

1 ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

1.1 Oznaczenia

P_R – przewozy roczne [pas.];
 P_M – przewozy miesięczne [pas.];
 P_D – przewozy dobowe [pas.];
 P_G – przewozy godzinowe [pas.];
 k – współczynnik nierównomierności przewozów;
 d – współczynnik przeliczeniowy;
 n – ilość operacji lotniczych;
 m – ilość miejsc w samolocie;
 c – współczynnik wykorzystania miejsc;
 N – ilość stanowisk na peronie;
 t – czas postoju na peronie [s];
 T – czas zajęcia pasa startowego [s];
 t_1 – czas startu samolotu [s];
 t_2 – czas lądowania samolotu [s];

1.2 Praca przewozowa

$$P_M = \frac{P_R}{12} \cdot k, \quad k = 1,35 \text{ (przewozy krajowe)}, k = 1,45 \text{ (przewozy zagraniczne)};$$

$$P_D = \frac{P_M}{30};$$

$$P_G = P_D \cdot d, \quad d = 0,14 \text{ (przewozy krajowe)}, d = 0,20 \text{ (przewozy zagraniczne)}.$$

1.3 Ilość operacji lotniczych

$$n = \frac{P_G}{c \cdot m}, \quad \text{przyjąć: } c = 0,6.$$

1.4 Ilość stanowisk na peronie

$$N = \frac{t \cdot n}{60}, \quad t = 10 \text{ minut (mały samolot)}, t = 15 \text{ minut (duży samolot)}.$$

1.5 Przepustowość DS

$$T = \frac{n \cdot (t_1 + t_2)}{2},$$

$t_1 = 1 \text{ minuta (mały samolot)}, t_1 = 2 \text{ minuty (duży samolot)},$
 $t_2 = 3 \text{ minuty (mały samolot)}, t_2 = 6 \text{ minut (duży samolot)}.$

1.6 Tabela zestawieniowa

W tabeli zestawieniowej należy umieścić wyniki obliczeń według przykładu:

Etap	I		II		III	
	(mały)	(duży)	(mały)	(duży)	(mały)	(duży)
Typ samolotu						
Ilość miejsc						
Liczba operacji lotniczych: kraj, n_R n_D n_G zagranica, n_R n_D n_G						
Liczba operacji lotniczych: dzień noc						
Liczba stanowisk na peronie: kraj zagranica						
Liczba DS						

Samoloty średniego zasięgu:

Dane techniczne	Tu-154	B737-300	B757-200	B727-100	A320-200
1. Wymiary zewnętrzne:					
Rozpiętość płatów [m]	37,55	28,91	38,05	32,92	33,91
Długość [m]	48,00	33,40	47,32	40,59	37,57
Wysokość [m]	11,40	11,43	13,56	10,36	11,80
Powierzchnia płatów - S [m ²]	201,45	105,40	185,25	159,90	122,40
2. Podwozie:					
Baza podwozia [m]	19,00	12,45	18,29	16,23	12,54
Rozstaw goleni	11,50	5,23	7,32	5,72	7,59
Rodzaj goleni	2 x 6 kół	2 x 2 koła	2 x 4 koła	2 x 2 koła	2 x 2 koła
Wymiary wózka:					
- s [cm]		94	86	87	86
- s _t [cm]		-	112	-	
- u [m]		-	-	-	
- z [m]		-	-	-	
ciśnienie w oponach - p _o [MPa]	0,80	0,74	1,17	1,01	1,07
3. Obciążenia:					
Masa startowa - Q _s [kg]	100 000	56 472	99 790	78 015	72 000
Masa do lądowania - Q _L [kg]	80 000	51 710	89 890	64 575	59 000
Udźwig handlowy [kg]	53 000	16 148	58 930	17 690	19 202
4. Napęd:					
- rodzaj					CFM
- siła ciągu silników - T _o [kg]	3x10 500	2x 9 071	2x16 980	3x7 030	2x11 120
5. Prędkości:					
- maksymalna [km/h]					
- przelotowa [km/h]	950	591	915	917	850
- startu [km/h]					
- progowa [km/h]					
6. Zasięg:					
- podstawowy [km]	3740	2897	2223	4260	4500
(liczba pasażerów)	180	141	178	94	179
- maksymalny [km]	5200	4554	4800	7392	6900
(liczba pasażerów)	130	120	141	83	150

Samoloty krótkiego zasięgu:

Dane techniczne	Fok 27	Fok 28	Fok 50	Fok 100	ATR 42
1. Wymiary zewnętrzne:					
Rozpiętość płatów [m]	29,00	25,07	29,00	28,08	27,05
Długość [m]	23,56	29,61	25,31	35,31	27,17
Wysokość [m]	8,70	8,47	8,60	8,60	7,65
Powierzchnia płatów - S [m ²]	70,00	79,00	70,00	93,50	61,00
2. Podwozie:					
Baza podwozia [m]	8,74	12,00	9,74	14,00	10,79
Rozstaw goleni	7,20	5,80	7,20	5,04	4,10
Rodzaj goleni	2 x 2 koła	2 x 2 koła	2 x 2 koła	2 x 2 koła	2 x 2 koła
Wymiary wózka:					
- s [cm]	43	43	43	52	52
- s _t [cm]	-	-	-	-	-
- u [m]	-	-	-	-	-
- z [m]	-	-	-	-	-
ciśnienie w oponach [MPa]	0,55	0,55	0,55	0,55	0,65
3. Obciążenia:					
Masa startowa - Q _s [kg]	20 320	28 125	20 430	43 090	21 500
Masa do lądowania - Q _L [kg]	18 600	26 760	19 070	38 780	19 900
Udźwig handlowy [kg]	11 700	12 910	11 040	11 350	10 700
4. Napęd:					
- rodzaj					
- siła ciągu silników - T ₀ [kg]	2x 3 195	2x4 468	2x4 694	2x6 146	2x5 580
5. Prędkości:					
- maksymalna [km/h]					
- przelotowa [km/h]	464	783	550	593	530
- startu [km/h]					
- progowa [km/h]					
6. Zasięg:					
- podstawowy [km]	2890	2000	1334	2600	2666
(liczba pasażerów)	55	60	52	107	66
- maksymalny [km]					
(liczba pasażerów)					

Samoloty dalekiego zasięgu:

Dane techniczne	II 62-M	B707-320	B747-300	B767-200	DC 10-10
1. Wymiary zewnętrzne:					
Rozpiętość płatów [m]	43,20	44,40	59,64	47,57	47,34
Długość [m]	53,12	46,57	70,66	48,50	55,30
Wysokość [m]	12,35	12,95	19,33	15,85	17,70
Powierzchnia płatów - S [m ²]	279,50	270,00	510,97	283,30	358,70
2. Podwozie:					
Baza podwozia [m]	24,49	17,98	25,60	19,69	22,05
Rozstaw goleni	6,80	6,74	11,00	9,30	10,67
Rodzaj goleni	2 x 4 koła	2 x 4 koła	4 x 4 koła	2 x 4 koła	2 x 4 koła
Wymiary wózka:					
- s [cm]	80	86	111,80	86	137
- s _t [cm]	165	142	147,30	142	162,5
- u [m]	-	-	360,70	-	-
- z [m]	-	-	307,80	-	-
ciśnienie w oponach [MPa]	0,90	1,12	1,43	1,10	0,90
3. Obciążenia:					
Masa startowa - Q _S [kg]	161 600	151 454	377 780	136 200	199 580
Masa do lądowania - Q _L [kg]	100 500	112 138	178 000	122 580	164 880
Udźwig handlowy [kg]	23 000	20 500	146 964	18 600	46 130
4. Napęd:					
- rodzaj					
- siła ciągu silników - T _o [kg]	4x10 500	4x8 626	4x24 320	2x 21 610	4x22 650
5. Prędkości:					
- maksymalna [km/h]			982		980
- przelotowa [km/h]	820	885	910	850	930
- startu [km/h]					
- progowa [km/h]					
6. Zasięg:					
- podstawowy [km]	7 800	9 584	10 560	5270	4355
(liczba pasażerów)	174	219	470	255	410
- maksymalny [km]			11 675		9543
(liczba pasażerów)			400		320

2 WYZNACZENIE DŁUGOŚCI DROGI STARTOWEJ

2.1 Dane i oznaczenia

- Q_S – masa startowa [kg] – tabelka;
 Q_L – masa do lądowania [kg] – tabelka;
 n – ilość silników [-] – tabelka;
 ρ_0 – gęstość powietrza = 0,125 [kg s² / m⁴];
 S – powierzchnia nośna płatów [m²] – tabelka;
 T_0 – siła ciągu silników [kg] – tabelka;
 C_y – współczynnik zależny od kąta natarcia płatów i współczynnika unoszenia = 1,7 [-];
 k_1 – współczynnik zmniejszający = 0,9 [-];
 k_2 – współczynnik zwiększający = 1,2 [-];
 f_t – współczynnik tarcia przy toczeniu = 0,02 [-];
 f_{spr} – współczynnik tarcia = 0,2 [-];
 μ_{op} – opory powietrza = 0,1 [-];
 μ_{rozb} – opory = 0,02 [-];
 ΔL – dystans = 400 [m];
 k_p – współczynnik korygujący długość DS ze względu na ciśnienie powietrza (punkt 7);
 k_t – współczynnik korygujący długość DS ze względu na temperaturę (punkt 7);
 k_i – współczynnik korygujący długość DS ze względu na pochylenie podłużne (punkt 7);
 k_n – współczynnik korygujący długość DS ze względu na rodzaj nawierzchni (punkt 7);

2.2 Start normalny

V_{MU} – minimalna prędkość unoszenia

$$V_{MU} = \sqrt{\frac{2 \cdot Q_S}{C_y \cdot \rho_0 \cdot S}}$$

V_{LOT} – minimalna prędkość oderwania

$$V_{LOT} = (1,1 \div 1,15) V_{MU}$$

V_2 – prędkość startu

$$V_2 = (1,2 \div 1,3) V_{MU}$$

$j_{\text{śr rozb}}$ – przyśpieszenie średnie na rozbiegu

$$j_{\text{śr rozb}} = g [k_1 (T_0 / Q_S) - f_t - 0,33 \mu_{op}]$$

$j_{\text{śr wzn}}$ – przyśpieszenie średnie wznoszenia

$$j_{\text{śr wzn}} = g [k_1 (T_0 / Q_S) - 0,33 \mu_{op}]$$

L_{rozb} – dystans rozbiegu

$$L_{\text{rozb}} = \frac{V_{LOT}^2}{2 \cdot j_{\text{śr rozb}}}$$

L_{wzn} – dystans wznoszenia

$$L_{wzn} = \frac{V_2^2 - V_{LOT}^2}{2 \cdot j_{\acute{s}rwzn}}$$

L_{ref} – długość referencyjna

$$L_{ref} = L_{rozb} + L_{wzn}$$

2.3 Start przerwany

V_1 – prędkość decyzji

$$V_1 = \sqrt{\frac{V_{LOT}^2 + \Delta L \cdot 2a \cdot g}{1 + k_2 \frac{a}{b}}}$$

uwaga: V_1 nie może być większe niż $0,98 V_{MU}$

$$a = 0,8 \cdot \left(1 - \frac{1}{n}\right) \cdot \frac{T_0}{Q_S} - f_t - 0,08$$

$$b = 0,8 \cdot \left(1 - \frac{1}{n}\right) \cdot \frac{T_0}{Q_S} + f_t + 0,08$$

L_{SP} – dystans startu przerwanego

$$L_{SP} = L_1 + L_2$$

$$L_1 = \frac{V_1^2}{2g \left[0,9 \cdot \frac{T_0}{Q_S} - f_t - \mu_{rozb} \right]}$$

$$L_2 = \frac{1,2 \cdot V_1^2}{2g \left[0,9 \cdot \frac{T_0}{Q_S} \cdot \left(1 - \frac{1}{n}\right) + f_{spr} + \mu_{rozb} \right]}$$

2.4 Start wydłużony

$j_{\acute{s}r\ rozb\ aw}$ – przyśpieszenie średnie na rozbiegu z awarią

$$j_{\acute{s}r\ rozb\ aw} = g \left[k_1 \left(\frac{T_0}{Q_S} \right) \left(1 - \frac{1}{n} \right) - f_t - 0,33 \mu_{op} (n-1) \right]$$

L_{WS} – dystans wydłużonego startu

$$L_{WS} = L_{AB} + L_{BD'} + 400$$

$$L_{AB} = \frac{V_1^2}{2 \cdot j_{\acute{s}rrozb}}$$

$$L_{BD'} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \cdot j_{\acute{s}rrozbaw}}$$

2.5 Lądowanie

V_L – prędkość lądowania

$$V_L = \sqrt{\frac{2 \cdot Q_L}{C_y \cdot \rho_0 \cdot S}}$$

V_{TT} – prędkość bezpiecznego lądowania

$$V_{TT} = 1,2 V_L$$

V_{TD} – prędkość przyziemia

$$V_{TD} = 1,15 V_L$$

L_{sch} – dystans schodzenia

$$L_{sch} = \frac{V_{TT}^2 - V_{TD}^2}{2 \cdot j_{\dot{s}rozb}}$$

uwaga: minimalny dystans schodzenia = 300 m.

L_{dob} – dystans dobiegu

$$L_{dob} = \frac{V_{TD}^2}{2 \cdot j_{\dot{s}rozb}}$$

L_L – długość drogi lądowania

$$L_L = L_{sch} + L_{dob}$$

2.6 Długość wymagana (wg ICAO)

ZWS – zabezpieczenie wydłużonego startu

$$ZWS = 0,5 (1,15 L_{ref} - 1,15 L_{rozb})$$

ZPS – zabezpieczenie startu przerwane

$$ZPS = L_{SP} - L_{WS} - 200$$

4 długości wymagane:

$$L_{W1} = 1,15 L_{ref} - ZWS$$

$$L_{W2} = L_{WS} - 200$$

$$L_{W3} = L_{SP} - ZPS \quad \text{uwaga: nie liczymy gdy } L_{SP} < L_{W2}$$

$$L_{W4} = 1,67 L_L$$

2.7 Długość rzeczywista

Należy wybrać maksimum z: L_{W1} , L_{W2} , L_{W3}

Następnie pomnożyć to maksimum przez współczynniki poprawkowe: k_p , k_t , k_i , k_n

Porównać otrzymaną wartość z L_{W4} i wybrać maksimum jako długość rzeczywistą DS.

$$L_{rz} = \max(L_{W1}, L_{W2}, L_{W3}) \cdot k_p \cdot k_t \cdot k_i \cdot k_n$$

$$k_p = 1 + 0,003 \cdot \Delta p$$

$$k_t = 1 + 0,01 \cdot \Delta t$$

$$k_i = 1 + 0,1 \cdot \Delta i$$

$$k_n = 1 + 0,01 \cdot n$$

Δp – różnica między ciśnieniem atmosferycznym wzorcowym (760,0 Pa) a ciśnieniem odpowiadającym wysokości położenia portu lotniczego (tabela);

Δt – różnica między średnią miesięczną temperaturą najbardziej upalnego miesiąca (przyjmujemy 18,00 °C) powiększoną o 6,00 °C a temperaturą znormalizowaną (zależną od wysokości portu lotniczego – tabela);

Δi – średni spadek podłużny DS w procentach (przyjmujemy wstępnie 1 %);

n – wielkość zależna od rodzaju nawierzchni (dla nawierzchni betonowych = 2).

Tabela

Wysokość n.p.m. [m]	Ciśnienie [Pa]	Temperatura znormalizowana [°C]
0	760,0	15,00
50	755,5	14,67
100	751,0	14,35
150	746,6	14,02
200	742,2	13,70
250	737,7	13,37
300	733,4	13,05
350	728,9	12,72
400	724,6	12,40