

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА (РОСАВИАЦИЯ)  
ФГБОУ ВО «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»**

---

**Кафедра № 6 «Механики»**

# **МЕХАНИКА**

Методические указания по изучению дисциплины  
и выполнению контрольной работы

Для студентов заочного факультета  
всех направлений подготовки

Санкт-Петербург  
2020

# ЗАДАНИЕ

Вариант задания принять по сумме двух последних цифр номера зачётной книжки.

*Работы, выполненные не по своему варианту или не из своего задания, не рассматриваются.*

Работа разделена на уровни сложности А, В, С:

- группа С (удовлетворительно) решает только уровень С, т.е задача №1, 2, 3 (Уровень С);

- группа В (хорошо) дополнительно уровень В, т.е. задача № 4, 5;

- группа А (отлично) все задачи из своего варианта.

### Задача № 1 (Уровень С)

При подъеме самолет движется равномерно и прямолинейно (рис. 1). Угол подъема  $\theta = 60^\circ$ , вес самолета  $G$ , сила сопротивления воздуха движению самолета  $Q$ . Определить подъемную силу  $P$  и тягу  $T$ , развиваемую двигателем, считая, что все силы пересекаются в центре тяжести самолета.

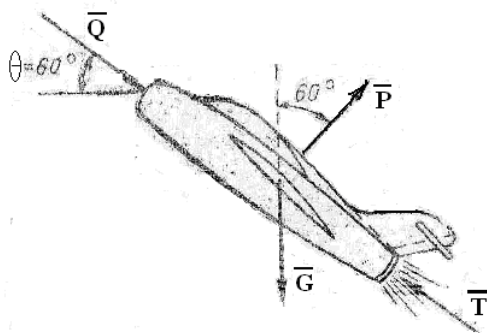


Рис. 1.1.

Таблица 1

Числовые данные к задаче 1

Номер варианта	Задаваемые параметры		Ответ	
	G (кН)	Q (кН)	P (кН)	T (кН)
1	40	10		
2	42	9		
3	44	8		
4	46	7		
5	38	11		
6	36	12		
7	34	13		
8	41	11		
9	43	9		
10	39	10		
11	50	20		
12	45	10		
13	40	15		
14	42	10		
15	40	10		
16	30	12		
17	38	15		
18	51	20		

## Задача № 2 (Уровень С)

**Условие задачи:** для заданной балки построить эпюры  $Q$  и  $M$ , подобрать из расчета на прочность номер двутавра, а также найти угол поворота на конце консоли. Принять  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ ,  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ .

### Схемы к задаче 2

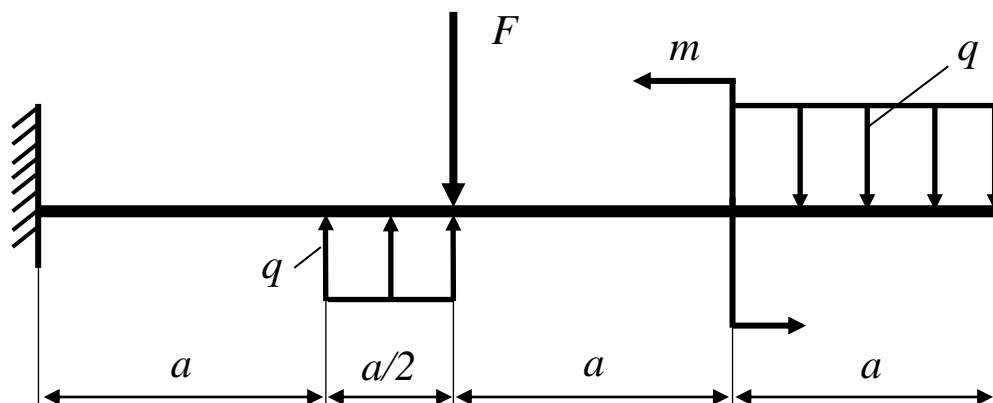


Рис. 2.1

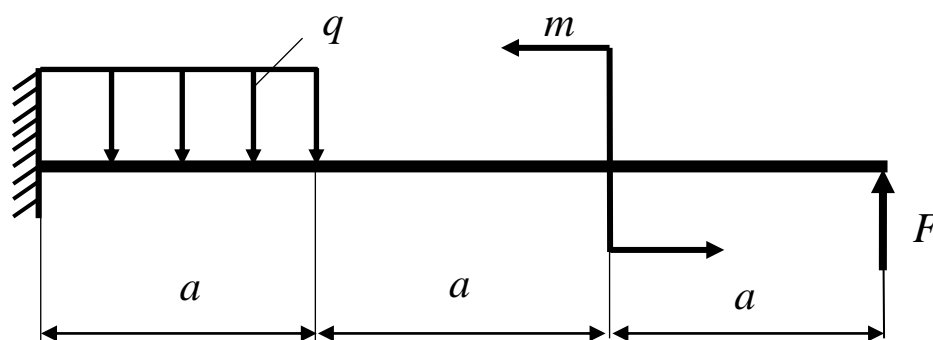


Рис. 2.2

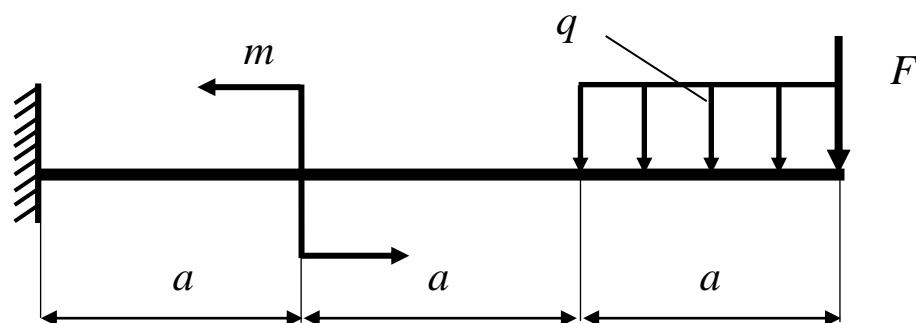


Рис. 2.3

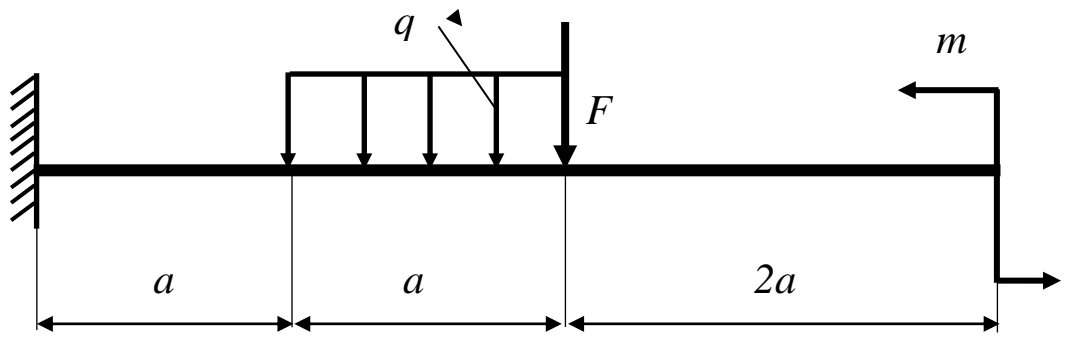


Рис. 2.4

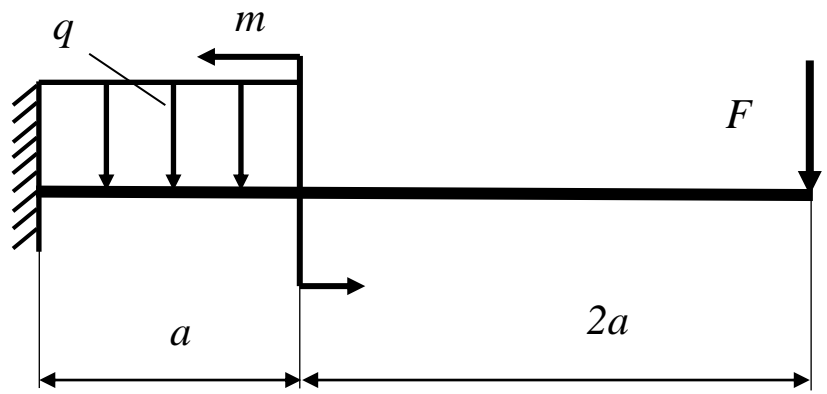


Рис. 2.5

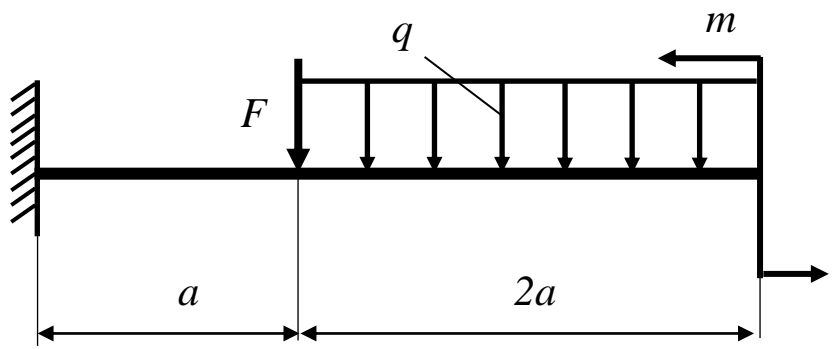


Рис. 2.6

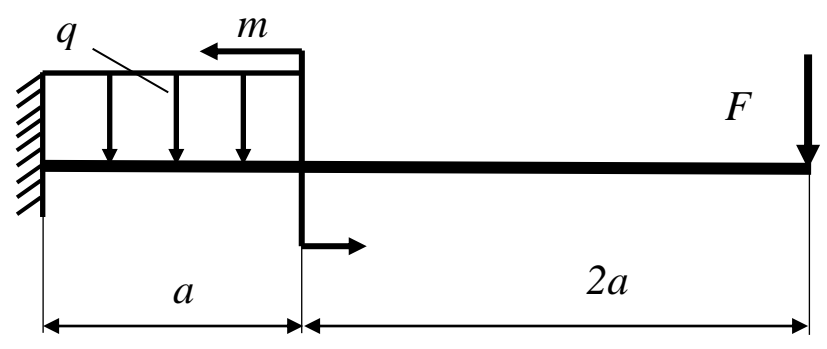


Рис. 2.7

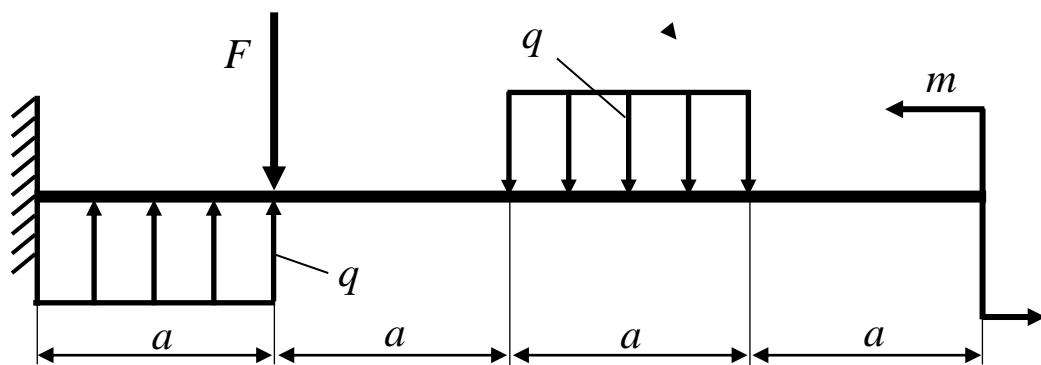


Рис. 2.8

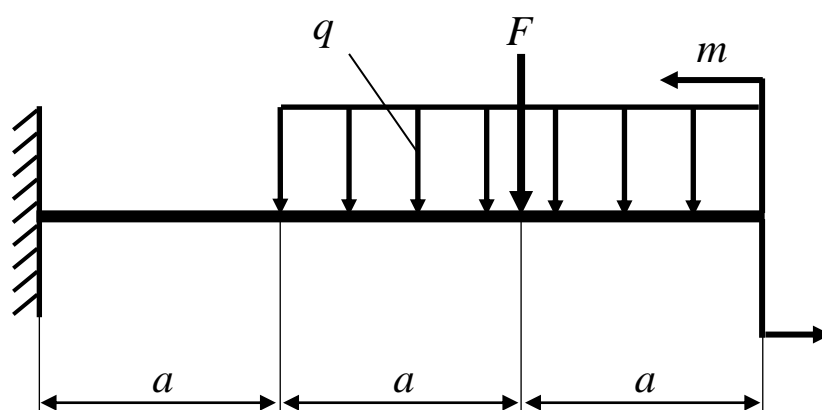


Рис. 2.9

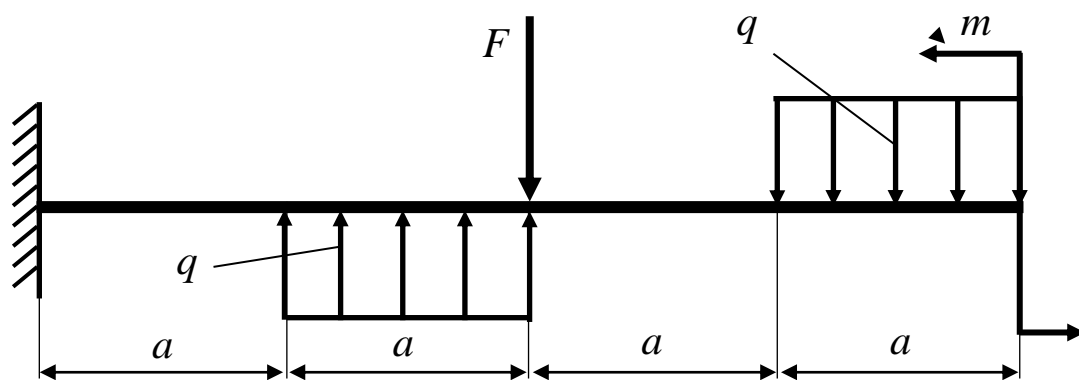


Рис. 2.10

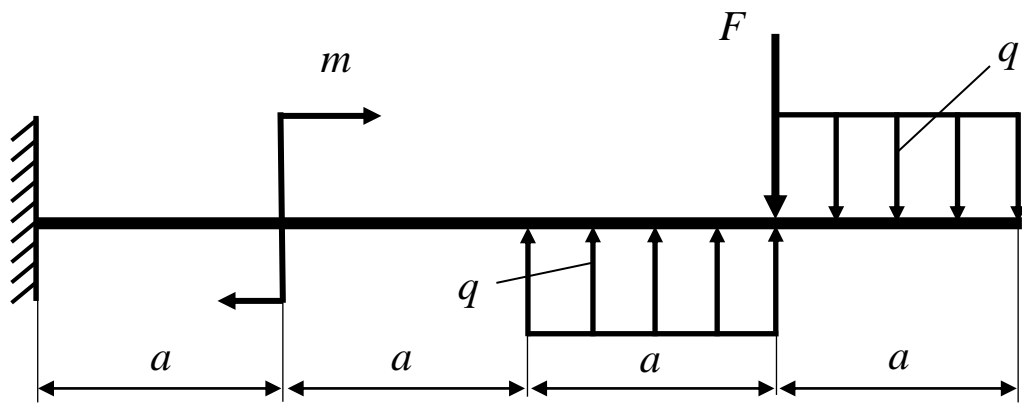


Рис. 2.11

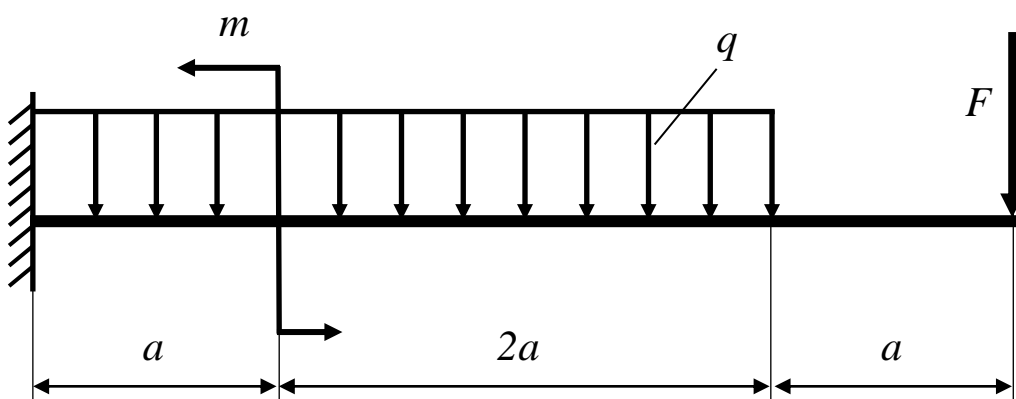


Рис. 2.12

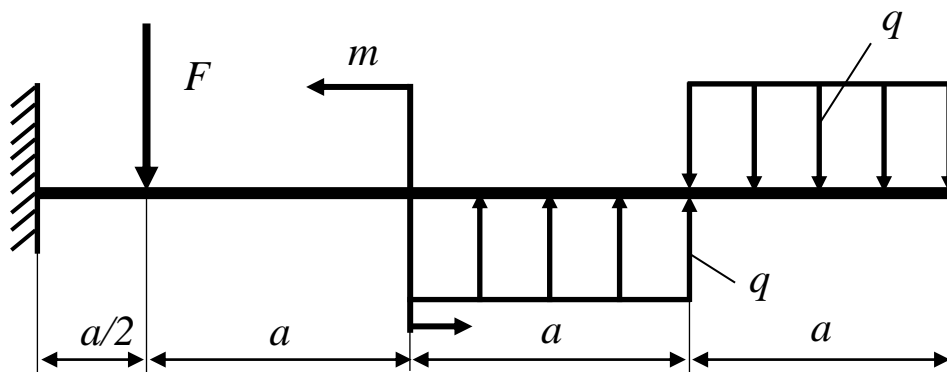


Рис. 2.13

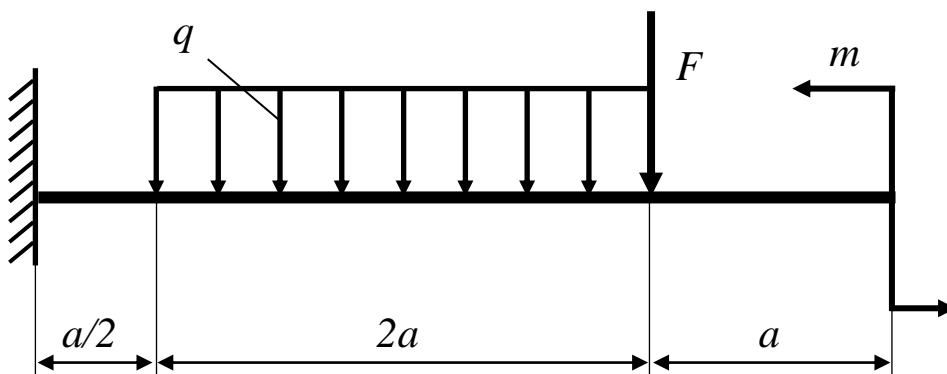


Рис. 2.14

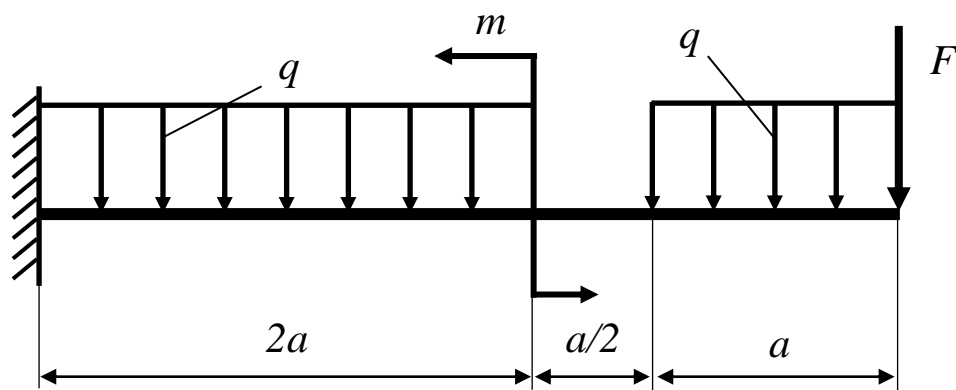


Рис. 2.15

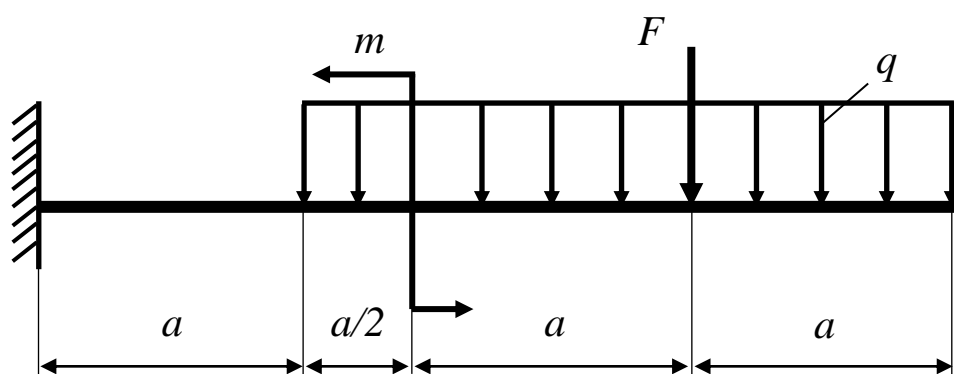


Рис. 2.16

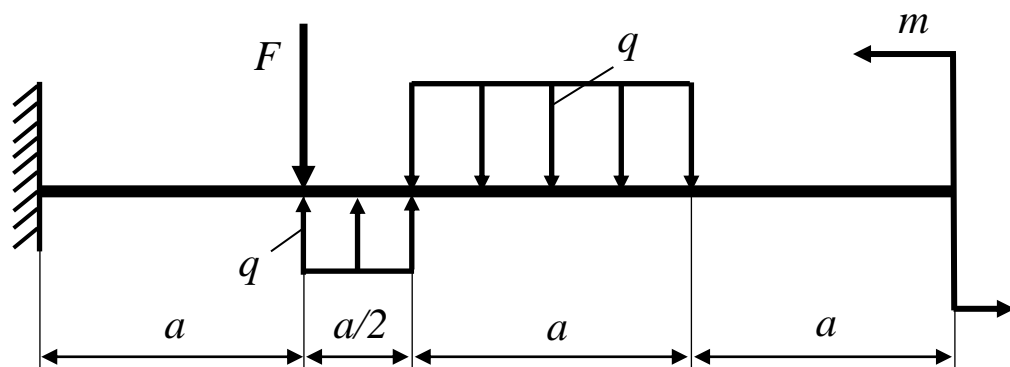


Рис. 2.17

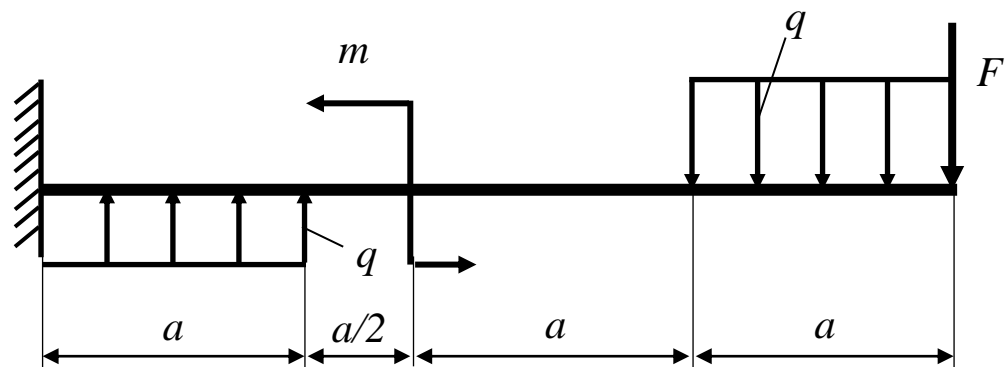


Рис. 2.18



## Числовые данные к задаче 2

№ варианта (№ рисунка)	$F$ , кН	$q$ , кН/м	$m$ , кН·м	$a$ , м
1 (2.1)	20	20	25	1,5
2 (2.2)	15	24	11	1,0
3 (2.3)	25	16	12	1,8
4 (2.4)	14	16	20	1,6
5 (2.5)	22	16	14	2,9
6 (2.6)	30	22	17	3,3
7 (2.7)	12	17	22	3,2
8 (2.8)	23	11	12	3,0
9 (2.9)	18	12	10	2,0
10 (2.10)	17	9	14	2,4
11 (2.11)	29	13	20	2,6
12 (2.12)	24	4	21	2,4
13 (2.13)	28	5	15	2,8
14 (2.14)	35	18	22	3,5
15 (2.15)	14	16	24	1,3
16 (2.16)	14	16	24	1,3
17 (2.17)	27	15	16	2,2
18 (2.18)	21	14	17	1,6

*Примечание:* № варианта соответствует № рисунка (например, в задаче 2 варианту 15 соответствует рис. 2.15).

### Задача № 3 (Уровень С)

Вращение ротора авиационного двигателя, воздушного винта самолёта, винта вертолётa (несущего или рулевого) при запуске двигателя характеризуется угловым ускорением  $\varepsilon$  и временем  $t_1$  выхода на режим малого газа. К моменту  $t_1$  ротор (винт) имеет угловую скорость  $\omega_1$ , частоту вращения  $n_1$ , угол поворота  $\varphi_1$  и совершает  $z_1$  оборотов.

Точка, лежащая на радиусе  $r$ , в какой-то другой момент  $t_T$  имеет скорость  $v_T$ , касательное ускорение  $a_\tau$  и нормальное ускорение  $a_{nT}$ .

Принимая вращение ротора (винта) равнопеременным, определить по заданным в таблице параметрам остальные.

Таблица 3

Числовые данные к задаче 3

№ вар.	$\varepsilon$ , рад/с <sup>2</sup>	$t_1$ , с	$\omega_1$ , рад/с	$n_1$ , об/мин	$\varphi_1$ , рад	$z_1$ , об	$t_T$ , с	$r$ , м	$v_T$ , м/с	$a_\tau$ , м/с <sup>2</sup>	$a_{nT}$ , м/с <sup>2</sup>
1.	28	?	?	?	35000	?	?	0,2	202	?	?
2.	?	?	1500	?	75000	?	84	?	?	3	?
3.	?	90	?	?	?	3870	72	0,4	?	?	?
4.	?	?	?	5160	?	1290		0,6	?	?	56200
5.	?	50	?	?	?	1590		0,7	134	?	?
6.	?	?	115	?	?	322		?	?	4,6	7380
7.	?	100	?	1240	?	?	50	?	?	?	8030
8.	?	10,5	?	?	183	?	14	?	?	?	125
9.	0,2	?	?	95	?	?	?	10	?	?	490
10.	?	?	?	86	405	?	?	?	109	?	696
11.	30	?	?	?	35500	?	?	0,2	210	?	?
12.	?	?	1300	?	65000	?	85	?	?	3	?
13.	?	95	?	?	?	3870	72	0,4	?	?	?
14.	?	?	?	5160	?	1290		0,6	?	?	56200
15.	?	50	?	?	?	1590		0,7	134	?	?
16.	?	?	125	?	?	300		?	?	4,6	6580
17.	?	120	?	2040	?	?	50	?	?	?	7930
18.	?	12,5	?	?	190	?	14	?	?	?	135

## Задача № 4 (Уровень В)

Движение самолёта по ВПП при взлёте определяется взлётной массой  $m$ , тягой двигателей  $\vec{P}$ , сопротивлением движению  $\vec{F}_{con}$  и может характеризоваться параметрами:

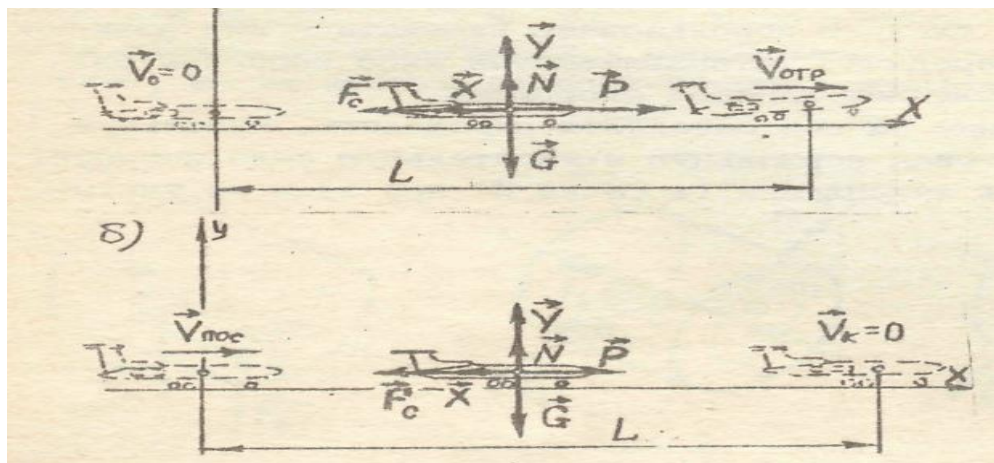


Рис. 4.1, а, б

$\alpha$  - ускорение;  $t_p$  - время разбега;  $L$  - длина разбега;  $Q$  - количество движения в момент отрыва.

Считая силы  $\vec{P}$  и  $\vec{F}_{con}$  (рис.4, а) при движении самолёта постоянными, по заданным в табл. 1 величинам определить остальные.

Таблица 4

Числовые данные к задаче 4

№ вар.	$m$ , кг	$Q$ , $\frac{кг \cdot м}{с}$	$P$ , кН	$F_{con}$ , кН	$a$ , $м/с^2$	$t_p$ , с	$L$ , м	Заданы
1	$52,5 \cdot 10^2$	$160 \cdot 10^3$	12,5	3,2	1,79	17	260	$m, P, t_p, a$
2	$2,1 \cdot 10^4$	$1080 \cdot 10^3$	47,3	3,3	2,09	24,6	635	$m, F_{con}, Q, a$
3	$1,6 \cdot 10^4$	$845 \cdot 10^3$	37,8	7,1	1,92	27,3	715	$P, t_p, Q, L$
4	$4,5 \cdot 10^4$	$3250 \cdot 10^3$	115	7,1	2,40	30,2	1090	$F_{con}, t_p, Q, L$
5	$16,1 \cdot 10^4$	$14000 \cdot 10^3$	344	91,0	1,59	55	2400	$m, F_{con}, t_p, a$
6	$98,5 \cdot 10^3$	$7700 \cdot 10^3$	276	6,0	2,20	35,5	1380	$m, P, Q, a$
7	$9,1 \cdot 10^4$	$6900 \cdot 10^3$	260	44,0	2,40	31,8	1210	$m, P, t_p, a$
8	$6,1 \cdot 10^4$	$4180 \cdot 10^3$	145	28,0	1,92	35,3	1190	$F_{con}, a, t_p, L$
9	$5,7 \cdot 10^4$	$3740 \cdot 10^3$	145	29,0	2,04	32,0	1040	$P, a, t_p, Q$
10	$4,1 \cdot 10^4$	$2750 \cdot 10^3$	115	25,0	2,50	27,4	938	$F_{con}, L, a, m$

11	$5,5 \cdot 10^2$	$180 \cdot 10^3$	12,5	3,2	1,79	17	260	$m, P, t_p, a$
12	$2,7 \cdot 10^4$	$1120 \cdot 10^3$	47,3	3,5	2,0	24,6	665	$m, F_{con}, Q, a$
13	$1,9 \cdot 10^4$	$825 \cdot 10^3$	35,8	7,5	1,98	27,3	735	$P, t_p, Q, L$
14	$5,5 \cdot 10^4$	$2950 \cdot 10^3$	125	6,1	2,80	35,2	1050	$F_{con}, t_p, Q, L$
15	$14,1 \cdot 10^4$	$9400 \cdot 10^3$	374	95,5	1,6	65	2800	$m, F_{con}, t_p, a$
16	$92,5 \cdot 10^3$	$6900 \cdot 10^3$	266	6,0	2,4	33,5	1580	$m, P, Q, a$
17	$10,5 \cdot 10^4$	$6700 \cdot 10^3$	250	44,0	2,40	31,8	1310	$m, P, t_p, a$
18	$6,1 \cdot 10^4$	$4260 \cdot 10^3$	165	26,0	2,3	35,3	1220	$F_{con}, a, t_p, Q$

### Задача № 5 (Уровень В)

Самолёт массой  $m$  при посадке с момента включения тормозных устройств (обратная тяга, колесные тормоза и др.) движется в течение времени  $t_T$  под действием сил, проекция равнодействующей которых на направление движения задана законом  $R_*$ ,

где  $A$  и  $B$  – постоянные величины.

Скорость самолёта в момент начала торможения равна  $v_0 = 250$  км/ч.

Значения проекций равнодействующей сил в моменты  $t_0 = 0$  и  $t = t_T$  заданы и равны соответственно  $F_x(t_0) = -150$  кН;  $F_x(t_T) = -320$  кН.

**Определить:**

- уравнение движения самолёта за время  $t_T$ ;
- пройденное расстояние за время  $t_T$ ;
- импульс силы  $F_x$  за время  $t_T$ ;
- количество движения и кинетическую энергию самолёта в момент времени  $t_1$ ;
- работу силы  $R_x$  за время  $t_1$ .

Вид функции и числовые данные к задаче № 5

№ вар.	$m$ , кг	$t_T$ , сек.	$R_*$ , Н	$t_1$ , сек.
1	$70 \cdot 10^3$	10	$-A - B e^{0,15t}$	5
2	$80 \cdot 10^3$	12	$2A - 6 B t^2$	6
3	$90 \cdot 10^3$	14	$A + B e^t$	7
4	$85 \cdot 10^3$	9	$A e^{-Bt}$	4
5	$75 \cdot 10^3$	12	$A - e^{Bt}$	5
6	$95 \cdot 10^3$	10	$A - B \sin \frac{\pi t}{360}$	6
7	$60 \cdot 10^3$	10	$\frac{A B}{A + t}$	5
8	$65 \cdot 10^3$	9	$2A - 6 B t$	7
9	$90 \cdot 10^3$	10	$-A - B e^{2t}$	5
10	$80 \cdot 10^3$	12	$A + B e^t$	6

11	$80 \cdot 10^3$	12	$2A - 6Bt^2$	6
12	$87 \cdot 10^3$	14	$A + Be^t$	5
13	$80 \cdot 10^3$	9	$Ae^{-Bt}$	4
14	$77,5 \cdot 10^3$	14	$A - e^{Bt}$	8
15	$85,5 \cdot 10^3$	10	$A - B \sin \frac{\pi t}{360}$	7
16	$66 \cdot 10^3$	10	$\frac{AB}{A+t}$	5
17	$75 \cdot 10^3$	13,5	$A + Be^t$	4
18	$85 \cdot 10^3$	11	$A + Be^t$	6

### Задача № 6 (Уровень А)

Самолет массой  $m$  движется при разбеге от линии старта до момента отрыва в течение времени  $t_1$  под действием сил (рис.4,а), проекция равнодействующей которых на направление движения задана законом  $R_x = f(t, A, B)$ , где  $A$  и  $B$  постоянные величины. Определить, пользуясь данными табл. 6 и 7:

- уравнение движения самолета при разбеге;
- пройденное расстояние за время  $t_1$ ;
- импульс силы  $R_x$  за время  $t_1$ ;
- количество движения и кинетическую энергию самолета в момент времени  $t_1$ ;
- мощность силы  $R_x$  в заданный момент времени  $t_2$ .

Таблица 6

Вид функции для  $R_x$

№ варианта	$R_x = f(t, A, B), H$	№ варианта	$R_x = f(t, A, B), H$
1	$2A - 6Bt$	10	$2A - 6Bt$
2	$\frac{A - B}{A + t}$	11	$\frac{A - B}{A + t}$
3	$A - e^{Bt}$	12	$A - e^{Bt}$
4	$Ae^{-Bt}$	13	$Ae^{-Bt}$

5	$A - B \sin \frac{\pi t}{360}$	14	$A - B \sin \frac{\pi t}{360}$
6	$2 A - 6 B t$	15	$2 A - 6 B t$
7	$\frac{A - B}{A + t}$	16	$\frac{A - B}{A + t}$
8	$A - e^{Bt}$	17	$A - e^{Bt}$
9	$A e^{-Bt}$	18	$A e^{-Bt}$

Таблица 7

Числовые данные к задаче 6

№ варианта	$m$ , кг	$R_x _{t=0}$ , Н	$R_x _{t=t_1}$ , Н	$t_1$ , с	$t_2$ , с
1	$52,5 \cdot 10^2$	$12 \cdot 10^3$	8950	15	250
2	$2,1 \cdot 10^4$	$54 \cdot 10^3$	37800	25	550
3	$1,6 \cdot 10^4$	$45 \cdot 10^3$	28800	28	600
4	$4,5 \cdot 10^4$	$32 \cdot 10^3$	90500	35	1000
5	$16 \cdot 10^4$	$14 \cdot 10^3$	224000	55	1500
6	$18,5 \cdot 10^2$	$75 \cdot 10^3$	1980	30	350
7	$96,5 \cdot 10^3$	$65 \cdot 10^3$	177000	22	1200
8	$6,5 \cdot 10^4$	$45 \cdot 10^3$	96000	41	940
9	$5,5 \cdot 10^4$	$34 \cdot 10^3$	99500	32	1100
10	$4,5 \cdot 10^4$	$25 \cdot 10^3$	85000	27	910
11	$52,5 \cdot 10^2$	$12 \cdot 10^3$	8950	15	250
12	$2,1 \cdot 10^4$	$54 \cdot 10^3$	37800	25	550
13	$1,6 \cdot 10^4$	$45 \cdot 10^3$	28800	28	600
14	$4,5 \cdot 10^4$	$32 \cdot 10^3$	90500	35	1000
15	$16 \cdot 10^4$	$14 \cdot 10^3$	224000	55	1500
16	$18,5 \cdot 10^2$	$75 \cdot 10^3$	1980	30	350
17	$96,5 \cdot 10^3$	$65 \cdot 10^3$	177000	22	1200
18	$6,5 \cdot 10^4$	$45 \cdot 10^3$	96000	41	940

### Задача № 7 (Уровень А)

При посадке самолета массой  $m$  на мокрую ВПП возникает глиссирование колес шасси, которое прекращается при скорости движения, равной

$\vec{v}_{гл}$ . Обратная тяга двигателей  $\vec{T}$  и скорость посадки самолета  $\vec{v}_{пос}$  заданы.

Модули аэродинамических сил лобового сопротивления  $F_{соп} = 0,5 c_x \rho S_{кр} v^2$

и подъемной силы  $F_{под} = 0,5 c_y \rho S_{кр} v^2$ .

Пользуясь данными табл. 8, определить длину участка пробега самолета в режиме глиссирования. Силами сцепления колес с поверхностью ВПП пренебречь.

**Таблица 8**

Числовые данные к задаче 7.

№ строки	$m$ , кг	$\vec{T}$ , кН	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$v_{пос}$ , км/ч	$v_{гл}$ , км/ч	$c_x$	$S_{кр}$ , м <sup>2</sup>
1	$52,5 \cdot 10^2$	150	1,22	275	160	0,18	125
2	$2,1 \cdot 10^4$	200	1,4	260	170	0,19	145
3	$1,6 \cdot 10^4$	115	1,08	250	180	0,22	135
4	$4,5 \cdot 10^4$	95	1,2	185	150	0,25	85
5	$16 \cdot 10^4$	120	1,26	150	160	0,22	140
6	$18,5 \cdot 10^2$	140	1,06	250	145	0,24	165
7	$96,5 \cdot 10^3$	250	1,08	245	165	0,15	270
8	$6,5 \cdot 10^4$	220	1,22	270	150	0,23	160
9	$5,5 \cdot 10^4$	70	1,1	280	160	0,25	150
10	$4,5 \cdot 10^4$	50	1,2	220	140	0,12	140
11	$50,5 \cdot 10^2$	140	1,2	285	160	0,19	125
12	$2,2 \cdot 10^4$	220	1,4	280	165	0,2	155
13	$1,8 \cdot 10^4$	135	1,28	260	185	0,24	145
14	$4,6 \cdot 10^4$	90	1,3	195	165	0,27	95
15	$14 \cdot 10^4$	130	1,25	170	145	0,25	145
16	$19,5 \cdot 10^2$	150	1,26	265	140	0,23	160
17	$86,5 \cdot 10^3$	230	1,08	245	165	0,19	285
18	$7,5 \cdot 10^4$	240	1,3	275	175	0,23	145