

МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(национальный исследовательский университет)
Кафедра 101 "Проектирование и сертификация АТ"



Лабораторная работа №1

по дисциплине

"Основы проектирования конструкций самолёта
из композиционных материалов"

"Проектирование и расчёт составного
пояса лонжерона"

Задание Л-1-5

Выполнил: студент группы М1О-402С-18 Горобец С.

Проверил: профессор Попов Ю.И.

Москва 2022

1. Метод распределения усилий.

Элемент	Марка	E,МПа	σ_b,МПа	h, мм	ΣF*h,Н/мм	Ni,Н/мм	σ_i,МПа	ηi	ε,%
полка	B95	72000	640	6.85	733200.0	2950.3	430.7	1.49	0.88
панель	КМУ-11э	120000	900	2		1435.67	717.84	1.25	0.75
полка	B95	72000	640	6.85	763200.0	2834.33	413.77	1.55	0.88
панель	КМУ-7э	135000	900	2		1551.64	775.82	1.16	0.66
полка	B95	72000	640	6.85	759200.0	2849.26	415.95	1.54	0.88
панель	КМУ-7Т1А	133000	1400	2		1536.71	768.36	1.82	1.05
полка	B95	72000	640	6.85	923200.0	2343.11	342.06	1.87	0.88
панель	КМУ-7л	215000	970	2		2042.86	1021.43	0.95	0.45
полка	B95	72000	640	6.85	733200.0	2950.3	430.7	1.49	0.88
панель	КМУ-4э	120000	900	2		1435.67	717.84	1.25	0.75
полка	B95	72000	640	6.85	723200.0	2991.09	436.66	1.47	0.88
панель	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	2		1394.87	697.43	1.29	0.78
полка	B95	72000	640	6.85	622000.0	3477.75	507.7	1.26	0.88
панель	КМУ-7тр	64400	600	2		908.22	454.11	1.32	0.93
полка	D16AT	72000	420	10.44	991680.0	3324.5	318.44	1.32	0.58
панель	КМУ-11э	120000	900	2		1061.46	530.73	1.7	0.75

полка	D16AT	72000	420	10.44	1021680.0	3226.88	309.09	1.36	0.58
панель	КМУ-7э	135000	900	2		1159.08	579.54	1.55	0.66
полка	D16AT	72000	420	10.44	1017680.0	3239.57	310.3	1.35	0.58
панель	КМУ-7Т1А	133000	1400	2		1146.4	573.2	2.44	1.05
полка	D16AT	72000	420	10.44	1181680.0	2789.96	267.24	1.57	0.58
панель	КМУ-7л	215000	970	2		1596.0	798.0	1.22	0.45
полка	D16AT	72000	420	10.44	991680.0	3324.5	318.44	1.32	0.58
панель	КМУ-4э	120000	900	2		1061.46	530.73	1.7	0.75
полка	D16AT	72000	420	10.44	981680.0	3358.37	321.68	1.31	0.58
панель	КМУ-2м.120.Э01	115000	900	2		1027.6	513.8	1.75	0.78
полка	D16AT	72000	420	10.44	880480.0	3744.37	358.66	1.17	0.58
панель	КМУ-7тр	64400	600	2		641.6	320.8	1.87	0.93

2. Метод совместных деформаций.

Элемент	Марка	E,МПа	σ_b ,МПа	h,мм	Σh ,мм	h_	E_x,МПа	σ_x ,МПа	σ_i , МПа	η_i	ϵ ,%
полка	B95	72000	640	6.85	8.85	0.77	83040.0	495.59	429.7	1.49	0.88
панель	КМУ-11э	120000	900	2		0.23			716.17	1.26	0.75

полка	B95	72000	640	6.85	8.85	0.77	86490.0	495.59	412.56	1.55	0.88
панель	KMY-7э	135000	900	2		0.23			773.55	1.16	0.66
полка	B95	72000	640	6.85	8.85	0.77	86030.0	495.59	414.77	1.54	0.88
панель	KMY-7T1A	133000	1400	2		0.23			766.17	1.83	1.05
полка	B95	72000	640	6.85	8.85	0.77	104890.0	495.59	340.19	1.88	0.88
панель	KMY-7л	215000	970	2		0.23			1015.84	0.95	0.45
полка	B95	72000	640	6.85	8.85	0.77	83040.0	495.59	429.7	1.49	0.88
панель	KMY-4э	120000	900	2		0.23			716.17	1.26	0.75
полка	B95	72000	640	6.85	8.85	0.77	81890.0	495.59	435.74	1.47	0.88
панель	KMY-2м. 120.Э01	115000	900	2		0.23			695.97	1.29	0.78
полка	B95	72000	640	6.85	8.85	0.77	70252.0	495.59	507.92	1.26	0.88
панель	KMY-7тр	64400	600	2		0.23			454.31	1.32	0.93
полка	D16AT	72000	420	10.44	12.44	0.84	79680.0	352.57	318.59	1.32	0.58
панель	KMY-11э	120000	900	2		0.16			530.98	1.69	0.75
полка	D16AT	72000	420	10.44	12.44	0.84	82080.0	352.57	309.27	1.36	0.58
панель	KMY-7э	135000	900	2		0.16			579.88	1.55	0.66
полка	D16AT	72000	420	10.44	12.44	0.84	81760.0	352.57	310.48	1.35	0.58
панель	KMY-7T1A	133000	1400	2		0.16			573.53	2.44	1.05

полка	B95	72000	640	6.85	0.33	4.26	1029.57	339.76	1.88	0.88
панель	KMY-7л	215000	970	2	1.0			1029.57	0.94	0.45
полка	B95	72000	640	6.85	0.6	6.11	717.83	430.7	1.49	0.88
панель	KMY-4э	120000	900	2	1.0			717.83	1.25	0.75
полка	B95	72000	640	6.85	0.63	6.32	693.98	437.21	1.46	0.88
панель	KMY-2м. 120.Э01	115000	900	2	1.0			693.98	1.3	0.78
полка	B95	72000	640	6.85	1.12	9.67	453.56	507.99	1.26	0.88
панель	KMY-7тр	64400	600	2	1.0			453.56	1.32	0.93
полка	D16AT	72000	420	10.44	0.6	8.26	530.99	318.59	1.32	0.58
панель	KMY-11э	120000	900	2	1.0			530.99	1.69	0.75
полка	D16AT	72000	420	10.44	0.53	7.53	582.47	308.71	1.36	0.58
панель	KMY-7э	135000	900	2	1.0			582.47	1.55	0.66
полка	D16AT	72000	420	10.44	0.54	7.64	574.08	310.0	1.35	0.58
панель	KMY-7T1A	133000	1400	2	1.0			574.08	2.44	1.05
полка	D16AT	72000	420	10.44	0.33	5.45	804.76	265.57	1.58	0.58
панель	KMY-7л	215000	970	2	1.0			804.76	1.21	0.45
полка	D16AT	72000	420	10.44	0.6	8.26	530.99	318.59	1.32	0.58
панель	KMY-4э	120000	900	2	1.0			530.99	1.69	0.75

полка	D16AT	72000	420	10.44	0.63	8.58	511.18	322.04	1.3	0.58
панель	KMY-2м. 120.Э01	115000	900	2	1.0			511.18	1.76	0.78
полка	D16AT	72000	420	10.44	1.12	13.69	320.38	358.83	1.17	0.58
панель	KMY-7тр	64400	600	2	1.0			320.38	1.87	0.93

Вариант КМ + Ме

1. Метод распределения усилий.

Элемент	Марка	E,МПа	σ_b ,МПа	h, мм	$\Sigma E \cdot h$,Н/мм	Ni,Н/мм	σ_i ,МПа	η_i	ε ,%
полка	KMY-11э	120000	900	4.87	728400.0	3518.89	722.56	1.25	0.75
панель	D16AT	72000	420	2		867.08	433.54	0.97	0.58
полка	KMY-7э	135000	900	4.87	801450.0	3597.92	738.79	1.22	0.66
панель	D16AT	72000	420	2		788.05	394.02	1.07	0.58
полка	KMY-7T1A	133000	1400	3.13	560290.0	3258.73	1041.13	1.34	1.05
панель	D16AT	72000	420	2		1127.24	563.62	0.75	0.58
полка	KMY-7л	215000	970	4.52	1115800.0	3819.93	845.12	1.15	0.45
панель	D16AT	72000	420	2		566.03	283.01	1.48	0.58
полка	KMY-4э	120000	900	4.87	728400.0	3518.89	722.56	1.25	0.75
панель	D16AT	72000	420	2		867.08	433.54	0.97	0.58

полка	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	4.87	704050.0	3488.9	716.41	1.26	0.78
панель	D16AT	72000	420	2		897.07	448.54	0.94	0.58
полка	КМУ-7тр	64400	600	7.31	614764.0	3358.61	459.45	1.31	0.93
панель	D16AT	72000	420	2		1027.35	513.67	0.82	0.58
полка	КМУ-11э	120000	900	4.87	804400.0	3186.42	654.3	1.38	0.75
панель	ОТ-4	110000	700	2		1199.54	599.77	1.17	0.64
полка	КМУ-7э	135000	900	4.87	877450.0	3286.29	674.8	1.33	0.66
панель	ОТ-4	110000	700	2		1099.68	549.84	1.27	0.64
полка	КМУ-7Т1А	133000	1400	3.13	636290.0	2869.5	916.77	1.53	1.05
панель	ОТ-4	110000	700	2		1516.47	758.24	0.92	0.64
полка	КМУ-7л	215000	970	4.52	1191800.0	3576.34	791.23	1.23	0.45
панель	ОТ-4	110000	700	2		809.63	404.81	1.73	0.64
полка	КМУ-4э	120000	900	4.87	804400.0	3186.42	654.3	1.38	0.75
панель	ОТ-4	110000	700	2		1199.54	599.77	1.17	0.64
полка	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	4.87	780050.0	3148.98	646.61	1.39	0.78
панель	ОТ-4	110000	700	2		1236.99	618.5	1.13	0.64
полка	КМУ-7тр	64400	600	7.31	690764.0	2989.09	408.9	1.47	0.93
панель	ОТ-4	110000	700	2		1396.88	698.44	1.0	0.64

2. Метод совместных деформаций.

Элемент	Марка	E,МПа	σ_b ,МПа	h,мм	Σh ,мм	h _г	E _х ,МПа	σ_x ,МПа	σ_i , МПа	η_i	ε ,%
полка	KMY-11э	120000	900	4.87	6.87	0.71	106080.0	638.42	722.19	1.25	0.75
панель	D16AT	72000	420	2		0.29			433.32	0.97	0.58
полка	KMY-7э	135000	900	4.87	6.87	0.71	116730.0	638.42	738.34	1.22	0.66
панель	D16AT	72000	420	2		0.29			393.78	1.07	0.58
полка	KMY-7T1A	133000	1400	3.13	5.13	0.61	109210.0	854.96	1041.2	1.34	1.05
панель	D16AT	72000	420	2		0.39			563.66	0.75	0.58
полка	KMY-7л	215000	970	4.52	6.52	0.69	170670.0	672.69	847.42	1.14	0.45
панель	D16AT	72000	420	2		0.31			283.79	1.48	0.58
полка	KMY-4э	120000	900	4.87	6.87	0.71	106080.0	638.42	722.19	1.25	0.75
панель	D16AT	72000	420	2		0.29			433.32	0.97	0.58
полка	KMY-2м.120.Э01	115000	900	4.87	6.87	0.71	102530.0	638.42	716.07	1.26	0.78
панель	D16AT	72000	420	2		0.29			448.32	0.94	0.58
полка	KMY-7тр	64400	600	7.31	9.31	0.79	65996.0	471.1	459.71	1.31	0.93
панель	D16AT	72000	420	2		0.21			513.96	0.82	0.58
полка	KMY-11э	120000	900	4.87	6.87	0.71	117100.0	638.42	654.23	1.38	0.75
панель	OT-4	110000	700	2		0.29			599.71	1.17	0.64

полка	КМУ-7э	135000	900	4.87	6.87	0.71	127750.0	638.42	674.65	1.33	0.66
панель	ОТ-4	110000	700	2		0.29			549.72	1.27	0.64
полка	КМУ-7Т1А	133000	1400	3.13	5.13	0.61	124030.0	854.96	916.79	1.53	1.05
панель	ОТ-4	110000	700	2		0.39			758.25	0.92	0.64
полка	КМУ-7л	215000	970	4.52	6.52	0.69	182450.0	672.69	792.7	1.22	0.45
панель	ОТ-4	110000	700	2		0.31			405.57	1.73	0.64
полка	КМУ-4э	120000	900	4.87	6.87	0.71	117100.0	638.42	654.23	1.38	0.75
панель	ОТ-4	110000	700	2		0.29			599.71	1.17	0.64
полка	КМУ-2м.120.Э01	115000	900	4.87	6.87	0.71	113550.0	638.42	646.57	1.39	0.78
панель	ОТ-4	110000	700	2		0.29			618.46	1.13	0.64
полка	КМУ-7тр	64400	600	7.31	9.31	0.79	73976.0	471.1	410.12	1.46	0.93
панель	ОТ-4	110000	700	2		0.21			700.51	1.0	0.64

3. Метод редукционных коэффициентов.

Элемент	Марка	E,МПа	σ_b ,МПа	h,мм	φ_i	h_ред,мм	$\sigma_{ред}$,МПа	σ_i ,МПа	η_i	ε ,%
полка	KМУ-11Э	120000	900	4.87	1.67	10.13	432.97	723.06	1.24	0.75
панель	D16AT	72000	420	2	1.0			432.97	0.97	0.58

полка	КМУ-7э	135000	900	4.87	1.88	11.16	393.01	738.86	1.22	0.66
панель	D16AT	72000	420	2	1.0			393.01	1.07	0.58
полка	КМУ-7Т1А	133000	1400	3.13	1.85	7.79	563.03	1041.61	1.34	1.05
панель	D16AT	72000	420	2	1.0			563.03	0.75	0.58
полка	КМУ-7л	215000	970	4.52	2.99	15.51	282.78	845.51	1.15	0.45
панель	D16AT	72000	420	2	1.0			282.78	1.49	0.58
полка	КМУ-4э	120000	900	4.87	1.67	10.13	432.97	723.06	1.24	0.75
панель	D16AT	72000	420	2	1.0			432.97	0.97	0.58
полка	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	4.87	1.6	9.79	448.0	716.8	1.26	0.78
панель	D16AT	72000	420	2	1.0			448.0	0.94	0.58
полка	КМУ-7тр	64400	600	7.31	0.89	8.51	515.39	458.7	1.31	0.93
панель	D16AT	72000	420	2	1.0			515.39	0.81	0.58
полка	КМУ-11э	120000	900	4.87	1.09	7.31	600.0	654.0	1.38	0.75
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			600.0	1.17	0.64
полка	КМУ-7э	135000	900	4.87	1.23	7.99	548.93	675.18	1.33	0.66
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			548.93	1.28	0.64
полка	КМУ-7Т1А	133000	1400	3.13	1.21	5.79	757.51	916.59	1.53	1.05
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			757.51	0.92	0.64

полка	КМУ-7л	215000	970	4.52	1.95	10.81	405.73	791.17	1.23	0.45
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			405.73	1.73	0.64
полка	КМУ-4э	120000	900	4.87	1.09	7.31	600.0	654.0	1.38	0.75
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			600.0	1.17	0.64
полка	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	4.87	1.05	7.11	616.87	647.71	1.39	0.78
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			616.87	1.13	0.64
полка	КМУ-7тр	64400	600	7.31	0.59	6.31	695.08	410.1	1.46	0.93
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			695.08	1.01	0.64