



Задания, ответы и критерии оценивания

Задача № 1 (25 баллов)

Беспилотный летательный аппарат (далее – БПЛА) совершает полет по траектории, представленной на рисунке 1.

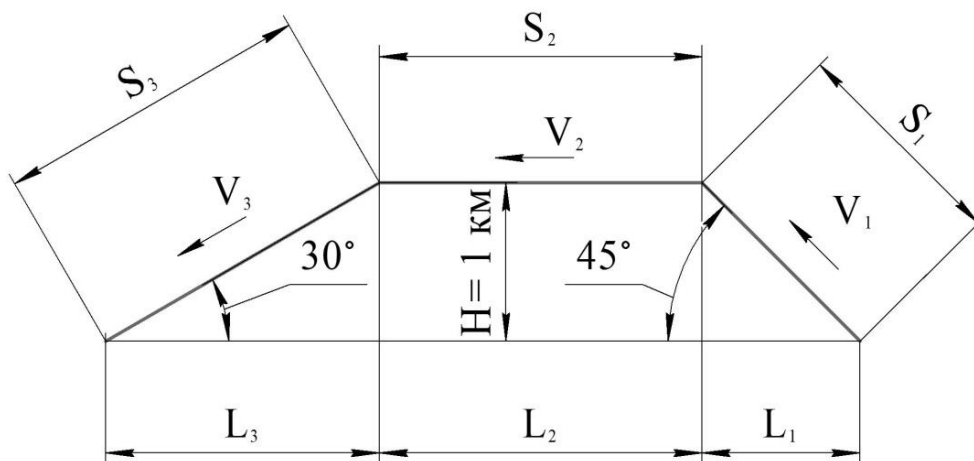


Рисунок 1 – Траектория полета БПЛА

При подъеме со скоростью $V_1 = 20 \text{ м/с}$ БПЛА расход топлива составляет 150 % от расхода топлива при полете БПЛА по горизонтали длиной $L_2 = 10 \text{ км}$ на высоте $H = 1 \text{ км}$ со скоростью $V_2 = 16 \text{ м/с}$. При спуске со скоростью $V_3 = 25 \text{ м/с}$ расход топлива на 50 % меньше расхода топлива при полете по горизонтали. Расход топлива при горизонтальном полете $= 10 \text{ л/ч}$.

Определить

- 1) объем топлива для полета БПЛА по траектории, представленной на рисунке 1;
- 2) дальность полета БПЛА.

Решение:

1. Определим путь на первом участке

$$S_1 = \frac{H}{\sin 45^\circ} = \frac{1000}{\sin 45} = 1414,4 \text{ м.}$$

2. Время на первом участке пути

$$t_1 = \frac{S_1}{V_1} = \frac{1414,4}{20} = 70,7 \text{ с.}$$

3. Дальность полета на первом участке

$$L_1 = S_1 \cdot \cos 45 = 1414,4 \cdot \cos 45 = 1000 \text{ м.}$$

4. Путь на втором участке равен дальности полета на втором участке

$$L_2 = S_2 = 10000 \text{ м.}$$

5. Время на втором участке пути

$$t_2 = \frac{S_2}{V_2} = \frac{10000}{16} = 625 \text{ с.}$$

6. Путь на третьем участке

$$S_3 = \frac{H}{\sin 30^\circ} = \frac{1000}{\sin 30^\circ} = 2000 \text{ м.}$$

7. Время на третьем участке

$$t_3 = \frac{S_3}{V_3} = \frac{2000}{25} = 80 \text{ с.}$$

8. Дальность полета на третьем участке

$$L_3 = S_3 \cdot \cos 30 = 2000 \cdot \cos 30 = 1732.$$

9. Дальность полета БПЛА

$$L = L_1 + L_2 + L_3 = 1000 + 10000 + 1732 = 12732.$$

10. Объем топлива для полета БПЛА

$$V_t = V_{t1} \cdot t_1 + V_{t2} \cdot t_2 + V_{t3} \cdot t_3 = 1,5V_{t2} \cdot t_1 + V_{t2} \cdot t_2 + 0,5 \cdot V_{t2} \cdot t_3,$$

Тогда

$$V_t = 1,5 \cdot \frac{10}{3600} \cdot 70,7 + \frac{10}{3600} \cdot 625 + 0,5 \cdot \frac{10}{3600} \cdot 80 = 2,1.$$

Задача № 2 (35 баллов)

В настоящее время роль беспилотных летательных аппаратов и самолетов в жизни человечества велика. Для оценки эффективности профиля крыла подобных аппаратов применяют аэродинамические трубы, в которых крыло определенного профиля и размера испытывают и получают значение подъемной силы и оказываемое сопротивление. Эти характеристики зависят от угла между хордой крыла и направлением потока воздуха, называемым углом атаки (рисунок 2).

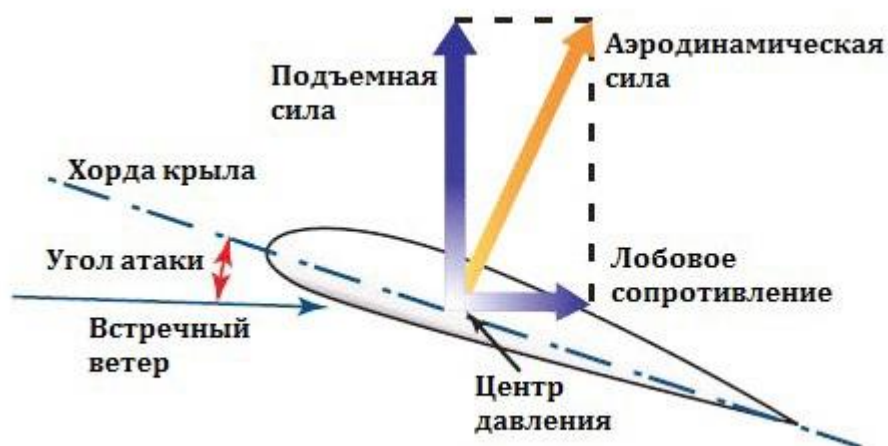


Рисунок 2 – Расчетная схема

Для сравнения характеристик крыла на разных углах атаки используется определение – аэродинамическое качество крыла. Оно рассчитывается как:

$$k = \frac{C_y}{C_x},$$

где C_y – коэффициент подъемной силы крыла;

C_x – коэффициент лобового сопротивления крыла;

k – аэродинамическое качество крыла.

C_y, C_x – аэродинамические коэффициенты. Они используются для определения подъемной силы и лобового сопротивления:

$$F_x = 0,5 \cdot C_x \rho V^2 S;$$

$$F_y = 0,5 \cdot C_y \rho V^2 S,$$

где F_x – сила лобового сопротивления, Н

F_y – подъемная сила, Н

ρ – плотность воздуха на высоте, кг/м³

V – скорость воздуха, м/с

S – площадь крыла, м²

В одном из экспериментов продували прямоугольное крыло с размерами с длиной 2 м и шириной 0,6 м, скорость воздуха была $V = 33$ м/с, плотность воздуха $\rho = 1,205$ кг/м³, В зависимости от углов в эксперименте измеряли подъемную силу и силу лобового сопротивления. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты экспериментов

F_x , Н	F_y , Н	Угол атаки
24	79	0
26	220	2
33	349	4
46	459	6
65	535	8
79	566	10
102	551	12
126	539	14
150	535	16
181	538	18
209	546	20
241	569	22
271	587	24

Требуется определить угол, при котором крыло будет максимально эффективно (достигнуто максимальное качество). Построить график зависимости k (градусы).

Решение

1. Рассчитаем площадь крыла

$$S = 0,6 * 2 = 1,2 \text{ м}^2$$

2. Из выражений

$$F_x = 0,5 \cdot C_x \rho V^2 S$$

$$F_y = 0,5 \cdot C_y \rho V^2 S$$

определим коэффициенты подъемной силы крыла

$$C_y = \frac{2F_y}{\rho V^2 S}$$

$$C_x = \frac{2F_x}{\rho V^2 S}$$

Данные расчета занесем в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты расчетов

C _x ,	C _y ,	Угол атаки
0,031	0,1	0
0,0324	0,28	2
0,042	0,443	4
0,059	0,5826	6
0,083	0,679	8
0,1	0,719	10
0,13	0,7	12
0,16	0,684	14
0,19	0,68	16
0,23	0,683	18
0,266	0,694	20
0,306	0,723	22
0,344	0,745	24

Рассчитаем k для каждого угла атаки по формуле

$$k = \frac{C_y}{C_x}$$

Данные расчета занесем в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты расчетов

k	Угол атаки
3,225806	0
8,641975	2
10,54762	4
9,874576	6
8,180723	8
7,19	10
5,384615	12
4,275	14
3,578947	16

2,969565	18
2,609023	20
2,362745	22
2,165698	24

Как видно из таблицы 3 максимально эффективным крыло будет на угле в 4 градуса.

Построим график зависимости k (рисунок 3).

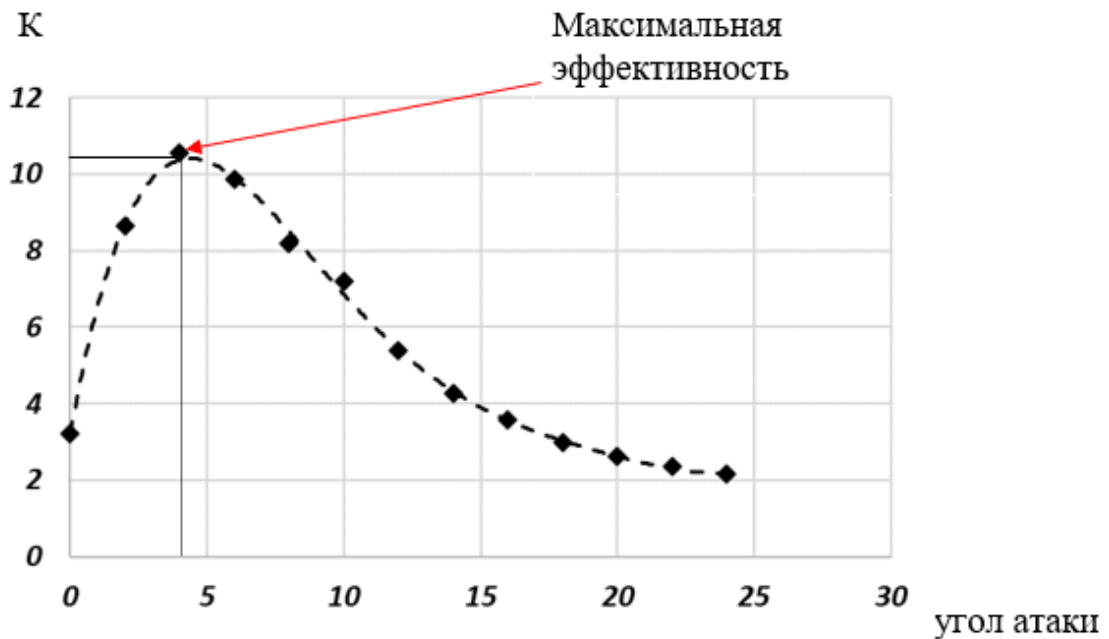


Рисунок 3

Задача № 3 (40 баллов)

При проведении испытаний беспилотный летательный аппарат совершает 2 типа полета

- 1) полет из пункта А в пункт Б длиной L при безветренной погоде туда и обратнospостоянной скоростью v_1 ;
- 2) полет из пункта А в пункт Б постоянной скоростью v_1 ветер дул попутно, а из пункта Б в пункт А ветер дул против движения беспилотного летательного аппарата.

Как измениться время полета беспилотного летательного аппарата при постоянной скорости ветра v_2 . Подтвердите ответ формулами.

Решение:

1. Время, затраченное беспилотным летательным аппаратом из пункта А в пункт Б при безветренной погоде туда и обратно

$$t_1 = \frac{2L}{v_1}.$$

2. Время, затраченное беспилотным летательным аппаратом из пункта А в пункт Б при попутном ветре

$$t_{21} = \frac{L}{v_1 + v_2}.$$

3. Время, затраченное беспилотным летательным аппаратом из пункта Б в пункт А при встречном ветре

$$t_{22} = \frac{L}{v_1 - v_2}$$

4. Общее время при втором типе полета

$$t_2 = \frac{L}{v_1 + v_2} + \frac{L}{v_1 - v_2} = \frac{2Lv_1}{v_1^2 - v_2^2}$$

5. Сравним t_1 с t_2

$$\frac{2L}{v_1} < \frac{2Lv_1}{v_1^2 - v_2^2}$$

$$\frac{\frac{2L}{v_1}}{\frac{2Lv_1}{v_1^2 - v_2^2}} = 1 - \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2.$$

Время полета при безветренной погоде меньше, чем время полета при ветреной погоде. Соответственно время полета беспилотного летательного аппарата по 2 типу полета увеличится.