

1. Исходные данные для самолета Ил-76

$m_{\text{пуст}} = 86000$ кг, $m_{\text{топл}} = 60000$ кг, $m_{\text{поле}} = 34000$ кг При интегрировании по формулам (1) $m_{\text{к}} = 120000$ кг, $m_{\text{н}} = 180000$ кг.

2. Исследование характеристик транспортного самолета при выполнении эшелонирования

2.1. Постановка задачи

В работе исследуется задача минимизации километрового расхода топлива в крейсерском полете на заданную дальность путем оптимизации вертикальной траектории и скоростного режима.

2.2. Расчетные формулы

$$q_{\text{ч}} = PCe, \quad q_{\text{км}} = \frac{q_{\text{ч}}}{3.6V}, \quad L_{\text{кс}} = \int_{m_{\text{к}}}^{m_{\text{н}}} \frac{dm}{q_{\text{км}}}, \quad T_{\text{кс}} = \int_{m_{\text{к}}}^{m_{\text{н}}} \frac{dm}{q_{\text{ч}}}, \quad (1)$$

$$P_{\text{п}} = \frac{mg}{K} \quad (2)$$

$$P_{\text{р}}(M, H) = P_{\text{р}11} \frac{p_H}{p_{H=11}} \quad (3)$$

$$P_{\text{р}}(M, H) = \bar{P}_0 mg \tilde{P}(H, M) \quad (4)$$

$$q_{\text{ч}} = Ce \frac{mg}{K}, \quad q_{\text{км}} = \frac{mgCe}{3.6KV}, \quad L_{\text{кс}} = \frac{3.6}{g} \int_{m_{\text{к}}}^{m_{\text{н}}} \frac{KV}{Cem} dm, \quad T_{\text{кс}} = \frac{1}{g} \int_{m_{\text{к}}}^{m_{\text{н}}} \frac{K}{Cem} dm$$

C_{ya}, C_{xa} из курсовой работы №1 по динамике полета.

3. Полученный результаты

3.1. Результаты расчета при постоянный высоте и оптимальной скорости полета

Таблица 1 — Полученный параметры

$q_{\text{км ср}}, \frac{\text{кг}}{\text{км}}$	9.0784
$L, \text{ м}$	4000
$m_{\text{сож.топл}}, \text{ кг}$	36361.23
$t_{\text{пол.}}, \text{ мин}$	295

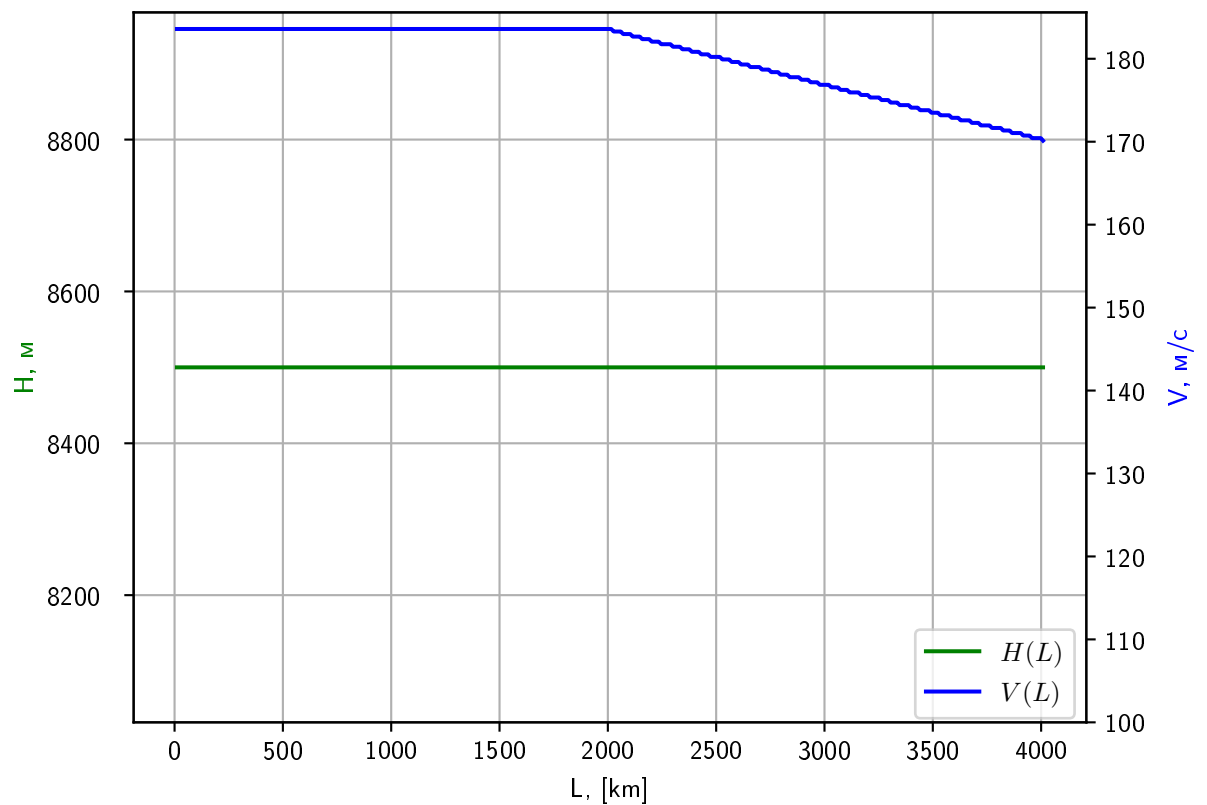


Рисунок 1 — График зависимости $H(L)$ и $V(L)$

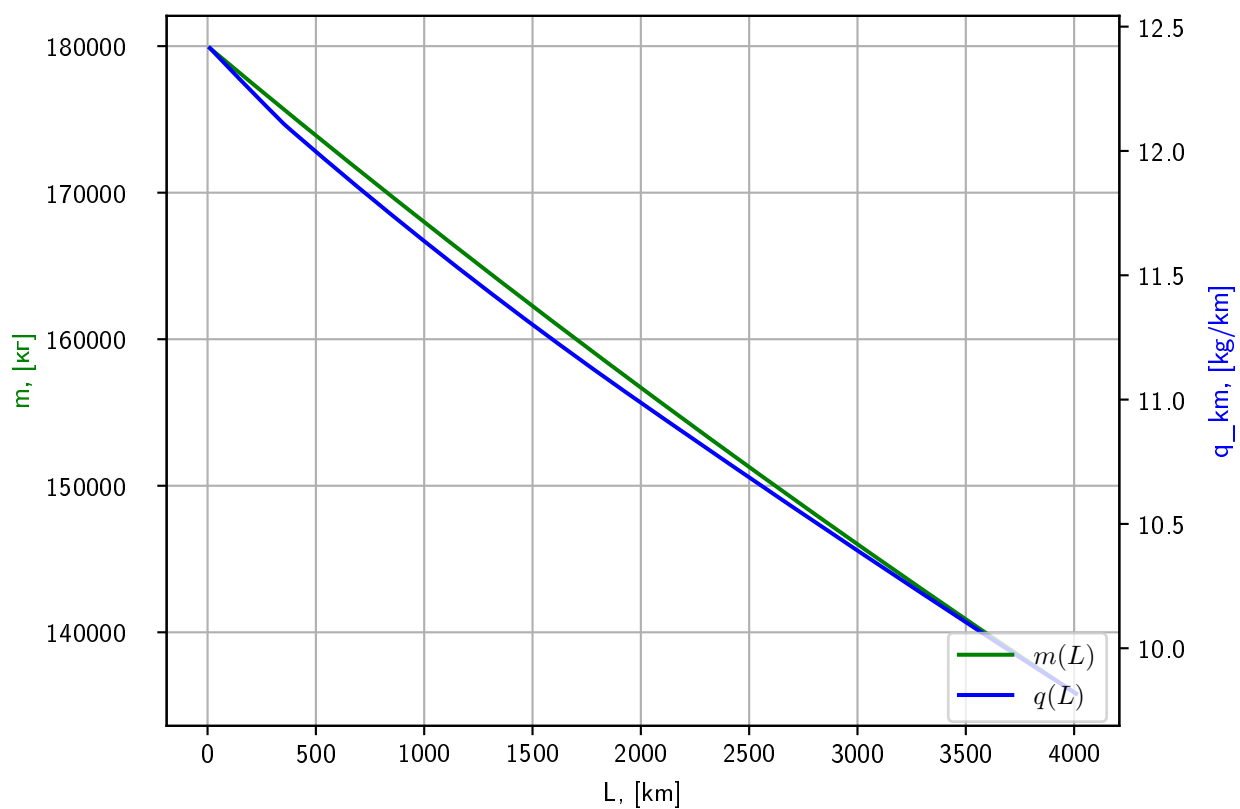


Рисунок 2 — График зависимости $q(L)$ и $m(L)$

3.2. Результаты расчета при оптимальном изменении высоты и скорости полета

Таблица 2 — Полученный параметры

$q_{\text{км ср}}, \frac{\text{кг}}{\text{км}}$	8.51
$L, \text{ м}$	4000
$m_{\text{созж.топл}}, \text{ кг}$	34139.74
$t_{\text{пол.}}, \text{ мин}$	392

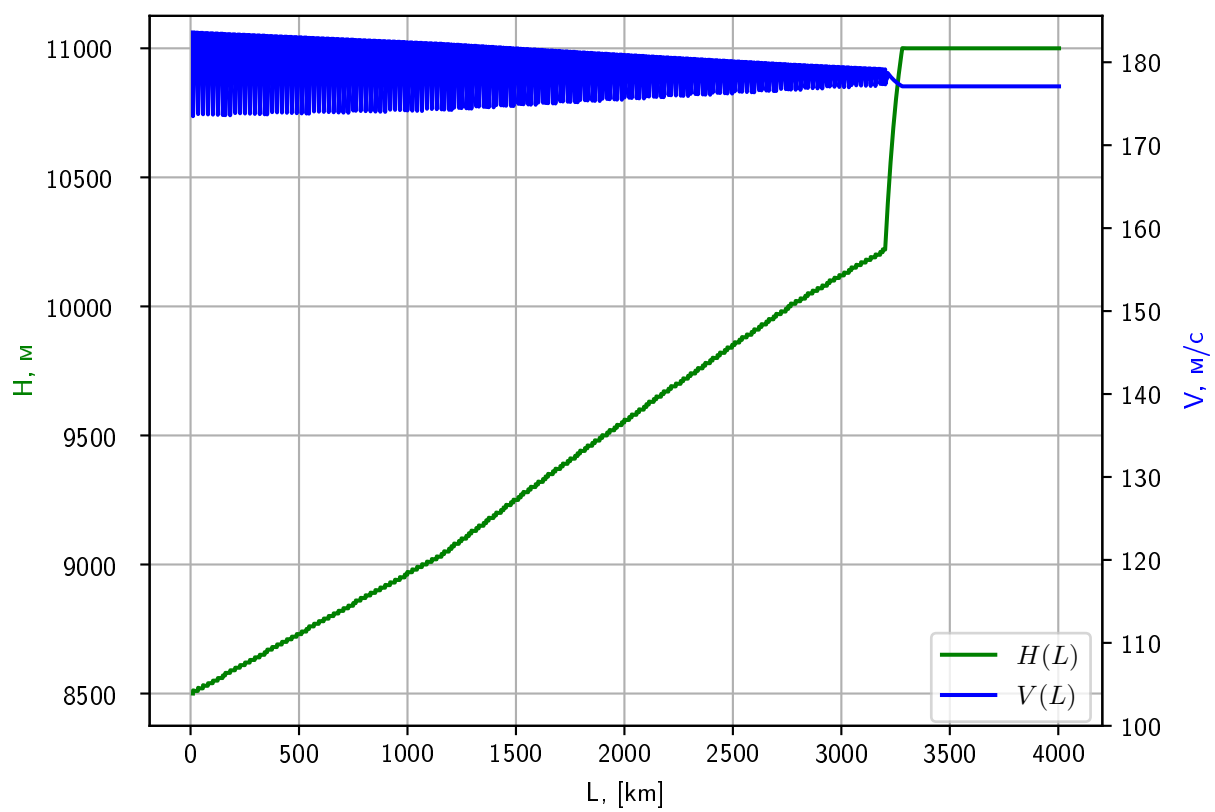


Рисунок 3 — График зависимости $H(L)$ и $V(L)$

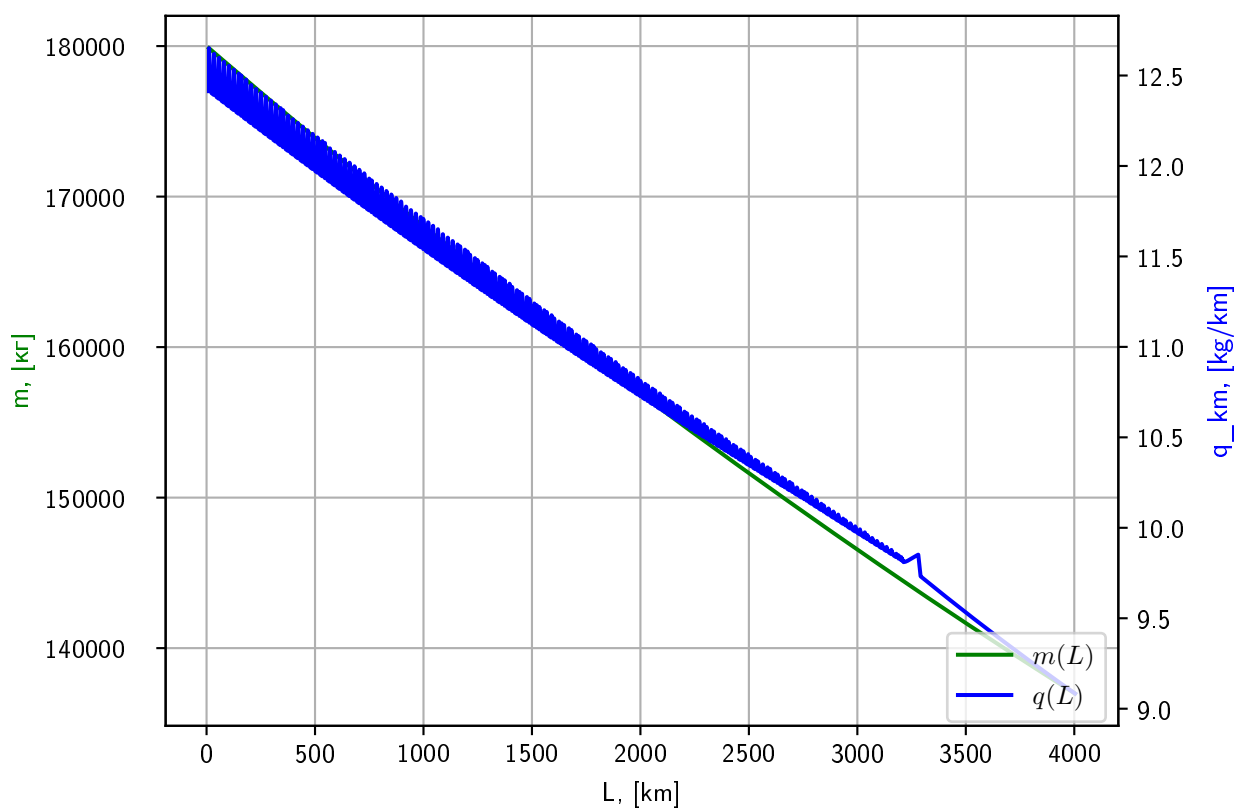


Рисунок 4 — График зависимости $q(L)$ и $m(L)$

3.3. Эшелонированный полет, высота меняется ступенчато с шагом 300 м

Таблица 3 — Полученные параметры

$q_{\text{км ср}}, \frac{\text{кг}}{\text{км}}$	8.5619
$L, \text{ м}$	4000
$m_{\text{созж.топл}}, \text{ кг}$	34301.74
$t_{\text{пол.}}, \text{ мин}$	368

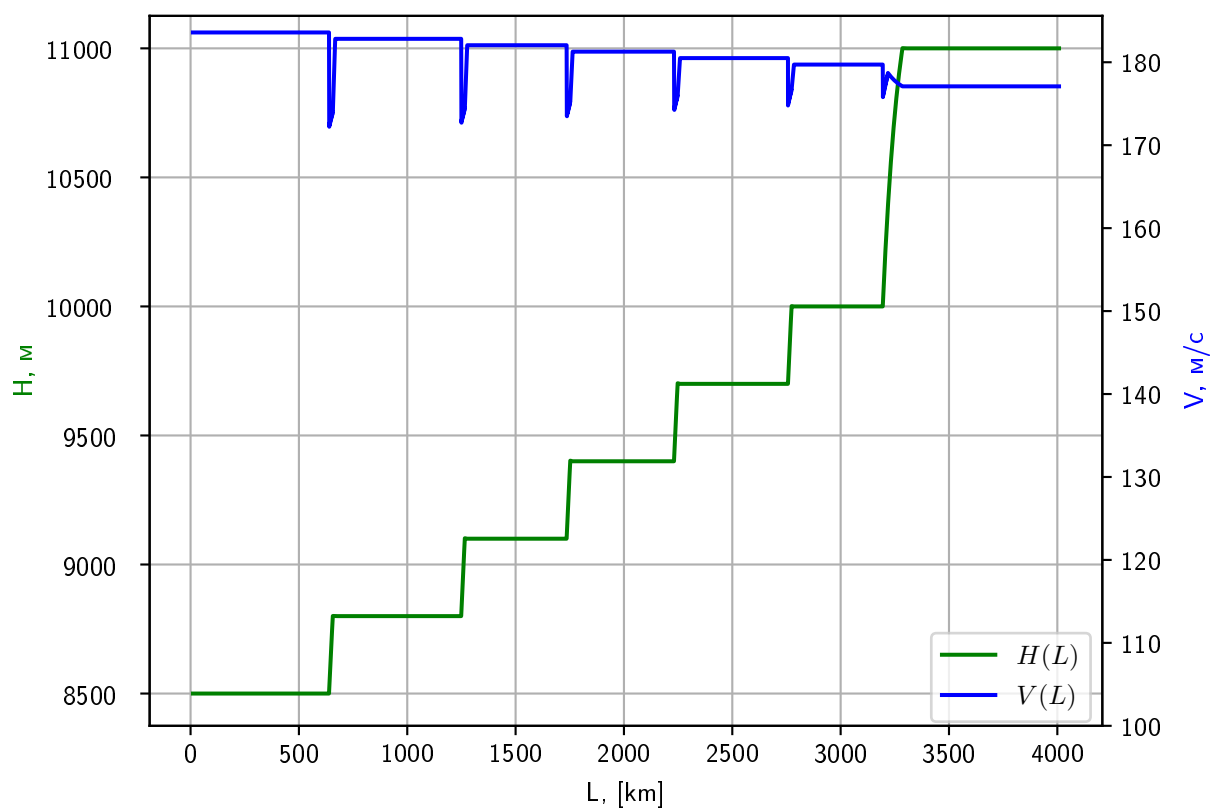


Рисунок 5 — График зависимости $H(L)$ и $V(L)$

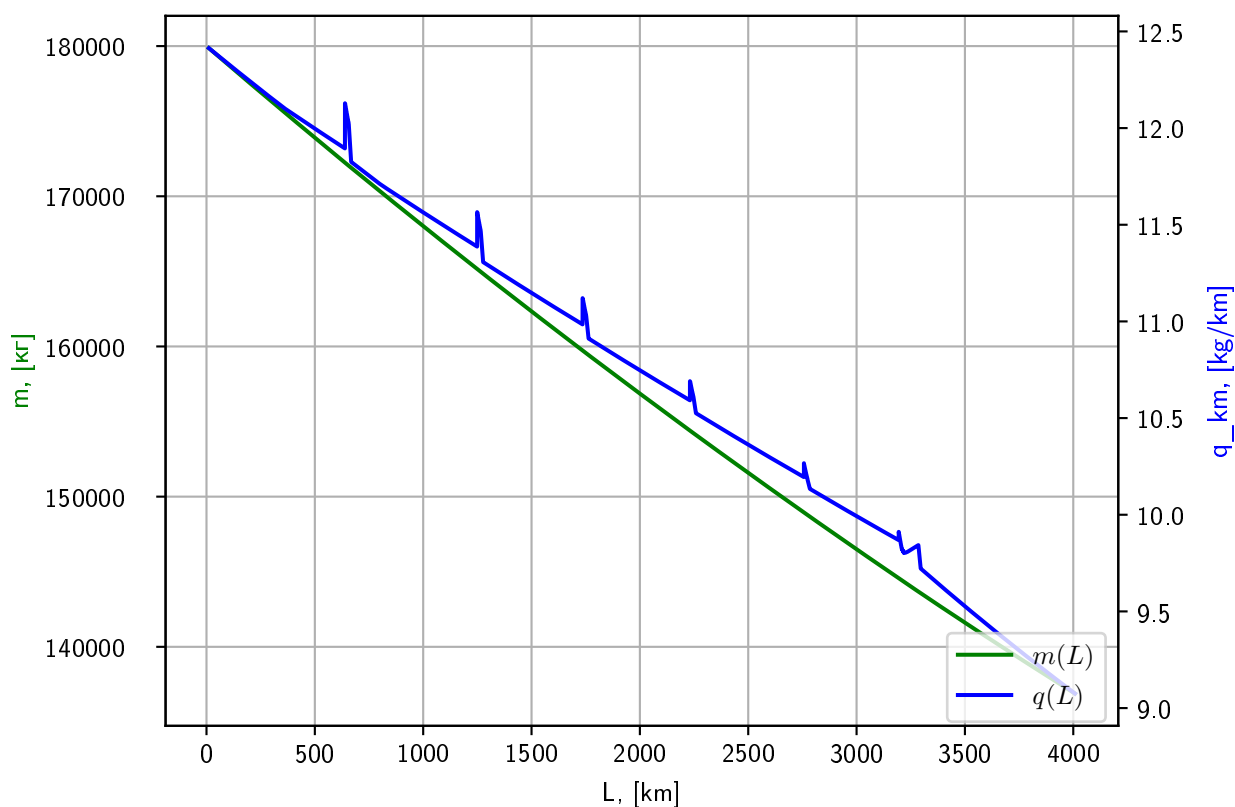


Рисунок 6 — График зависимости $q(L)$ и $q(L)$

m, тонн		H, м																							
		7000	7250	7500	7750	8000	8250	8500	8750	9000	9250	9500	9750	10000	10250	10500	10750	11000	11250	11500	11750	12000	12250	12500	12750
100.0	M	0.464	0.471	0.478	0.485	0.489	0.497	0.5	0.5	0.506	0.513	0.522	0.53	0.538	0.548	0.552	0.562	0.559	0.572	0.585	0.598	0.6	0.6	0.6	0.6
	q _{km}	9.262	9.116	8.974	8.836	8.38	8.245	8.114	7.993	7.881	7.772	7.666	7.562	7.46	7.343	7.225	7.109	6.619	6.309	6.578	6.557	6.54	6.536	6.545	6.567
	V	144.91	146.604	148.282	149.943	150.663	152.602	152.992	152.450	153.747	155.323	157.486	159.327	161.148	163.547	164.137	166.495	164.991	168.78	172.616	176.452	177.042	177.042	177.042	177.042
110.0	M	0.487	0.495	0.5	0.5	0.5	0.508	0.516	0.524	0.532	0.54	0.549	0.553	0.562	0.572	0.583	0.575	0.581	0.594	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.616
	q _{km}	9.733	9.384	9.438	9.302	8.862	8.734	8.61	8.489	8.371	8.256	8.143	8.034	7.929	7.803	7.674	7.575	7.182	7.171	7.161	7.163	7.178	7.208	7.251	7.302
	V	152.093	154.074	155.106	154.58	154.053	155.98	157.888	159.777	161.647	163.498	165.632	166.241	168.337	170.709	173.355	170.346	171.484	175.271	177.042	177.042	177.042	177.042	177.042	181.763
120.0	M	0.5	0.503	0.511	0.52	0.524	0.532	0.54	0.549	0.554	0.563	0.573	0.577	0.571	0.581	0.591	0.6	0.6	0.6	0.6	0.602	0.619	0.635	-	-
	q _{km}	10.176	10.038	9.903	9.771	9.348	9.214	9.084	8.956	8.834	8.715	8.598	8.483	8.401	8.317	8.236	8.157	7.784	7.792	7.812	7.847	7.897	7.954	8.011	-
	V	156.153	156.564	158.519	160.763	161.447	163.349	165.231	167.4	168.332	170.462	172.873	173.456	171.033	173.395	175.734	177.752	177.092	177.042	177.042	177.042	177.632	182.648	187.369	-
130.0	M	0.518	0.527	0.536	0.545	0.547	0.554	0.563	0.569	0.56	0.569	0.578	0.586	0.596	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.605	-	-	-	-
	q _{km}	10.626	10.483	10.344	10.207	9.807	9.668	9.533	9.402	9.293	9.207	9.127	9.033	8.983	8.898	8.825	8.763	8.452	8.494	8.549	8.621	8.709	-	-	-
	V	161.774	164.034	166.274	168.493	168.534	170.104	172.269	173.498	170.155	172.279	174.381	176.161	178.521	179.066	178.41	177.752	177.092	177.042	177.042	177.042	177.632	-	-	-
140.0	M	0.541	0.55	0.556	0.555	0.552	0.557	0.565	0.574	0.582	0.591	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.605	-	-	-	-
	q _{km}	11.041	10.894	10.733	10.62	10.259	10.15	10.049	9.933	9.863	9.779	9.7	9.631	9.576	9.511	9.472	9.49	9.36	9.44	9.534	-	-	-	-	-
	V	168.957	171.193	172.478	171.584	170.074	171.025	172.881	175.023	176.84	178.94	181.018	180.37	179.719	179.066	178.41	177.752	177.092	177.042	177.042	177.042	-	-	-	-
150.0	M	0.55	0.557	0.568	0.579	0.588	0.597	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.606	0.606	-	-	-	-	-	-	-
	q _{km}	11.487	11.374	11.265	11.165	10.818	10.71	10.61	10.515	10.427	10.352	10.292	10.246	10.236	10.24	10.276	10.331	10.379	-	-	-	-	-	-	-
	V	167.708	169.948	170.617	173.13	175.312	177.166	179.307	181.426	182.309	181.665	181.018	180.37	179.719	179.066	178.41	179.33	178.863	-	-	-	-	-	-	-
160.0	M	0.55	0.557	0.568	0.579	0.588	0.597	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.607	0.619	-	-	-	-	-	-	-	-
	q _{km}	120.29	119.24	11.82	11.716	11.369	11.263	11.165	11.083	11.016	10.965	10.949	10.977	11.026	11.077	11.138	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	V	171.768	173.372	176.201	179.004	181.166	183.307	183.59	182.951	182.309	181.665	181.018	180.37	179.719	179.066	178.41	179.33	178.863	-	-	-	-	-	-	-
170.0	M	0.564	0.575	0.587	0.598	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.605	0.619	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	q _{km}	12.58	12.473	12.365	12.258	11.917	11.826	11.75	11.691	11.678	11.699	11.741	11.806	11.881	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	V	176.14	178.975	182.095	184.878	184.863	184.228	183.59	182.951	182.309	181.665	181.018	181.873	185.41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
180.0	M	0.582	0.594	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.602	0.615	0.628	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	q _{km}	13.122	13.011	12.902	12.808	12.495	12.426	12.413	12.425	12.450	12.516	12.587	12.667	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	V	181.762	184.889	186.127	185.496	184.863	184.228	183.59	182.951	182.309	182.27	185.544	188.787	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
190.0	M	0.589	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.61	0.623	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	q _{km}	13.663	13.566	13.48	13.413	13.159	13.158	13.181	13.228	13.294	13.37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	V	183.948	186.756	186.127	185.496	184.863	184.228	183.59	182.951	185.347	188.629	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 4 — $q_{km} \left[\frac{\text{кг}}{\text{км}} \right], V \left[\frac{\text{м}}{\text{с}} \right]$

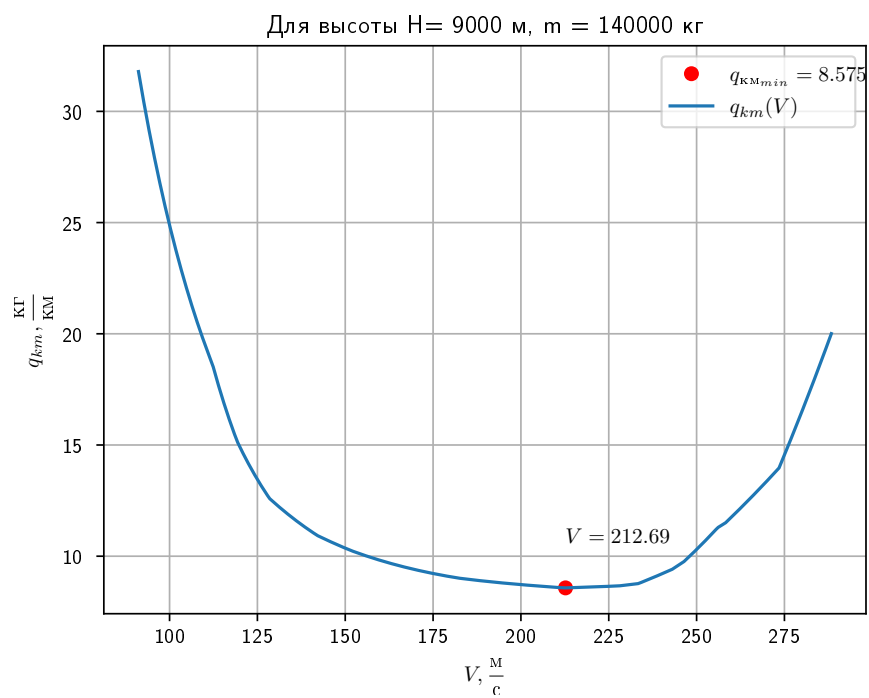


Рисунок 7 — График изменения q_{km}

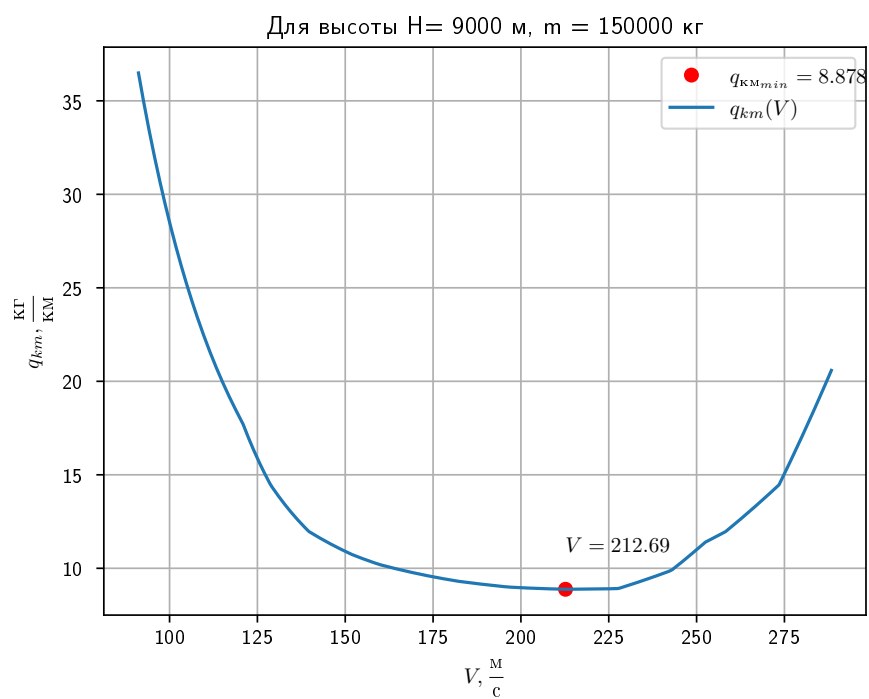


Рисунок 8 — График изменения q_{km}

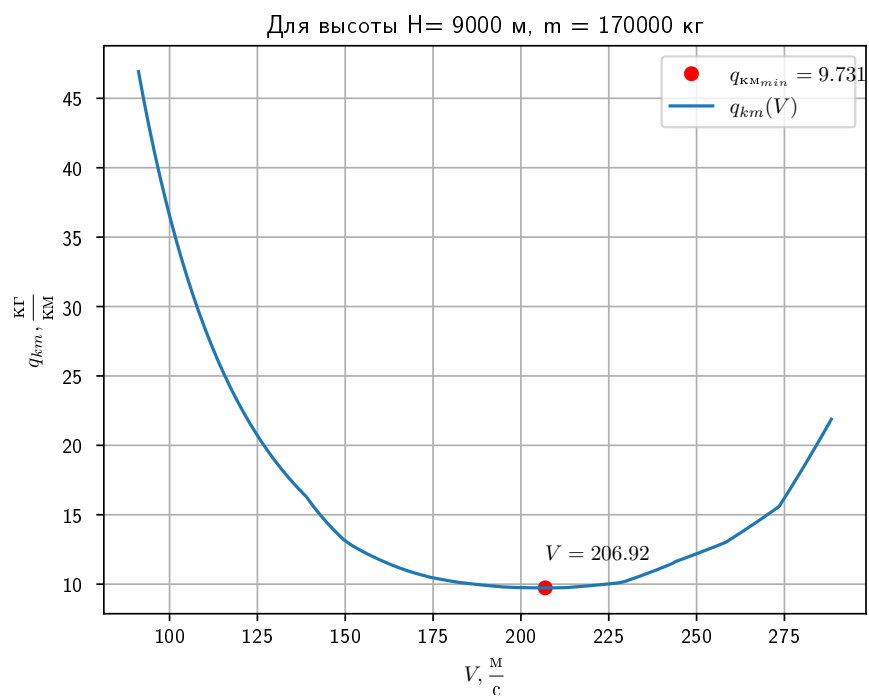


Рисунок 9 — График изменения q_{km}