

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-1-4

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

Проверил: профессор Попов Ю.И.

Москва 2022

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	BT20	110000	1000	4.12	593200.0	3146.88	763.81	1.31	0.9
панель	КМУ-11тр	70000	630	2		972.12	486.06	1.3	0.9
полка	BT20	110000	1000	4.12	693200.0	2692.91	653.62	1.53	0.9
панель	КМУ-11э	120000	900	2		1426.08	713.04	1.26	0.75
полка	BT20	110000	1000	4.12	723200.0	2581.21	626.51	1.6	0.9
панель	КМУ-7э	135000	900	2		1537.79	768.89	1.17	0.66
полка	BT20	110000	1000	4.12	719200.0	2595.56	629.99	1.59	0.9
панель	КМУ-7Т1А	133000	1400	2		1523.43	761.72	1.84	1.05
полка	BT20	110000	1000	4.12	883200.0	2113.6	513.01	1.95	0.9
панель	КМУ-7л	215000	970	2		2005.4	1002.7	0.97	0.45
полка	BT20	110000	1000	4.12	693200.0	2692.91	653.62	1.53	0.9
панель	КМУ-4э	120000	900	2		1426.08	713.04	1.26	0.75
полка	BT20	110000	1000	4.12	683200.0	2732.33	663.19	1.51	0.9
панель	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	2		1386.66	693.33	1.3	0.78
полка	ОТ-4	110000	700	5.88	786800.0	3386.08	575.86	1.22	0.64
панель	КМУ-11тр	70000	630	2		732.92	366.46	1.72	0.9

полка	ОТ-4	110000	700	5.88	886800.0	3004.25	510.93	1.37	0.64
панель	КМУ-11э	120000	900	2		1114.75	557.38	1.61	0.75
полка	ОТ-4	110000	700	5.88	916800.0	2905.94	494.21	1.42	0.64
панель	КМУ-7э	135000	900	2		1213.05	606.52	1.48	0.66
полка	ОТ-4	110000	700	5.88	912800.0	2918.67	496.37	1.41	0.64
панель	КМУ-7Т1А	133000	1400	2		1200.32	600.16	2.33	1.05
полка	ОТ-4	110000	700	5.88	1076800.0	2474.15	420.77	1.66	0.64
панель	КМУ-7л	215000	970	2		1644.84	822.42	1.18	0.45
полка	ОТ-4	110000	700	5.88	886800.0	3004.25	510.93	1.37	0.64
панель	КМУ-4э	120000	900	2		1114.75	557.38	1.61	0.75
полка	ОТ-4	110000	700	5.88	876800.0	3038.51	516.75	1.35	0.64
панель	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	2		1080.48	540.24	1.67	0.78

2. Метод совместных деформаций.

[illegible]

полка	BT20	110000	1000	4.12	6.12	0.67	113300.0	673.04	653.44	1.53	0.9
панель	КМУ-11э	120000	900	2		0.33			712.84	1.26	0.75
полка	BT20	110000	1000	4.12	6.12	0.67	118250.0	673.04	626.08	1.6	0.9
панель	КМУ-7э	135000	900	2		0.33			768.38	1.17	0.66
полка	BT20	110000	1000	4.12	6.12	0.67	117590.0	673.04	629.6	1.59	0.9
панель	КМУ-7Т1А	133000	1400	2		0.33			761.24	1.84	1.05
полка	BT20	110000	1000	4.12	6.12	0.67	144650.0	673.04	511.82	1.95	0.9
панель	КМУ-7л	215000	970	2		0.33			1000.37	0.97	0.45
полка	BT20	110000	1000	4.12	6.12	0.67	113300.0	673.04	653.44	1.53	0.9
панель	КМУ-4э	120000	900	2		0.33			712.84	1.26	0.75
полка	BT20	110000	1000	4.12	6.12	0.67	111650.0	673.04	663.09	1.51	0.9
панель	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	2		0.33			693.23	1.3	0.78
полка	ОТ-4	110000	700	5.88	7.88	0.75	100000.0	522.71	574.98	1.22	0.64
панель	КМУ-11тр	70000	630	2		0.25			365.9	1.72	0.9
полка	ОТ-4	110000	700	5.88	7.88	0.75	112500.0	522.71	511.09	1.37	0.64
панель	КМУ-11э	120000	900	2		0.25			557.56	1.61	0.75
полка	ОТ-4	110000	700	5.88	7.88	0.75	116250.0	522.71	494.61	1.42	0.64
панель	КМУ-7э	135000	900	2		0.25			607.02	1.48	0.66

полка	ОТ-4	110000	700	5.88	7.88	0.75	115750.0	522.71	496.74	1.41	0.64
панель	КМУ-7Т1А	133000	1400	2		0.25			600.61	2.33	1.05
полка	ОТ-4	110000	700	5.88	7.88	0.75	136250.0	522.71	422.0	1.66	0.64
панель	КМУ-7л	215000	970	2		0.25			824.83	1.18	0.45
полка	ОТ-4	110000	700	5.88	7.88	0.75	112500.0	522.71	511.09	1.37	0.64
панель	КМУ-4э	120000	900	2		0.25			557.56	1.61	0.75
полка	ОТ-4	110000	700	5.88	7.88	0.75	111250.0	522.71	516.84	1.35	0.64
панель	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	2		0.25			540.33	1.67	0.78

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	BT20	110000	1000	4.12	1.57	8.47	486.3	763.49	1.31	0.9
панель	КМУ-11тр	70000	630	2	1.0			486.3	1.3	0.9
полка	BT20	110000	1000	4.12	0.92	5.79	711.4	654.49	1.53	0.9
панель	КМУ-11э	120000	900	2	1.0			711.4	1.27	0.75
полка	BT20	110000	1000	4.12	0.81	5.34	771.35	624.79	1.6	0.9
панель	КМУ-7э	135000	900	2	1.0			771.35	1.17	0.66

полка	BT20	110000	1000	4.12	0.83	5.42	759.96	630.77	1.59	0.9
панель	КМУ-7Т1А	133000	1400	2	1.0			759.96	1.84	1.05
полка	BT20	110000	1000	4.12	0.51	4.1	1004.63	512.36	1.95	0.9
панель	КМУ-7л	215000	970	2	1.0			1004.63	0.97	0.45
полка	BT20	110000	1000	4.12	0.92	5.79	711.4	654.49	1.53	0.9
панель	КМУ-4э	120000	900	2	1.0			711.4	1.27	0.75
полка	BT20	110000	1000	4.12	0.96	5.96	691.11	663.47	1.51	0.9
панель	КМУ-2м.120.Э01	115000	900	2	1.0			691.11	1.3	0.78
полка	OT-4	110000	700	5.88	1.57	11.23	366.78	575.84	1.22	0.64
панель	КМУ-11тр	70000	630	2	1.0			366.78	1.72	0.9
полка	OT-4	110000	700	5.88	0.92	7.41	555.87	511.4	1.37	0.64
панель	КМУ-11э	120000	900	2	1.0			555.87	1.62	0.75
полка	OT-4	110000	700	5.88	0.81	6.76	609.32	493.55	1.42	0.64
панель	КМУ-7э	135000	900	2	1.0			609.32	1.48	0.66
полка	OT-4	110000	700	5.88	0.83	6.88	598.69	496.91	1.41	0.64
панель	КМУ-7Т1А	133000	1400	2	1.0			598.69	2.34	1.05
полка	OT-4	110000	700	5.88	0.51	5.0	823.8	420.14	1.67	0.64
панель	КМУ-7л	215000	970	2	1.0			823.8	1.18	0.45

полка	КМУ-4э	120000	900	4.58	769600.0	2941.53	642.26	1.4	0.75
панель	ОТ-4	110000	700	2		1177.47	588.74	1.19	0.64
полка	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	4.58	746700.0	2905.42	634.37	1.42	0.78
панель	ОТ-4	110000	700	2		1213.58	606.79	1.15	0.64
полка	КМУ-11тр	70000	630	6.54	601800.0	3133.39	479.11	1.31	0.9
панель	В95	72000	640	2		985.6	492.8	1.3	0.88
полка	КМУ-11э	120000	900	4.58	693600.0	3263.84	712.63	1.26	0.75
панель	В95	72000	640	2		855.15	427.57	1.5	0.88
полка	КМУ-7э	135000	900	4.58	762300.0	3340.91	729.46	1.23	0.66
панель	В95	72000	640	2		778.09	389.05	1.65	0.88
полка	КМУ-7Т1А	133000	1400	2.94	535020.0	3010.37	1023.94	1.37	1.05
панель	В95	72000	640	2		1108.62	554.31	1.15	0.88
полка	КМУ-7л	215000	970	4.25	1057750.0	3558.24	837.23	1.16	0.45
панель	В95	72000	640	2		560.75	280.38	2.28	0.88
полка	КМУ-4э	120000	900	4.58	693600.0	3263.84	712.63	1.26	0.75
панель	В95	72000	640	2		855.15	427.57	1.5	0.88
полка	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	4.58	670700.0	3234.64	706.25	1.27	0.78
панель	В95	72000	640	2		884.35	442.18	1.45	0.88

2. Метод совместных деформаций.

Элемент	Марка	E,МПа	σ_b ,МПа	h,мм	Σh ,мм	h_0	E _x ,МПа	σ_x ,МПа	σ_i , МПа	η_i	ε ,%
полка	КМУ-11тр	70000	630	6.54	8.54	0.77	79200.0	482.32	426.29	1.48	0.9
панель	ОТ-4	110000	700	2		0.23			669.89	1.04	0.64
полка	КМУ-11э	120000	900	4.58	6.58	0.7	117000.0	625.99	642.04	1.4	0.75
панель	ОТ-4	110000	700	2		0.3			588.54	1.19	0.64
полка	КМУ-7э	135000	900	4.58	6.58	0.7	127500.0	625.99	662.81	1.36	0.66
панель	ОТ-4	110000	700	2		0.3			540.07	1.3	0.64
полка	КМУ-7Т1А	133000	1400	2.94	4.94	0.6	123800.0	833.8	895.76	1.56	1.05
панель	ОТ-4	110000	700	2		0.4			740.86	0.94	0.64
полка	КМУ-7л	215000	970	4.25	6.25	0.68	181400.0	659.04	781.11	1.24	0.45
панель	ОТ-4	110000	700	2		0.32			399.64	1.75	0.64
полка	КМУ-4э	120000	900	4.58	6.58	0.7	117000.0	625.99	642.04	1.4	0.75
панель	ОТ-4	110000	700	2		0.3			588.54	1.19	0.64
полка	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	4.58	6.58	0.7	113500.0	625.99	634.26	1.42	0.78
панель	ОТ-4	110000	700	2		0.3			606.69	1.15	0.64
полка	КМУ-11тр	70000	630	6.54	8.54	0.77	70460.0	482.32	479.17	1.31	0.9
панель	В95	72000	640	2		0.23			492.86	1.3	0.88

полка	КМУ-11э	120000	900	4.58	6.58	0.7	105600.0	625.99	711.35	1.27	0.75
панель	В95	72000	640	2		0.3			426.81	1.5	0.88
полка	КМУ-7э	135000	900	4.58	6.58	0.7	116100.0	625.99	727.9	1.24	0.66
панель	В95	72000	640	2		0.3			388.21	1.65	0.88
полка	КМУ-7Т1А	133000	1400	2.94	4.94	0.6	108600.0	833.8	1021.14	1.37	1.05
панель	В95	72000	640	2		0.4			552.8	1.16	0.88
полка	КМУ-7л	215000	970	4.25	6.25	0.68	169240.0	659.04	837.23	1.16	0.45
панель	В95	72000	640	2		0.32			280.38	2.28	0.88
полка	КМУ-4э	120000	900	4.58	6.58	0.7	105600.0	625.99	711.35	1.27	0.75
панель	В95	72000	640	2		0.3			426.81	1.5	0.88
полка	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	4.58	6.58	0.7	102100.0	625.99	705.08	1.28	0.78
панель	В95	72000	640	2		0.3			441.44	1.45	0.88

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	КМУ-11тр	70000	630	6.54	0.64	6.19	665.43	425.88	1.48	0.9
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			665.43	1.05	0.64

полка	КМУ-11э	120000	900	4.58	1.09	6.99	589.27	642.3	1.4	0.75
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			589.27	1.19	0.64
полка	КМУ-7э	135000	900	4.58	1.23	7.63	539.84	664.0	1.36	0.66
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			539.84	1.3	0.64
полка	КМУ-7Т1А	133000	1400	2.94	1.21	5.56	740.83	896.4	1.56	1.05
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			740.83	0.94	0.64
полка	КМУ-7л	215000	970	4.25	1.95	10.29	400.29	780.57	1.24	0.45
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			400.29	1.75	0.64
полка	КМУ-4э	120000	900	4.58	1.09	6.99	589.27	642.3	1.4	0.75
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			589.27	1.19	0.64
полка	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	4.58	1.05	6.81	604.84	635.08	1.42	0.78
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			604.84	1.16	0.64
полка	КМУ-11тр	70000	630	6.54	0.97	8.34	493.88	479.06	1.32	0.9
панель	В95	72000	640	2	1.0			493.88	1.3	0.88
полка	КМУ-11э	120000	900	4.58	1.67	9.65	426.84	712.82	1.26	0.75
панель	В95	72000	640	2	1.0			426.84	1.5	0.88
полка	КМУ-7э	135000	900	4.58	1.88	10.61	388.22	729.85	1.23	0.66
панель	В95	72000	640	2	1.0			388.22	1.65	0.88

полка	КМУ-7Т1А	133000	1400	2.94	1.85	7.44	553.63	1024.22	1.37	1.05
панель	В95	72000	640	2	1.0			553.63	1.16	0.88
полка	КМУ-7л	215000	970	4.25	2.99	14.71	280.01	837.23	1.16	0.45
панель	В95	72000	640	2	1.0			280.01	2.29	0.88
полка	КМУ-4э	120000	900	4.58	1.67	9.65	426.84	712.82	1.26	0.75
панель	В95	72000	640	2	1.0			426.84	1.5	0.88
полка	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	4.58	1.6	9.33	441.48	706.37	1.27	0.78
панель	В95	72000	640	2	1.0			441.48	1.45	0.88