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.

Вариант Ме + КМ

1. Метод распределения усилий.

Элемент	Марка	Е,МПа	σ_b,МПа	h, мм	ΣΕ*h,Η/мм	Ni,H/мм	σ_і,МПа	ηi	ε,%
полка	BT20	110000	1000	4.12	E02200 0	3146.88	763.81	1.31	0.9
панель	КМУ- 11тр	70000	630	2	593200.0	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	093200.0	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	723200.0	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	719200.0	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	003200.0	2005.4	1002.7	0.97	0.45
полка	BT20	110000	1000	4.12	602200.0	2692.91	653.62	1.53	0.9
панель	КМУ-4э	120000	900	2	693200.0	1426.08	713.04	1.26	0.75
полка	BT20	110000	1000	4.12	602200.0	2732.33	663.19	1.51	0.9
панель	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	2	683200.0	1386.66	693.33	1.3	0.78
полка	OT-4	110000	700	5.88	706000 0	3386.08	575.86	1.22	0.64
панель	КМУ- 11тр	70000	630	2	786800.0	732.92	366.46	1.72	0.9

полка	I								
11031180	OT-4	110000	700	5.88	886800.0	3004.25	510.93	1.37	0.64
панель	КМУ-11э	120000	900	2	000000.0	1114.75	557.38	1.61	0.75
·									
полка	OT-4	110000	700	5.88	016000 0	2905.94	494.21	1.42	0.64
панель	КМУ-7э	135000	900	2	916800.0	1213.05	606.52	1.48	0.66
полка	OT-4	110000	700	5.88	012000 0	2918.67	496.37	1.41	0.64
панель	КМУ- 7Т1А	133000	1400	2	912800.0	1200.32	600.16	2.33	1.05
полка	OT-4	110000	700	5.88	1076900 0	2474.15	420.77	1.66	0.64
панель	КМУ-7л	215000	970	2	1076800.0	1644.84	822.42	1.18	0.45
полка	OT-4	110000	700	5.88	000000	3004.25	510.93	1.37	0.64
панель	КМУ-4э	120000	900	2	886800.0	1114.75	557.38	1.61	0.75
	•								
полка	OT-4	110000	700	5.88	076000	3038.51	516.75	1.35	0.64
панель	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	2	876800.0	1080.48	540.24	1.67	0.78

2. Метод совместных деформаций.

Элемент	Марка	Е,МПа	σ_b,МПа	h,мм	Σһ,мм	h_	Е_х,МПа	σ_х,МПа	σ_і, МПа	ηi	ε,%
полка	BT20	110000	1000	4.12	6 10	0.67	96800.0	673.04	764.82	1.31	0.9
панель	КМУ- 11тр	70000	630	2	6.12	0.33	90000.0	073.04	486.7	1.29	0.9

полка	BT20	110000	1000	4.12	C 12	0.67	112200 0	672.04	653.44	1.53	0.9
панель	КМУ-11э	120000	900	2	6.12	0.33	113300.0	673.04	712.84	1.26	0.75
	•										
полка	BT20	110000	1000	4.12	2.40	0.67	1100500	250.04	626.08	1.6	0.9
панель	КМУ-7э	135000	900	2	6.12	0.33	118250.0	673.04	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	0.12	0.33	117390.0	073.04	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	0.12	0.33	144050.0	075.04	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	0.12	0.33	113300.0	075.04	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	0.12	0.33	111050.0	0/3.04	693.23	1.3	0.78
полка	OT-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	7.00	0.25	100000.0	J22.71	365.9	1.72	0.9
полка	OT-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	,.00	0.25	112000.0	022./I	557.56	1.61	0.75
полка	OT-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	7.00	0.25	110230.0	J44./1	607.02	1.48	0.66

полка	OT-4	110000	700	5.88	7.00	0.75	115750.0	E22 71	496.74	1.41	0.64
панель	КМУ- 7Т1А	133000	1400	2	7.88	0.25	115750.0	522.71	600.61	2.33	1.05
полка	OT-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	7.00	0.25	130230.0	522.71	824.83	1.18	0.45
полка	OT-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	7.00	0.25	112300.0	322.71	557.56	1.61	0.75
полка	OT-4	110000	700	5.88	7.00	0.75	1112500	E22 71	516.84	1.35	0.64
панель	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	2	7.88	0.25	111250.0	522.71	540.33	1.67	0.78

3. Метод редукционных коэффициентов.

Элемент	Марка	Е,МПа	σ_b,МПа	h,мм	φ_i	h_ред,мм	σ_ред,МПа	σ_і,МПа	ηi	ε,%
полка	BT20	110000	1000	4.12	1.57	0.47	400.0	763.49	1.31	0.9
панель	КМУ- 11тр	70000	630	2	1.0	8.47	486.3	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	5.79	/11.4	711.4	1.27	0.75
полка	BT20	110000	1000	4.12	0.81	E 24	771.35	624.79	1.6	0.9
панель	КМУ-7э	135000	900	2	1.0	5.34	//1.35	771.35	1.17	0.66
										_

полка	BT20	110000	1000	4.12	0.83	5.40	750.06	630.77	1.59	0.9
панель	КМУ- 7Т1А	133000	1400	2	1.0	5.42	759.96	759.96	1.84	1.05
				•	•	•	•			
полка	BT20	110000	1000	4.12	0.51		1001.00	512.36	1.95	0.9
панель	КМУ-7л	215000	970	2	1.0	4.1	1004.63	1004.63	0.97	0.45
	'			!	!	•		•		
полка	BT20	110000	1000	4.12	0.92	5.50		654.49	1.53	0.9
панель	КМУ-4э	120000	900	2	1.0	5.79	711.4	711.4	1.27	0.75
					l			!		
полка	BT20	110000	1000	4.12	0.96	- 0.0		663.47	1.51	0.9
панель	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	2	1.0	5.96	691.11	691.11	1.3	0.78
					<u> </u>	ļ.	<u>I</u>			
полка	OT-4	110000	700	5.88	1.57			575.84	1.22	0.64
панель	КМУ- 11тр	70000	630	2	1.0	11.23	366.78	366.78	1.72	0.9
	P									
полка	OT-4	110000	700	5.88	0.92			511.4	1.37	0.64
панель	КМУ-11э	120000	900	2	1.0	7.41	555.87	555.87	1.62	0.75
					l	L	l			
полка	OT-4	110000	700	5.88	0.81			493.55	1.42	0.64
панель	КМУ-7э	135000	900	2	1.0	6.76	609.32	609.32	1.48	0.66
						L				
полка	OT-4	110000	700	5.88	0.83			496.91	1.41	0.64
панель	КМУ- 7Т1А	133000	1400	2	1.0	6.88	598.69	598.69	2.34	1.05
	,111		<u> </u>	I	I	I	I	I	I	
полка	OT-4	110000	700	5.88	0.51			420.14	1.67	0.64
панель	КМУ-7л	215000	970	2	1.0	5.0	823.8	823.8	1.18	0.45
	1			l	1	l	l	l	l	

полка	OT-4	110000	700	5.88	0.92	7.41	555.87	511.4	1.37	0.64
панель	КМУ-4э	120000	900	2	1.0	7.41	333.67	555.87	1.62	0.75
полка	OT-4	110000	700	5.88	0.96	7.64	539.14	517.57	1.35	0.64
панель	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	2	1.0	7.04	339.14	539.14	1.67	0.78

Вариант КМ + Ме

1. Метод распределения усилий.

Элемент	Марка	Е,МПа	σ_b,МПа	h, мм	ΣΕ*h,Н/мм	Ni,H/мм	σ_і,МПа	ηi	ε,%
полка	КМУ- 11тр	70000	630	6.54	677800.0	2782.05	425.39	1.48	0.9
панель	OT-4	110000	700	2	077800.0	1336.94	668.47	1.05	0.64
полка	КМУ-11э	120000	900	4.58	760600 0	2941.53	642.26	1.4	0.75
панель	OT-4	110000	700	2	769600.0	1177.47	588.74	1.19	0.64
полка	КМУ-7э	135000	900	4.58	020200 0	3038.02	663.32	1.36	0.66
панель	OT-4	110000	700	2	838300.0	1080.97	540.49	1.3	0.64
полка	КМУ- 7Т1А	133000	1400	2.94	611020.0	2635.93	896.57	1.56	1.05
панель	OT-4	110000	700	2	611020.0	1483.06	741.53	0.94	0.64
полка	КМУ-7л	215000	970	4.25	1133750.0	3319.72	781.11	1.24	0.45
панель	OT-4	110000	700	2	1133/30.0	799.28	399.64	1.75	0.64

					_			
КМУ-4э	120000	900	4.58	760600.0	2941.53	642.26	1.4	0.75
OT-4	110000	700	2	769600.0	1177.47	588.74	1.19	0.64
КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	4.58	5465000	2905.42	634.37	1.42	0.78
OT-4	110000	700	2	/46/00.0	1213.58	606.79	1.15	0.64
			•					
КМУ- 11тр	70000	630	6.54	601000.0	3133.39	479.11	1.31	0.9
B95	72000	640	2	601800.0	985.6	492.8	1.3	0.88
КМУ-11э	120000	900	4.58	602600.0	3263.84	712.63	1.26	0.75
B95	72000	640	2	693600.0	855.15	427.57	1.5	0.88
			•					
КМУ-7э	135000	900	4.58	762200.0	3340.91	729.46	1.23	0.66
B95	72000	640	2	762300.0	778.09	389.05	1.65	0.88
КМУ- 7Т1А	133000	1400	2.94	F35030 0	3010.37	1023.94	1.37	1.05
B95	72000	640	2	535020.0	1108.62	554.31	1.15	0.88
КМУ-7л	215000	970	4.25	10577500	3558.24	837.23	1.16	0.45
B95	72000	640	2	105//50.0	560.75	280.38	2.28	0.88
КМУ-4э	120000	900	4.58	602622	3263.84	712.63	1.26	0.75
B95	72000	640	2	693600.0	855.15	427.57	1.5	0.88
			•					
КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	4.58	670700 6	3234.64	706.25	1.27	0.78
B95	72000	640	2	670700.0	884.35	442.18	1.45	0.88
								1
	KMY-2M. 120.301 OT-4 KMY-11τp B95 KMY-113 B95 KMY-73 B95 KMY-771A B95 KMY-7π B95 KMY-43 B95	KMY-2M. 115000 OT-4 115000 OT-4 110000 KMY-11p 70000 B95 72000 KMY-11p 120000 B95 72000 KMY-7p 135000 B95 72000 KMY-7π 133000 F711A 133000 B95 72000 KMY-7π 215000 KMY-4p 120000 B95 72000 KMY-4p 120000 B95 72000	KMY-2M. 120.301 115000 900 OT-4 110000 700 KMY-11Tp 12000 630 B95 72000 640 KMY-79 135000 900 B95 72000 640 KMY-79 135000 900 B95 72000 640 KMY-71A 133000 1400 B95 72000 640 KMY-7π 215000 970 B95 72000 640 KMY-49 120000 900 B95 72000 640 KMY-49 120000 900 B95 72000 640	OT-4 110000 700 2 KMY-2M. 120.901 115000 900 4.58 OT-4 110000 700 2 KMY-11p 70000 630 6.54 B95 72000 640 2 KMY-11p 120000 900 4.58 B95 72000 640 2 KMY-7s 135000 900 4.58 B95 72000 640 2 KMY-7π 133000 1400 2.94 B95 72000 640 2 KMY-7π 215000 970 4.25 B95 72000 640 2 KMY-4s 120000 900 4.58 B95 72000 640 2 KMY-2m. 120001 115000 900 4.58	OT-4 110000 700 2 769600.0 KMY-2M. 120.901 115000 900 4.58 746700.0 OT-4 110000 700 2 746700.0 KMY-11rp 70000 630 6.54 601800.0 B95 72000 640 2 693600.0 KMY-119 120000 900 4.58 693600.0 KMY-79 135000 900 4.58 762300.0 B95 72000 640 2 535020.0 KMY-771A 133000 1400 2.94 535020.0 KMY-7π 215000 970 4.25 1057750.0 B95 72000 640 2 693600.0 KMY-49 120000 900 4.58 693600.0 KMY-29 120000 900 4.58 693600.0 KMY-2M. 120.901 115000 900 4.58 670700.0	OT-4 110000 700 2 769600.0 1177.47 KMY-2M. 120.901 115000 900 4.58 746700.0 2905.42 OT-4 110000 700 2 746700.0 3133.39 B95 72000 640 2 601800.0 3133.39 B95 72000 640 2 693600.0 3263.84 B95 72000 640 2 762300.0 3340.91 KMY-79 135000 900 4.58 762300.0 778.09 KMY-77 133000 1400 2.94 535020.0 3010.37 B95 72000 640 2 1057750.0 3558.24 B95 72000 640 2 1057750.0 3563.84 B95 72000 640 2 693600.0 3263.84 B95 72000 640 2 693600.0 3558.24 KMY-49 120000 900 4.58 693600.0 3263.84 <td>$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$</td> <td> Name</td>	$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Name

2. Метод совместных деформаций.

Элемент	Марка	Е,МПа	σ_b,МПа	h,мм	Σh,мм	h_	Е_х,МПа	σ_х,МПа	σ_і, МПа	ηi	ε,%
полка	КМУ- 11тр	70000	630	6.54		0.77			426.29	1.48	0.9
панель	OT-4	110000	700	2	8.54	0.23	79200.0	482.32	669.89	1.04	0.64
							•				
полка	КМУ-11э	120000	900	4.58	0.50	0.7	115000	00 . 00	642.04	1.4	0.75
панель	OT-4	110000	700	2	6.58	0.3	117000.0	625.99	588.54	1.19	0.64
полка	КМУ-7э	135000	900	4.58	6 50	0.7	127500.0	625.00	662.81	1.36	0.66
панель	OT-4	110000	700	2	6.58	0.3	127500.0	625.99	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	OT-4	110000	700	2	4.94	0.4	123600.0	033.0	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	OT-4	110000	700	2	0.23	0.32	101400.0	039.04	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	OT-4	110000	700	2	0.56	0.3	117000.0	025.99	588.54	1.19	0.64
полка	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	4.58	6.50	0.7	112500.0	625.00	634.26	1.42	0.78
панель	OT-4	110000	700	2	6.58	0.3	113500.0	625.99	606.69	1.15	0.64
полка	КМУ- 11тр	70000	630	6.54	0 = 4	0.77	70460.0	402.22	479.17	1.31	0.9
панель	B95	72000	640	2	8.54	0.23	70460.0	482.32	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	B95	72000	640	2	0.56	0.3	103600.0	025.99	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	B95	72000	640	2	0.56	0.3	110100.0	025.99	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	B95	72000	640	2	4.94	0.4	100000.0	033.0	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	B95	72000	640	2	0.25	0.32	109240.0	039.04	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	B95	72000	640	2	0.56	0.3	103000.0	025.99	426.81	1.5	0.88
полка	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	4.58	6 50	0.7	102100.0	625.99	705.08	1.28	0.78
панель	B95	72000	640	2	6.58	0.3	102100.0	043.99	441.44	1.45	0.88

3. Метод редукционных коэффициентов.

Элемент	Марка	Е,МПа	σ_b,МПа	h,мм	φ_i	h_ред,мм	σ_ред,МПа	σ_і,МПа	ηi	ε,%
полка	КМУ- 11тр	70000	630	6.54	0.64	6.19	665.43	425.88	1.48	0.9
панель	OT-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	OT-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	OT-4	110000	700	2	1.0			539.84	1.3	0.64
				<u> </u>						
полка	КМУ- 7Т1А	133000	1400	2.94	1.21	5.56	740.83	896.4	1.56	1.05
панель	OT-4	110000	700	2	1.0			740.83	0.94	0.64
				<u>I</u>	ļ.					
полка	КМУ-7л	215000	970	4.25	1.95		_	780.57	1.24	0.45
панель	OT-4	110000	700	2	1.0	10.29	400.29	400.29	1.75	0.64
						ļ.	<u>I</u>			
полка	КМУ-4э	120000	900	4.58	1.09	6.99	589.27	642.3	1.4	0.75
панель	OT-4	110000	700	2	1.0			589.27	1.19	0.64
				l		L	L	L		
полка	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	4.58	1.05	6.81	604.84	635.08	1.42	0.78
панель	OT-4	110000	700	2	1.0			604.84	1.16	0.64
				l		L		L		
полка	КМУ- 11тр	70000	630	6.54	0.97		493.88	479.06	1.32	0.9
панель	B95	72000	640	2	1.0	8.34		493.88	1.3	0.88
					l					
полка	КМУ-11э	120000	900	4.58	1.67	9.65	426.84	712.82	1.26	0.75
панель	B95	72000	640	2	1.0			426.84	1.5	0.88
	1			I	I	I	l	ı		
полка	КМУ-7э	135000	900	4.58	1.88	10.61	388.22	729.85	1.23	0.66
панель	B95	72000	640	2	1.0			388.22	1.65	0.88
	1			I	l	l	l	l		

полка	КМУ- 7Т1А	133000	1400	2.94	1.85	7.44	553.63	1024.22	1.37	1.05
панель	B95	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	B95	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	B95	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	B95	72000	640	2	1.0			441.48	1.45	0.88