

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-1-3

Выполнил: студент группы М1О-402С-18 Данилевский А.

Проверил: профессор Попов Ю.И.

Москва 2022

Вариант Ме + КМ

1. Метод распределения усилий.

Элемент	Марка	E,МПа	σ_b,МПа	h, мм	ΣE*h,Н/мм	Ni,Н/мм	σ_i,МПа	ηi	ε,%
полка	30ХГСА	210000	1100	3.74	1069400.0	3022.06	808.04	1.36	0.52
панель	КМУ-7 э-0,1	142000	1130	2		1092.77	546.38	2.07	0.8
полка	30ХГСА	210000	1100	3.74	925400.0	3492.32	933.78	1.18	0.52
панель	КМУ-11тр	70000	630	2		622.52	311.26	2.02	0.9
полка	30ХГСА	210000	1100	3.74	1025400.0	3151.74	842.71	1.31	0.52
панель	КМУ-11э	120000	900	2		963.1	481.55	1.87	0.75
полка	30ХГСА	210000	1100	3.74	1055400.0	3062.15	818.76	1.34	0.52
панель	КМУ-7э	135000	900	2		1052.69	526.35	1.71	0.66
полка	30ХГСА	210000	1100	3.74	1051400.0	3073.8	821.87	1.34	0.52
панель	КМУ-7Т1А	133000	1400	2		1041.04	520.52	2.69	1.05
полка	30ХГСА	210000	1100	3.74	1215400.0	2659.03	710.97	1.55	0.52
панель	КМУ-7л	215000	970	2		1455.8	727.9	1.33	0.45
полка	30ХГСА	210000	1100	3.74	1025400.0	3151.74	842.71	1.31	0.52
панель	КМУ-4э	120000	900	2		963.1	481.55	1.87	0.75
полка	В95	72000	640	6.43	746960.0	2550.34	396.63	1.61	0.88
панель	КМУ-7 э-0,1	142000	1130	2		1564.49	782.25	1.44	0.8

полка	B95	72000	640	6.43	602960.0	3159.42	491.36	1.3	0.88
панель	КМУ-11тр	70000	630	2		955.41	477.7	1.32	0.9
полка	B95	72000	640	6.43	702960.0	2709.97	421.46	1.52	0.88
панель	КМУ-11э	120000	900	2		1404.86	702.43	1.28	0.75
полка	B95	72000	640	6.43	732960.0	2599.05	404.21	1.58	0.88
панель	КМУ-7э	135000	900	2		1515.78	757.89	1.19	0.66
полка	B95	72000	640	6.43	728960.0	2613.32	406.43	1.57	0.88
панель	КМУ-7Т1А	133000	1400	2		1501.52	750.76	1.86	1.05
полка	B95	72000	640	6.43	892960.0	2133.36	331.78	1.93	0.88
панель	КМУ-7л	215000	970	2		1981.48	990.74	0.98	0.45
полка	B95	72000	640	6.43	702960.0	2709.97	421.46	1.52	0.88
панель	КМУ-4э	120000	900	2		1404.86	702.43	1.28	0.75

2. Метод совместных деформаций.

[illegible]

полка	30XГСА	210000	1100	3.74	5.74	0.65	161000.0	716.87	935.05	1.18	0.52
панель	КМУ-11тр	70000	630	2		0.35			311.68	2.02	0.9
полка	30XГСА	210000	1100	3.74	5.74	0.65	178500.0	716.87	843.38	1.3	0.52
панель	КМУ-11э	120000	900	2		0.35			481.93	1.87	0.75
полка	30XГСА	210000	1100	3.74	5.74	0.65	183750.0	716.87	819.28	1.34	0.52
панель	КМУ-7э	135000	900	2		0.35			526.68	1.71	0.66
полка	30XГСА	210000	1100	3.74	5.74	0.65	183050.0	716.87	822.41	1.34	0.52
панель	КМУ-7Т1А	133000	1400	2		0.35			520.86	2.69	1.05
полка	30XГСА	210000	1100	3.74	5.74	0.65	211750.0	716.87	710.95	1.55	0.52
панель	КМУ-7л	215000	970	2		0.35			727.87	1.33	0.45
полка	30XГСА	210000	1100	3.74	5.74	0.65	178500.0	716.87	843.38	1.3	0.52
панель	КМУ-4э	120000	900	2		0.35			481.93	1.87	0.75
полка	В95	72000	640	6.43	8.43	0.76	88800.0	488.12	395.77	1.62	0.88
панель	КМУ-7э-0,1	142000	1130	2		0.24			780.55	1.45	0.8
полка	В95	72000	640	6.43	8.43	0.76	71520.0	488.12	491.4	1.3	0.88
панель	КМУ-11тр	70000	630	2		0.24			477.75	1.32	0.9
полка	В95	72000	640	6.43	8.43	0.76	83520.0	488.12	420.79	1.52	0.88
панель	КМУ-11э	120000	900	2		0.24			701.32	1.28	0.75

полка	30XГСА	210000	1100	3.74	1.56	7.83	525.52	819.81	1.34	0.52
панель	КМУ-7э	135000	900	2	1.0			525.52	1.71	0.66
полка	30XГСА	210000	1100	3.74	1.58	7.91	520.21	821.93	1.34	0.52
панель	КМУ-7Т1А	133000	1400	2	1.0			520.21	2.69	1.05
полка	30XГСА	210000	1100	3.74	0.98	5.67	725.72	711.21	1.55	0.52
панель	КМУ-7л	215000	970	2	1.0			725.72	1.34	0.45
полка	30XГСА	210000	1100	3.74	1.75	8.54	481.83	843.2	1.3	0.52
панель	КМУ-4э	120000	900	2	1.0			481.83	1.87	0.75
полка	В95	72000	640	6.43	0.51	5.28	779.32	397.45	1.61	0.88
панель	КМУ-7э-0,1	142000	1130	2	1.0			779.32	1.45	0.8
полка	В95	72000	640	6.43	1.03	8.62	477.36	491.68	1.3	0.88
панель	КМУ-11тр	70000	630	2	1.0			477.36	1.32	0.9
полка	В95	72000	640	6.43	0.6	5.86	702.19	421.31	1.52	0.88
панель	КМУ-11э	120000	900	2	1.0			702.19	1.28	0.75
полка	В95	72000	640	6.43	0.53	5.41	760.6	403.12	1.59	0.88
панель	КМУ-7э	135000	900	2	1.0			760.6	1.18	0.66
полка	В95	72000	640	6.43	0.54	5.47	752.25	406.22	1.58	0.88
панель	КМУ-7Т1А	133000	1400	2	1.0			752.25	1.86	1.05

полка	КМУ-7л	215000	970	4.24	1331600.0	2816.97	664.38	1.46	0.45
панель	30ХГСА	210000	1100	2		1297.86	648.93	1.7	0.52
полка	КМУ-4э	120000	900	4.57	968400.0	2330.21	509.89	1.77	0.75
панель	30ХГСА	210000	1100	2		1784.62	892.31	1.23	0.52
полка	КМУ-7 э-0,1	142000	1130	3.64	660880.0	3218.25	884.13	1.28	0.8
панель	D16AT	72000	420	2		896.59	448.3	0.94	0.58
полка	КМУ-11тр	70000	630	6.53	601100.0	3129.08	479.19	1.31	0.9
панель	D16AT	72000	420	2		985.75	492.88	0.85	0.58
полка	КМУ-11э	120000	900	4.57	692400.0	3259.06	713.14	1.26	0.75
панель	D16AT	72000	420	2		855.77	427.88	0.98	0.58
полка	КМУ-7э	135000	900	4.57	760950.0	3336.15	730.01	1.23	0.66
панель	D16AT	72000	420	2		778.68	389.34	1.08	0.58
полка	КМУ-7Т1А	133000	1400	2.94	535020.0	3007.33	1022.9	1.37	1.05
панель	D16AT	72000	420	2		1107.5	553.75	0.76	0.58
полка	КМУ-7л	215000	970	4.24	1055600.0	3553.51	838.09	1.16	0.45
панель	D16AT	72000	420	2		561.33	280.67	1.5	0.58
полка	КМУ-4э	120000	900	4.57	692400.0	3259.06	713.14	1.26	0.75
панель	D16AT	72000	420	2		855.77	427.88	0.98	0.58

полка	КМУ-7 э-0,1	142000	1130	3.64	736880.0	2886.32	792.95	1.43	0.8
панель	ОТ-4	110000	700	2		1228.51	614.25	1.14	0.64
полка	КМУ-11тр	70000	630	6.53	677100.0	2777.86	425.4	1.48	0.9
панель	ОТ-4	110000	700	2		1336.97	668.49	1.05	0.64
полка	КМУ-11э	120000	900	4.57	768400.0	2936.72	642.61	1.4	0.75
панель	ОТ-4	110000	700	2		1178.11	589.05	1.19	0.64
полка	КМУ-7э	135000	900	4.57	836950.0	3033.21	663.72	1.36	0.66
панель	ОТ-4	110000	700	2		1081.62	540.81	1.29	0.64
полка	КМУ-7Т1А	133000	1400	2.94	611020.0	2633.27	895.67	1.56	1.05
панель	ОТ-4	110000	700	2		1481.56	740.78	0.94	0.64
полка	КМУ-7л	215000	970	4.24	1131600.0	3314.85	781.8	1.24	0.45
панель	ОТ-4	110000	700	2		799.99	400.0	1.75	0.64
полка	КМУ-4э	120000	900	4.57	768400.0	2936.72	642.61	1.4	0.75
панель	ОТ-4	110000	700	2		1178.11	589.05	1.19	0.64

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	КМУ-7 э-0,1	142000	1130	3.64	5.64	0.65	165800.0	729.58	624.85	1.81	0.8
панель	30ХГСА	210000	1100	2		0.35			924.08	1.19	0.52
полка	КМУ-11тр	70000	630	6.53	8.53	0.77	102200.0	482.4	330.41	1.91	0.9
панель	30ХГСА	210000	1100	2		0.23			991.23	1.11	0.52
полка	КМУ-11э	120000	900	4.57	6.57	0.7	147000.0	626.31	511.27	1.76	0.75
панель	30ХГСА	210000	1100	2		0.3			894.73	1.23	0.52
полка	КМУ-7э	135000	900	4.57	6.57	0.7	157500.0	626.31	536.84	1.68	0.66
панель	30ХГСА	210000	1100	2		0.3			835.08	1.32	0.52
полка	КМУ-7Т1А	133000	1400	2.94	4.94	0.6	163800.0	832.96	676.34	2.07	1.05
панель	30ХГСА	210000	1100	2		0.4			1067.9	1.03	0.52
полка	КМУ-7л	215000	970	4.24	6.24	0.68	213400.0	659.43	664.37	1.46	0.45
панель	30ХГСА	210000	1100	2		0.32			648.92	1.7	0.52
полка	КМУ-4э	120000	900	4.57	6.57	0.7	147000.0	626.31	511.27	1.76	0.75
панель	30ХГСА	210000	1100	2		0.3			894.73	1.23	0.52
полка	КМУ-7 э-0,1	142000	1130	3.64	5.64	0.65	117500.0	729.58	881.71	1.28	0.8
панель	D16AT	72000	420	2		0.35			447.06	0.94	0.58
полка	КМУ-11тр	70000	630	6.53	8.53	0.77	70460.0	482.4	479.25	1.31	0.9
панель	D16AT	72000	420	2		0.23			492.94	0.85	0.58

полка	КМУ-11э	120000	900	4.57	6.57	0.7	105600.0	626.31	711.72	1.26	0.75
панель	D16AT	72000	420	2		0.3			427.03	0.98	0.58
полка	КМУ-7э	135000	900	4.57	6.57	0.7	116100.0	626.31	728.27	1.24	0.66
панель	D16AT	72000	420	2		0.3			388.41	1.08	0.58
полка	КМУ-7Т1А	133000	1400	2.94	4.94	0.6	108600.0	832.96	1020.11	1.37	1.05
панель	D16AT	72000	420	2		0.4			552.24	0.76	0.58
полка	КМУ-7л	215000	970	4.24	6.24	0.68	169240.0	659.43	837.73	1.16	0.45
панель	D16AT	72000	420	2		0.32			280.54	1.5	0.58
полка	КМУ-4э	120000	900	4.57	6.57	0.7	105600.0	626.31	711.72	1.26	0.75
панель	D16AT	72000	420	2		0.3			427.03	0.98	0.58
полка	КМУ-7э-0,1	142000	1130	3.64	5.64	0.65	130800.0	729.58	792.05	1.43	0.8
панель	ОТ-4	110000	700	2		0.35			613.56	1.14	0.64
полка	КМУ-11тр	70000	630	6.53	8.53	0.77	79200.0	482.4	426.36	1.48	0.9
панель	ОТ-4	110000	700	2		0.23			670.0	1.04	0.64
полка	КМУ-11э	120000	900	4.57	6.57	0.7	117000.0	626.31	642.37	1.4	0.75
панель	ОТ-4	110000	700	2		0.3			588.84	1.19	0.64
полка	КМУ-7э	135000	900	4.57	6.57	0.7	127500.0	626.31	663.15	1.36	0.66
панель	ОТ-4	110000	700	2		0.3			540.35	1.3	0.64

полка	КМУ-7Т1А	133000	1400	2.94	4.94	0.6	123800.0	832.96	894.86	1.56	1.05
панель	ОТ-4	110000	700	2		0.4			740.11	0.95	0.64
полка	КМУ-7л	215000	970	4.24	6.24	0.68	181400.0	659.43	781.57	1.24	0.45
панель	ОТ-4	110000	700	2		0.32			399.87	1.75	0.64
полка	КМУ-4э	120000	900	4.57	6.57	0.7	117000.0	626.31	642.37	1.4	0.75
панель	ОТ-4	110000	700	2		0.3			588.84	1.19	0.64

3. Метод редукционных коэффициентов.

Элемент	Марка	Е,МПа	σ_b ,МПа	h,мм	φ_i	h_ред,мм	$\sigma_{ред}$,МПа	σ_i ,МПа	η_i	ε ,%
полка	КМУ-7 э-0,1	142000	1130	3.64	0.68	4.48	918.49	624.57	1.81	0.8
панель	30ХГСА	210000	1100	2	1.0			918.49	1.2	0.52
полка	КМУ-11тр	70000	630	6.53	0.33	4.15	991.53	327.2	1.93	0.9
панель	30ХГСА	210000	1100	2	1.0			991.53	1.11	0.52
полка	КМУ-11э	120000	900	4.57	0.57	4.6	894.53	509.88	1.77	0.75
панель	30ХГСА	210000	1100	2	1.0			894.53	1.23	0.52
полка	КМУ-7э	135000	900	4.57	0.64	4.92	836.35	535.26	1.68	0.66
панель	30ХГСА	210000	1100	2	1.0			836.35	1.32	0.52

полка	КМУ-7Т1А	133000	1400	2.94	0.63	3.85	1068.79	673.34	2.08	1.05
панель	30ХГСА	210000	1100	2	1.0			1068.79	1.03	0.52
полка	КМУ-7л	215000	970	4.24	1.02	6.32	651.08	664.1	1.46	0.45
панель	30ХГСА	210000	1100	2	1.0			651.08	1.69	0.52
полка	КМУ-4э	120000	900	4.57	0.57	4.6	894.53	509.88	1.77	0.75
панель	30ХГСА	210000	1100	2	1.0			894.53	1.23	0.52
полка	КМУ-7э-0,1	142000	1130	3.64	1.97	9.17	448.73	884.0	1.28	0.8
панель	D16АТ	72000	420	2	1.0			448.73	0.94	0.58
полка	КМУ-11тр	70000	630	6.53	0.97	8.33	493.98	479.16	1.31	0.9
панель	D16АТ	72000	420	2	1.0			493.98	0.85	0.58
полка	КМУ-11э	120000	900	4.57	1.67	9.63	427.29	713.57	1.26	0.75
панель	D16АТ	72000	420	2	1.0			427.29	0.98	0.58
полка	КМУ-7э	135000	900	4.57	1.88	10.59	388.56	730.49	1.23	0.66
панель	D16АТ	72000	420	2	1.0			388.56	1.08	0.58
полка	КМУ-7Т1А	133000	1400	2.94	1.85	7.44	553.07	1023.18	1.37	1.05
панель	D16АТ	72000	420	2	1.0			553.07	0.76	0.58
полка	КМУ-7л	215000	970	4.24	2.99	14.68	280.3	838.1	1.16	0.45
панель	D16АТ	72000	420	2	1.0			280.3	1.5	0.58

полка	КМУ-4э	120000	900	4.57	1.67	9.63	427.29	713.57	1.26	0.75
панель	D16AT	72000	420	2	1.0			427.29	0.98	0.58
полка	КМУ-7 э-0,1	142000	1130	3.64	1.29	6.7	614.15	792.25	1.43	0.8
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			614.15	1.14	0.64
полка	КМУ-11тр	70000	630	6.53	0.64	6.18	665.83	426.13	1.48	0.9
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			665.83	1.05	0.64
полка	КМУ-11э	120000	900	4.57	1.09	6.98	589.52	642.58	1.4	0.75
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			589.52	1.19	0.64
полка	КМУ-7э	135000	900	4.57	1.23	7.62	540.0	664.2	1.36	0.66
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			540.0	1.3	0.64
полка	КМУ-7Т1А	133000	1400	2.94	1.21	5.56	740.08	895.5	1.56	1.05
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			740.08	0.95	0.64
полка	КМУ-7л	215000	970	4.24	1.95	10.27	400.67	781.31	1.24	0.45
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			400.67	1.75	0.64
полка	КМУ-4э	120000	900	4.57	1.09	6.98	589.52	642.58	1.4	0.75
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			589.52	1.19	0.64