

**Индивидуальное задание №5**  
**по курсу «Гидродинамика и теплообмен»**

**Обтекание тел**

**Вариант 1**

1 Участок поляры профиля крыла самолета описывается уравнением  $C_y = 1,75 / (C_x - 2,15)$ . Угол атаки профиля, выраженный в радианах, связан с коэффициентом подъемной силы с зависимостью  $\alpha = 1,1142 C_y$ . Определить оптимальный угол атаки (соответствующий максимальному аэродинамическому качеству  $k = C_y / C_x$ ) и площадь крыла самолета массой 10 т, летящего со скоростью 216 км/ч. Параметры воздуха  $p = 0,8 \cdot 10^5$  Па,  $t = 10^\circ\text{C}$ .

2 По условию предыдущей задачи определить величину средней циркуляции скорости по контуру профиля крыла самолета.

3 Воздушный шар диаметром 10 м поднимается спокойном воздухе со скоростью 10 м/с. Температура воздуха  $21,5^\circ\text{C}$  и давление 760 мм рт. ст. Определить силу сопротивления воздуха.

4 Определить необходимую скорость газов в дымовой трубе электростанции, при которой шарообразные частицы золы диаметром  $d_{\text{ч}} = 3$  мм и плотностью  $\rho_{\text{ч}} = 2000$  кг/м<sup>3</sup> будут транспортироваться потоком. Плотность потока  $\rho_{\text{г}} = 0,67$  кг/м<sup>3</sup>, кинематическая вязкость  $\nu_{\text{г}} = 42 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с. Считать, что надежное транспортирование обеспечивается, если скорость газов на 20 % превышает скорость осаждения. Коэффициент лобового сопротивления  $C_x = 13 / \sqrt{Re}$ .

## Вариант 2

1 Участок поляры профиля крыла самолета описывается уравнением  $C_y = 1,75 / (C_x - 2,15)$ . Угол атаки профиля, выраженный в радианах, связан с коэффициентом подъемной силы с зависимостью  $\alpha = 1,1142 C_y$ . Определить оптимальный угол атаки (соответствующий максимальному аэродинамическому качеству  $k = C_y / C_x$ ) и мощность двигателя самолета, летящего со скоростью 216 км/ч. Площадь крыльев  $30 \text{ м}^2$ , площадь миделевого сечения фюзеляжа  $S_\phi = 4 \text{ м}^2$ , коэффициент лобового сопротивления фюзеляжа  $C_{x\phi} = 0,1$ . Параметры воздуха  $p = 0,8 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ,  $t = 10^\circ\text{C}$ .

2 Определить силу, действующую на круглый цилиндр диаметром  $d = 0,5 \text{ м}$  и длиной  $l = 4 \text{ м}$  при обтекании его горизонтальным прямолинейно-поступательным потоком воды со скоростью  $v = 5 \text{ м/с}$  и циркуляцией  $\Gamma = 2\pi \text{ м}^2/\text{с}$ .

3 Воздушный шар диаметром  $10 \text{ м}$  поднимается спокойном воздухе с постоянной скоростью. Температура воздуха  $21,5^\circ\text{C}$  и давление  $760 \text{ мм рт. ст.}$  Определить скорость шара, если сила сопротивления воздуха равна  $67,5 \text{ кГ}$ .

4 При недостатке воды на электростанциях используется система гидрозолоудаления с золоотстойником, в котором происходит выпадение твердых частиц и осветление воды для повторного ее пользования. Определить время осветления, если высота отстойника  $3 \text{ м}$ , минимальный диаметр частиц золы сферической формы  $0,1 \text{ мм}$ , их плотность  $2000 \text{ кг/м}^3$ . Температура воды в отстойнике  $t = 20^\circ\text{C}$ . Коэффициент лобового сопротивления  $C_x = 24 / Re$ .

### Вариант 3

- 1 Определить необходимое аэродинамическое качество  $k = C_y / C_x$  профиля крыльев самолета массой 29 т при скорости полета 800 км/ч, если площадь миделевого сечения фюзеляжа  $S_{\phi} = 4$  м, коэффициент лобового сопротивления фюзеляжа  $C_{x\phi} = 0,1$ , параметры воздуха стандартные, мощность двигателя 7500 кВт и КПД двигателя 0,8.
- 2 По условию предыдущей задачи определить величину средней циркуляции скорости по контуру профиля крыла самолета.
- 3 Боковой ветер, имеющий скорость 20 м/сек, обтекает вертикальную цилиндрическую дымовую трубу диаметром 800 мм, высотой 25 м. Определить силу, опрокидывающую трубу, если температура воздуха равна  $7^{\circ}\text{C}$  и давление 740 мм рт. ст.
- 4 Определить время пребывания угольной частицы диаметром  $d_{\text{ч}} = 0,5$  мм в вертикальной трубе-сушилке высотой  $H = 20$  м, если параметры восходящего воздушного потока  $v_{\text{г}} = 75$  м/с,  $t_{\text{г}} = 300^{\circ}\text{C}$  и  $p = 9,5 \cdot 10^4$  Па, а плотность частицы  $\rho_{\text{ч}} = 1500$  кг/м<sup>3</sup>. Коэффициент лобового сопротивления  $c_x = 0,5$ . Временем достижения предельной скорости частицы пренебречь.

## Вариант 4

1 Определить скорость самолета массой 29 т, если при аэродинамическом качестве  $k = C_y/C_x = 20$ , мощность двигателя при КПД  $\eta = 0,8$  равна 7500 кВт. Площадь миделевого сечения фюзеляжа  $S_{\phi} = 4$  м, коэффициент лобового сопротивления фюзеляжа  $C_{x\phi} = 0,1$ , параметры воздуха стандартные,

2 По условию предыдущей задачи определить величину средней циркуляции скорости по контуру профиля крыла самолета.

3 Боковой ветер обтекает вертикальную цилиндрическую дымовую трубу диаметром 800 мм, высотой 25 м. Определить скорость ветра, если сила, опрокидывающая трубу, равна 475 кГ, температура воздуха равна  $7^{\circ}\text{C}$  и давление 740 мм рт. ст.

4 В вертикальной трубе диаметром  $d = 1$  м движется восходящий поток воды со скоростью  $v = 2,5$  м/с. Определить максимальный диаметр шара удельного веса  $2000$  кг/м<sup>3</sup>, который будет увлекаться потоком воды.

## Вариант 5

1 Определить угол атаки  $\alpha$  и площадь крыльев самолета массой 29 т при скорости полета 800 км/ч, если площадь миделевого сечения фюзеляжа  $S_{\phi} = 4$  м, коэффициент лобового сопротивления фюзеляжа  $C_{x\phi} = 0,1$ , параметры воздуха стандартные, мощность двигателя 7500 кВт и КПД двигателя 0,8. Угол атаки  $\alpha = 1 / (0,02k^2 + 0,5k + 7)$ , где  $k = C_y / C_x$  – аэродинамическое качество профиля крыльев самолета, и  $\alpha = 0,333C_y$ .

2 По условию предыдущей задачи определить величину средней циркуляции скорости по контуру профиля крыла самолета.

3 Цилиндр диаметром 10 см находится в потоке нефти ( $t = 30^\circ\text{C}$ ). Скорость потока 10 м/с. Определите силу лобового сопротивления на единицу длины цилиндра.

4 Определить скорость глинистого раствора удельного веса  $1,4 \text{ т/м}^3$  и вязкостью  $\nu = 4$  стокса, которая обеспечивала бы вынос измельченной породы. Крупинки породы имеют максимальный размер 3 см в поперечнике, удельный вес породы  $2,1 \text{ т/м}^3$ . При решении коэффициент лобового сопротивления определить по формуле  $C_x = 5 / \sqrt{Re}$ .

## Вариант 6

1 Определить мощность двигателя, необходимую для обеспечения скорости движения катера 20 км/ч, если площади миделевых сечений подводной и надводной частей  $S_{\text{п}} = 4 \text{ м}^2$  и  $S_{\text{н}} = 2 \text{ м}^2$ , коэффициенты лобового сопротивления:  $C_{\text{хп}} = 0,2$ ,  $C_{\text{хн}} = 0,7$ ; КПД двигателя равен 0,8.

2 Определить величину средней циркуляции скорости по контуру профиля крыла самолета, летящего горизонтально на высоте 8000 м, вес самолета  $mg = 588000 \text{ Н}$ , скорость  $v = 828 \text{ км/ч}$ , длина крыла  $l = 32 \text{ м}$ , длины хорды (ширина) крыла  $b = 3 \text{ м}$ .

3 Шар диаметром 10 см находится в потоке нефти ( $t = 30^\circ\text{C}$ ). Скорость потока 10 м/с. Определите силу лобового сопротивления.

4 Алюминиевый шарик диаметром  $d = 3 \text{ мм}$  падает в масле с постоянной скоростью  $v = 3 \text{ см/с}$ . Определить вязкость масла, плотность которого  $0,88 \text{ г/см}^3$ .

## Вариант 7

1 Определить скорость катера, если мощность двигателя 90 кВт, КПД двигателя равен 0,8 площади миделевых сечений подводной и надводной частей  $S_{\text{п}} = 4 \text{ м}^2$  и  $S_{\text{н}} = 2 \text{ м}^2$ , а коэффициенты лобового сопротивления:  $C_{\text{хп}} = 0,2$ ,  $C_{\text{хн}} = 0,7$ .

2 Круговой цилиндр радиусом  $R = 0,5 \text{ м}$ , вращающийся с угловой скоростью  $\omega = 20 \text{ 1/с}$ , находится в воздушном потоке, скорость которого на бесконечности  $v_0 = 50 \text{ м/с}$ . Определите коэффициент подъемной силы и силу, действующую на единицу длины цилиндра.

3 Цилиндр диаметром 25 см находится в потоке керосина ( $t = 20^\circ\text{C}$ ). Скорость потока 3 м/с. Определите силу лобового сопротивления на единицу длины цилиндра.

4 Алюминиевый шарик диаметром  $d = 3 \text{ мм}$  падает в масле с постоянной скоростью. Определить эту скорость, если вязкость масла  $\nu = 3,4 \text{ см}^2/\text{с}$ , а плотность масла  $\rho = 0,88 \text{ г/см}^3$ . Коэффициент лобового сопротивления шарика  $C_x = 24 / Re$ .

## Вариант 8

1 Продувка в аэродинамической трубе крылового профиля ( $l = 0,25$  м) дала следующие значения коэффициентов подъемной силы  $C_y$  и лобового сопротивления  $C_x$  при  $Re = 10^6$  и разных углах атаки  $\alpha$ :



$\alpha$ , град	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$C_y$	0,48	0,58	0,68	0,77	0,85	0,92	0,97	1,01	1,02
$100C_x$	0,9	1	1,2	1,4	1,6	2	2,5	4	8

Выяснить, какие силы (в расчете на единицу длины профиля) измерялись при угле атаки  $\alpha = 4^\circ$ . Температура воздуха  $20^\circ\text{C}$ , давление вдали от модели  $p_0 = 100$  кПа. Коэффициент вязкости  $\nu = 1,5$  см<sup>2</sup>/с.

2 Определите среднюю циркулирующую скорость по контуру профиля крыла летательного аппарата весом  $G = 25 \cdot 10^4$  Н, совершающего горизонтальный полет со скоростью  $v_0 = 200$  м/с на высоте  $H = 10$  км. Размах крыла  $l = 30$  м.

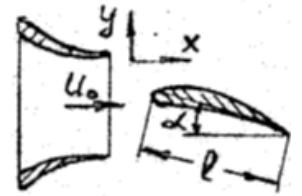
3 Шар диаметром 25 см находится в потоке керосина ( $t = 20^\circ\text{C}$ ). Скорость потока 3 м/с. Определите силу лобового сопротивления.

4 Вычислить скорость равномерного падения стального шарика диаметром 4 мм в турбинном масле ( $\rho = 870$  кг/м<sup>3</sup>). С какой скоростью будет падать тот же шарик в воде? Температура жидкостей  $30^\circ\text{C}$ . Коэффициент лобового сопротивления шарика  $C_x = 36 / Re$ .



## Вариант 9

1 Продувка в аэродинамической трубе крылового профиля ( $l = 0,25$  м) дала следующие значения коэффициентов подъемной силы  $C_y$  и лобового сопротивления  $C_x$  при  $Re = 10^6$  и разных углах атаки  $\alpha$ :



$\alpha$ , град	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$C_y$	0,48	0,58	0,68	0,77	0,85	0,92	0,97	1,01	1,02
$100C_x$	0,9	1	1,2	1,4	1,6	2	2,5	4	8

Выяснить, при каком угле атаки качество профиля  $k = C_y / C_x$  было наиболее высоким. Температура воздуха  $20^\circ\text{C}$ , давление вдали от модели  $p_0 = 100$  кПа. Коэффициент вязкости  $\nu = 1,5 \text{ см}^2/\text{с}$ .

2 По условию предыдущей задачи определить величину средней циркуляции скорости по контуру крылового профиля.

3 Цилиндр диаметром 5 см находится в потоке бензина ( $t = 50^\circ\text{C}$ ). Скорость потока 5 м/с. Определите силу лобового сопротивления на единицу длины цилиндра.

4 Определить скорость витания шарообразных частиц ( $\rho_{\text{ч}} = 2000 \text{ кг/м}^3$ ) диаметром  $d_1 = 0,4 \text{ мм}$  ( $C_x = 36/Re$ ) и  $d_2 = 10 \text{ мм}$  ( $C_x = 0,41$ ) в воде при температуре  $t = 25^\circ\text{C}$ .

## Вариант 10

1 Продувка в аэродинамической трубе профиля лопасти осевого насоса дала следующие значения коэффициентов подъемной силы  $C_y$  и лобового сопротивления  $C_x$  при  $Re = 10^6$  и разных углах атаки  $\alpha$ :



$\alpha$ , град	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$C_y$	0,48	0,58	0,68	0,77	0,85	0,92	0,97	1,01	1,02
$100C_x$	0,9	1	1,2	1,4	1,6	2	2,5	4	8

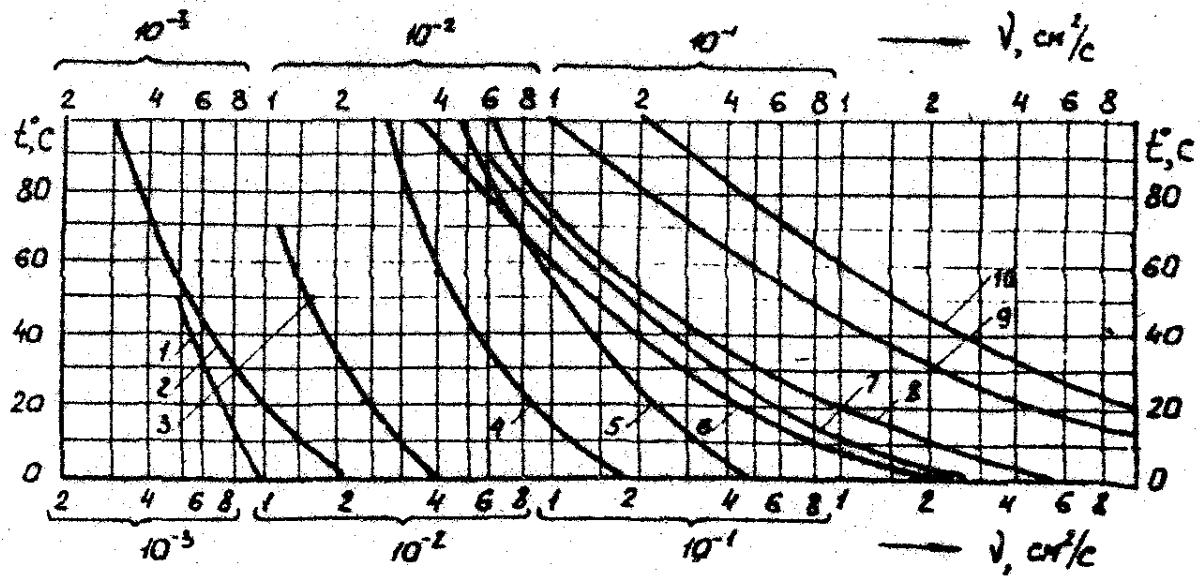
Вычислить "подъемную" силу  $P_y$  и силу сопротивления  $P_x$ , действующие на единицу длины профиля, при скорости набегающего потока воды 10 м/с и угле атаки  $\alpha$ , соответствующем наиболее высокому качеству профиля  $k = C_y/C_x = \max$ . Длина хорды  $l = 0,4$  м; температура воды 20°C.

2 По условию предыдущей задачи определить величину средней циркуляции скорости по контуру профиля лопатки.

3 Шар диаметром 5 см находится в потоке бензина ( $t = 50^\circ\text{C}$ ). Скорость потока 5 м/с. Определите силу лобового сопротивления.

4 Поток воды транспортирует твердые частицы по вертикальной трубе вверх. Плотность частиц  $\rho_{\text{ч}} = 2600 \text{ кг/м}^3$ , их характерный размер  $V / S = 10 \text{ мм}$ ; ( $V$  - объем частицы,  $S$  - площадь ее миделевого сечения); а осредненный коэффициент сопротивления частиц с учетом их взаимного влияния  $C_x = 0,5$ . Определить скорость потока воды, при которой твердые частицы будут перемещаться со скоростью 1 м/с

### Кинематическая вязкость



1-бензин, 2-вода, 3-керосин, 4-нефть ( $\rho = 860 \text{ кг/м}^3$ ); масла: 5-АМГ-10, 6-И-12, 7-И-20, 8-турбинное 22, 9-И-50, 10-МС-20

### Коэффициент лобового сопротивления

