454	0.258556	-0.095694	0.053493	-0.002182
300	0.578964	0.532657	0.396915	0.247948	-0.078445	0.044185	-0.000373
325	0.579794	0.532498	0.396213	0.235131	-0.057559	0.033391	0.001101
350	0.588127	0.538869	0.399467	0.223616	-0.036891	0.022180	0.001794
375	0.622384	0.568566	0.419244	0.220279	-0.010294	0.010187	0.001664
400	-0.323951	-0.294412	-0.204375	-0.103022	0.192916	-0.023341	0.006215



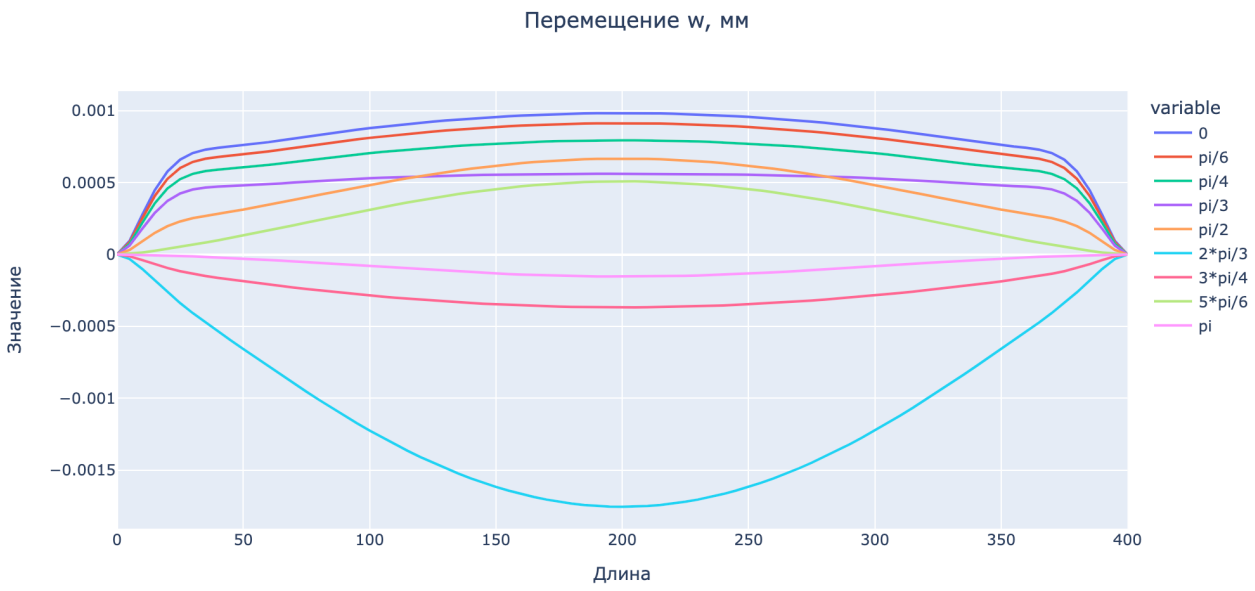
	0	pi/6	pi/3	pi/2	2*pi/3	5*pi/6	pi
0	0.0	-1.859599e-01	-3.191853e-01	-3.766009e-01	-1.711118e-01	8.202493e-03	-8.642702e-19
25	0.0	-1.707685e-01	-2.929127e-01	-3.529030e-01	-1.575792e-01	1.336203e-02	-3.244201e-18
50	0.0	-1.465004e-01	-2.508070e-01	-3.063060e-01	-1.359894e-01	1.447011e-02	-3.724668e-18
75	0.0	-1.215946e-01	-2.077253e-01	-2.561955e-01	-1.137875e-01	1.365969e-02	-3.444220e-18
100	0.0	-9.717883e-02	-1.656010e-01	-2.057563e-01	-9.138152e-02	1.188965e-02	-2.822724e-18
125	0.0	-7.286136e-02	-1.238683e-01	-1.546975e-01	-6.872265e-02	9.399290e-03	-2.073496e-18
150	0.0	-4.857820e-02	-8.242763e-02	-1.032887e-01	-4.589949e-02	6.468730e-03	-1.331713e-18
175	0.0	-2.429329e-02	-4.117005e-02	-5.168691e-02	-2.297421e-02	3.289697e-03	-6.446985e-19
200	0.0	-3.793775e-08	-2.339275e-07	-3.417478e-07	-2.365210e-07	-7.927113e-08	-8.550185e-23
225	0.0	2.429307e-02	4.116966e-02	5.168647e-02	2.297382e-02	-3.289932e-03	6.446507e-19
250	0.0	4.857788e-02	8.242711e-02	1.032881e-01	4.589900e-02	-6.468867e-03	1.331700e-18
275	0.0	7.286083e-02	1.238674e-01	1.546965e-01	6.872219e-02	-9.399207e-03	2.073533e-18
300	0.0	9.717913e-02	1.656013e-01	2.057566e-01	9.138198e-02	-1.188926e-02	2.822847e-18
325	0.0	1.215946e-01	2.077253e-01	2.561954e-01	1.137880e-01	-1.365891e-02	3.444399e-18
350	0.0	1.464996e-01	2.508060e-01	3.063055e-01	1.359890e-01	-1.447013e-02	3.724477e-18
375	0.0	1.707675e-01	2.929109e-01	3.529015e-01	1.575787e-01	-1.336169e-02	3.244759e-18
400	0.0	1.859599e-01	3.191854e-01	3.766011e-01	1.711118e-01	-8.202610e-03	8.642132e-19



	0	pi/6	pi/3	pi/2	2*pi/3	5*pi/6	pi
0	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
25	-3.599328e-06	-3.104748e-06	-2.829064e-07	-2.233927e-07	2.851343e-05	-3.417640e-06	1.337717e-06
50	-1.325684e-05	-1.174756e-05	-5.129400e-06	-2.595708e-06	4.674586e-05	-5.601658e-06	2.417043e-06
75	-1.795750e-05	-1.593129e-05	-7.400922e-06	-3.612613e-06	5.438296e-05	-6.495278e-06	3.053685e-06
100	-1.890005e-05	-1.676311e-05	-7.898837e-06	-3.755512e-06	5.343994e-05	-6.361153e-06	3.200052e-06
125	-1.684213e-05	-1.493188e-05	-7.058857e-06	-3.287066e-06	4.580298e-05	-5.435625e-06	2.876396e-06
150	-1.250337e-05	-1.108164e-05	-5.238179e-06	-2.402129e-06	3.323465e-05	-3.934765e-06	2.156511e-06
175	-6.635340e-06	-5.879694e-06	-2.777257e-06	-1.261632e-06	1.742195e-05	-2.059556e-06	1.152276e-06
200	5.692065e-11	5.173942e-11	3.086835e-11	2.879268e-12	-2.392026e-11	-4.416806e-11	-5.299180e-11
225	6.635433e-06	5.879778e-06	2.777307e-06	1.261638e-06	-1.742198e-05	2.059488e-06	-1.152361e-06
250	1.250351e-05	1.108176e-05	5.238249e-06	2.402126e-06	-3.323472e-05	3.934666e-06	-2.156620e-06
275	1.684232e-05	1.493205e-05	7.058942e-06	3.287042e-06	-4.580308e-05	5.435501e-06	-2.876521e-06
300	1.889999e-05	1.676307e-05	7.898818e-06	3.755517e-06	-5.343992e-05	6.361219e-06	-3.199975e-06
325	1.795750e-05	1.593129e-05	7.400933e-06	3.612610e-06	-5.438298e-05	6.495332e-06	-3.053592e-06
350	1.325702e-05	1.174771e-05	5.129434e-06	2.595627e-06	-4.674602e-05	5.601489e-06	-2.417200e-06
375	3.599592e-06	3.104963e-06	2.830115e-07	2.233624e-07	-2.851353e-05	3.417513e-06	-1.337826e-06
400	-8.142104e-20	-1.263800e-19	-1.211787e-19	-4.055170e-20	8.041519e-20	8.561654e-20	3.176374e-22

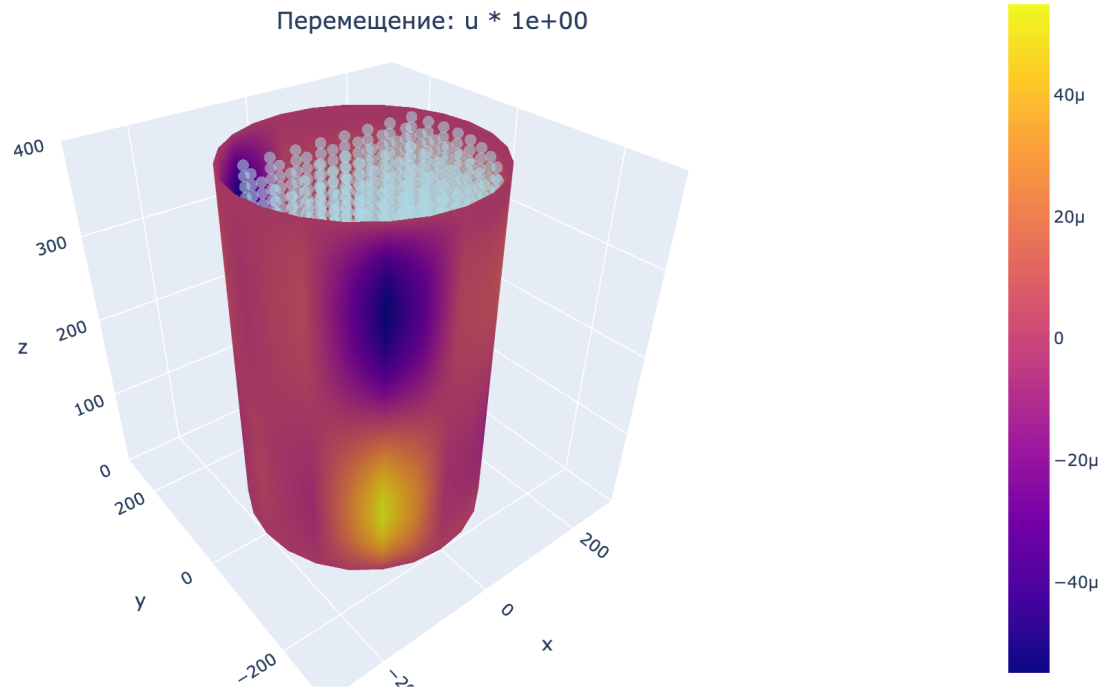


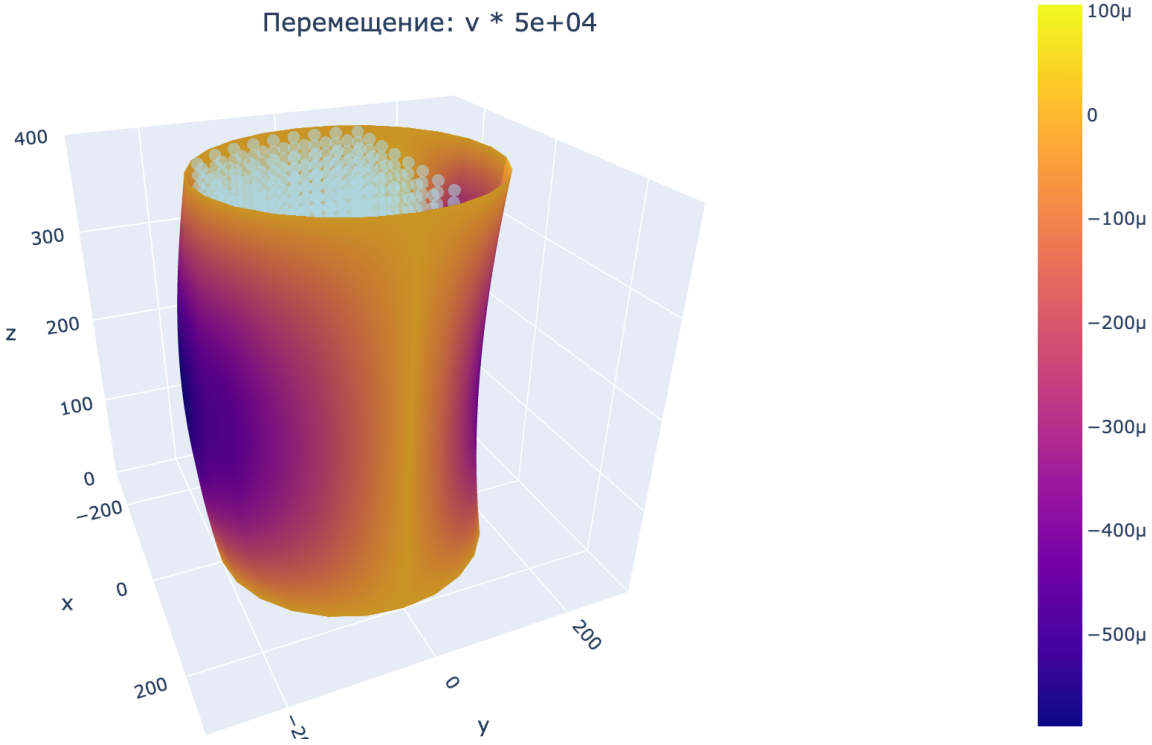
	0	pi/6	pi/3	pi/2	2*pi/3	5*pi/6	pi
0	0.0	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
25	0.0	-5.982456e-05	-1.023248e-04	-1.221358e-04	-5.269868e-05	4.220788e-06	-9.846360e-22
50	0.0	-1.136057e-04	-1.940214e-04	-2.339909e-04	-9.767921e-05	1.037141e-05	-3.223817e-21
75	0.0	-1.595390e-04	-2.722677e-04	-3.315348e-04	-1.349682e-04	1.747834e-05	-6.391811e-21
100	0.0	-1.974260e-04	-3.367756e-04	-4.136588e-04	-1.650339e-04	2.480369e-05	-1.001703e-20
125	0.0	-2.270546e-04	-3.872060e-04	-4.790495e-04	-1.881574e-04	3.152854e-05	-1.355538e-20
150	0.0	-2.482933e-04	-4.233468e-04	-5.266010e-04	-2.045415e-04	3.691777e-05	-1.649791e-20
175	0.0	-2.610641e-04	-4.450738e-04	-5.554786e-04	-2.143209e-04	4.039557e-05	-1.843779e-20
200	0.0	-2.653254e-04	-4.523227e-04	-5.651632e-04	-2.175724e-04	4.159653e-05	-1.911428e-20
225	0.0	-2.610641e-04	-4.450738e-04	-5.554786e-04	-2.143209e-04	4.039558e-05	-1.843779e-20
250	0.0	-2.482933e-04	-4.233468e-04	-5.266010e-04	-2.045415e-04	3.691778e-05	-1.649791e-20
275	0.0	-2.270546e-04	-3.872060e-04	-4.790495e-04	-1.881574e-04	3.152855e-05	-1.355538e-20
300	0.0	-1.974260e-04	-3.367756e-04	-4.136588e-04	-1.650339e-04	2.480370e-05	-1.001703e-20
325	0.0	-1.595390e-04	-2.722677e-04	-3.315348e-04	-1.349682e-04	1.747835e-05	-6.391807e-21
350	0.0	-1.136057e-04	-1.940214e-04	-2.339909e-04	-9.767920e-05	1.037143e-05	-3.223818e-21
375	0.0	-5.982456e-05	-1.023248e-04	-1.221358e-04	-5.269868e-05	4.220813e-06	-9.846430e-22
400	0.0	4.912791e-19	2.699472e-19	3.422013e-19	2.699472e-19	4.912791e-19	2.709470e-34

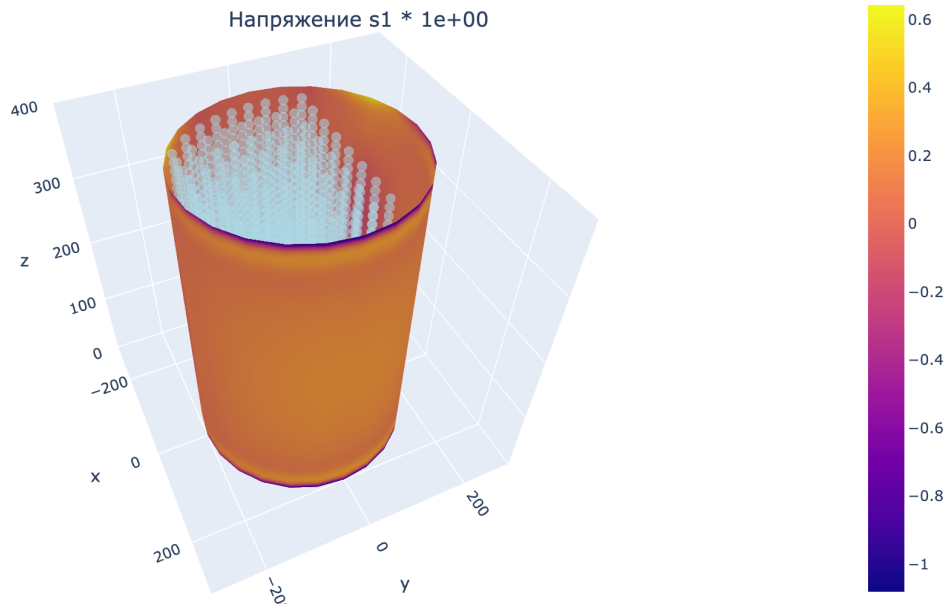


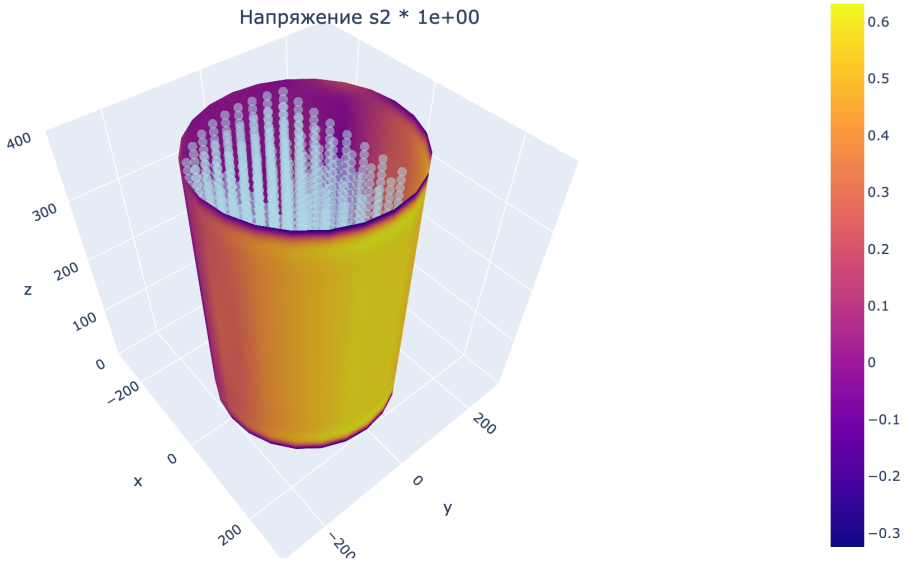
	0	pi/6	pi/3	pi/2	2*pi/3	5*pi/6	pi
0	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
25	6.591012e-04	6.009547e-04	4.239984e-04	2.295747e-04	-3.377897e-04	5.283499e-05	-1.035961e-05
50	7.589990e-04	6.951616e-04	4.789426e-04	3.120507e-04	-6.573077e-04	1.317707e-04	-2.823952e-05
75	8.198025e-04	7.541878e-04	5.061789e-04	3.968059e-04	-9.540936e-04	2.215724e-04	-5.317393e-05
100	8.781128e-04	8.106173e-04	5.299555e-04	4.831601e-04	-1.223584e-03	3.117057e-04	-8.176767e-05
125	9.234375e-04	8.546162e-04	5.453253e-04	5.588527e-04	-1.447798e-03	3.920743e-04	-1.096903e-04
150	9.563453e-04	8.865665e-04	5.547562e-04	6.174420e-04	-1.615445e-03	4.549130e-04	-1.329432e-04
175	9.763252e-04	9.059589e-04	5.597490e-04	6.543574e-04	-1.718930e-03	4.947799e-04	-1.482848e-04
200	9.830245e-04	9.124598e-04	5.612973e-04	6.669517e-04	-1.753896e-03	5.084289e-04	-1.536366e-04
225	9.763271e-04	9.059607e-04	5.597506e-04	6.543584e-04	-1.718930e-03	4.947771e-04	-1.482887e-04
250	9.563510e-04	8.865713e-04	5.547591e-04	6.174430e-04	-1.615447e-03	4.549071e-04	-1.329510e-04
275	9.234401e-04	8.546183e-04	5.453275e-04	5.588545e-04	-1.447798e-03	3.920704e-04	-1.096962e-04
300	8.781010e-04	8.106080e-04	5.299514e-04	4.831622e-04	-1.223579e-03	3.117135e-04	-8.176056e-05
325	8.197908e-04	7.541783e-04	5.061742e-04	3.968087e-04	-9.540862e-04	2.215825e-04	-5.316460e-05
350	7.589840e-04	6.951465e-04	4.789342e-04	3.120530e-04	-6.572970e-04	1.317737e-04	-2.824068e-05
375	6.590784e-04	6.009363e-04	4.239888e-04	2.295756e-04	-3.377771e-04	5.284412e-05	-1.034797e-05
400	-4.878910e-19	-1.698931e-19	1.897354e-19	4.336809e-19	2.439455e-19	-2.637878e-19	-3.794708e-19

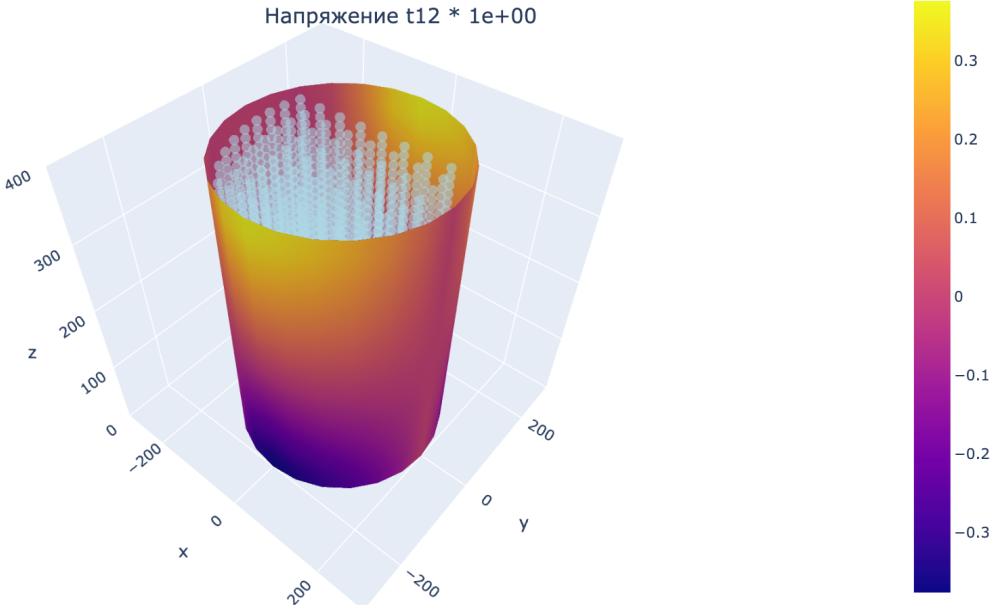
Визуализация






Напряжение s1 * 1e+00
z
x
y
400
300
200
100
0
−200
0
200
−20
0
200
0.6
0.4
0.2
0
−0.2
−0.4
−0.6
−0.8
−1


Напряжение s2 * 1e+00
z
x
y
400
300
200
100
0
−200
0
200
−200
0
200
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−0.1
−0.2
−0.3


Напряжение t12 * 1e+00
z
x
y
400
300
200
100
0
−200
0
200
−200
0
200
0.3
0.2
0.1
0
−0.1
−0.2
−0.3

Общая теория обтекания
Ф.И.О.
Группа
Вариант 1
2025

```
Общая теория обтекания
Ф.И.О.
Группа
Вариант 1
2025
```

Исходные данные

```
Исходные данные
Скорость потока
V = 10 м/с
Радиус цилиндра
R = 0.5 м
Циркуляция
Γ = 15 м²/с
Координаты вихрей
x1 = -1.5 м
y1 = 0.8 м
x2 = 1.5 м
y2 = 0.8 м
Сила вихрей
Γ1 = 15 м²/с
Γ2 = -15 м²/с
Шаг сетки
Δx = 0.1 м
Δy = 0.1 м
Расчетная область
x ∈ [-3, 3] м
y ∈ [-2, 2] м
Число точек
Nx = 61
Ny = 41
Число вихрей
N = 2
Число контрольных точек
M = 100
Число итераций
K = 10
Число точек на окружности цилиндра
Nc = 100
Число точек на границе расчетной области
Nb = 100
Число точек на линии тока
Nl = 100
Число точек на линии уровня
Nlev = 100
Число уровней
Nlev = 10
```