

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-1-7

Выполнил: студент группы М1О-402С-18 Беляев В.

Проверил: профессор Попов Ю.И.

Москва 2022

Вариант Me + KM

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	D16AT	72000	420	10.03	988160.0	3077.11	306.79	1.37	0.58
панель	КМУ-7Т1А	133000	1400	2		1133.42	566.71	2.47	1.05
полка	D16AT	72000	420	10.03	992160.0	3064.7	305.55	1.37	0.58
панель	КМУ-7э	135000	900	2		1145.83	572.91	1.57	0.66
полка	D16AT	72000	420	10.03	962160.0	3160.26	315.08	1.33	0.58
панель	КМУ-11э	120000	900	2		1050.27	525.13	1.71	0.75
полка	D16AT	72000	420	10.03	862160.0	3526.81	351.63	1.19	0.58
панель	КМУ-11тр	70000	630	2		683.72	341.86	1.84	0.9
полка	D16AT	72000	420	10.03	1006160.0	3022.06	301.3	1.39	0.58
панель	КМУ-7э-0,1	142000	1130	2		1188.47	594.24	1.9	0.8
полка	BT20	110000	1000	4.21	729100.0	2674.39	635.25	1.57	0.9
панель	КМУ-7Т1А	133000	1400	2		1536.14	768.07	1.82	1.05
полка	BT20	110000	1000	4.21	733100.0	2659.79	631.78	1.58	0.9
панель	КМУ-7э	135000	900	2		1550.73	775.37	1.16	0.66
полка	BT20	110000	1000	4.21	703100.0	2773.28	658.74	1.52	0.9
панель	КМУ-11э	120000	900	2		1437.24	718.62	1.25	0.75

полка	BT20	110000	1000	4.21	603100.0	3233.12	767.96	1.3	0.9
панель	КМУ-11гр	70000	630	2		977.41	488.7	1.29	0.9
полка	BT20	110000	1000	4.21	747100.0	2609.95	619.94	1.61	0.9
панель	КМУ-7 э-0,1	142000	1130	2		1600.57	800.28	1.41	0.8

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	D16AT	72000	420	10.03	12.03	0.83	82370.0	350.0	305.94	1.37	0.58
панель	KMY-7T1A	133000	1400	2		0.17			565.13	2.48	1.05
полка	D16AT	72000	420	10.03	12.03	0.83	82710.0	350.0	304.68	1.38	0.58
панель	KMY-7э	135000	900	2		0.17			571.27	1.58	0.66
полка	D16AT	72000	420	10.03	12.03	0.83	80160.0	350.0	314.37	1.34	0.58
панель	KMY-11э	120000	900	2		0.17			523.95	1.72	0.75
полка	D16AT	72000	420	10.03	12.03	0.83	71660.0	350.0	351.66	1.19	0.58
панель	KMY-11тр	70000	630	2		0.17			341.89	1.84	0.9
полка	D16AT	72000	420	10.03	12.03	0.83	83900.0	350.0	300.36	1.4	0.58
панель	KMY-7 э-0,1	142000	1130	2		0.17			592.37	1.91	0.8

полка	BT20	110000	1000	4.21	6.21	0.68	117360.0	678.02	635.5	1.57	0.9
панель	KMY-7T1A	133000	1400	2		0.32			768.38	1.82	1.05
полка	BT20	110000	1000	4.21	6.21	0.68	118000.0	678.02	632.05	1.58	0.9
панель	KMY-7э	135000	900	2		0.32			775.7	1.16	0.66
полка	BT20	110000	1000	4.21	6.21	0.68	113200.0	678.02	658.85	1.52	0.9
панель	KMY-11э	120000	900	2		0.32			718.75	1.25	0.75
полка	BT20	110000	1000	4.21	6.21	0.68	97200.0	678.02	767.31	1.3	0.9
панель	KMY-11тр	70000	630	2		0.32			488.29	1.29	0.9
полка	BT20	110000	1000	4.21	6.21	0.68	120240.0	678.02	620.28	1.61	0.9
панель	KMY-7э-0,1	142000	1130	2		0.32			800.72	1.41	0.8

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	D16AT	72000	420	10.03	0.54	7.42	567.46	306.43	1.37	0.58
панель	KMY-7T1A	133000	1400	2	1.0			567.46	2.47	1.05
полка	D16AT	72000	420	10.03	0.53	7.32	575.21	304.86	1.38	0.58
панель	KMY-7э	135000	900	2	1.0			575.21	1.56	0.66

полка	D16AT	72000	420	10.03	0.6	8.02	525.0	315.0	1.33	0.58
панель	КМУ-11э	120000	900	2	1.0			525.0	1.71	0.75
полка	D16AT	72000	420	10.03	1.03	12.33	341.49	351.73	1.19	0.58
панель	КМУ-11тр	70000	630	2	1.0			341.49	1.84	0.9
полка	D16AT	72000	420	10.03	0.51	7.12	591.37	301.6	1.39	0.58
панель	КМУ-7э-0,1	142000	1130	2	1.0			591.37	1.91	0.8
полка	BT20	110000	1000	4.21	0.83	5.49	766.94	636.56	1.57	0.9
панель	КМУ-7T1A	133000	1400	2	1.0			766.94	1.83	1.05
полка	BT20	110000	1000	4.21	0.81	5.41	778.29	630.41	1.59	0.9
панель	КМУ-7э	135000	900	2	1.0			778.29	1.16	0.66
полка	BT20	110000	1000	4.21	0.92	5.87	717.3	659.92	1.52	0.9
панель	КМУ-11э	120000	900	2	1.0			717.3	1.25	0.75
полка	BT20	110000	1000	4.21	1.57	8.61	489.03	767.78	1.3	0.9
панель	КМУ-11тр	70000	630	2	1.0			489.03	1.29	0.9
полка	BT20	110000	1000	4.21	0.77	5.24	803.54	618.73	1.62	0.9
панель	КМУ-7э-0,1	142000	1130	2	1.0			803.54	1.41	0.8

Вариант КМ + Ме

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	KMY-7T1A	133000	1400	3.01	544330.0	3096.65	1028.79	1.36	1.05
панель	D16AT	72000	420	2		1113.88	556.94	0.75	0.58
полка	KMY-7э	135000	900	4.68	775800.0	3428.99	732.69	1.23	0.66
панель	D16AT	72000	420	2		781.54	390.77	1.07	0.58
полка	KMY-11э	120000	900	4.68	705600.0	3351.24	716.08	1.26	0.75
панель	D16AT	72000	420	2		859.29	429.64	0.98	0.58
полка	KMY-11гp	70000	630	6.68	611600.0	3219.17	481.91	1.31	0.9
панель	D16AT	72000	420	2		991.36	495.68	0.85	0.58
полка	KMY-7э-0,1	142000	1130	3.73	673660.0	3310.49	887.53	1.27	0.8
панель	D16AT	72000	420	2		900.03	450.01	0.93	0.58
полка	KMY-7T1A	133000	1400	3.01	620330.0	2717.26	902.74	1.55	1.05
панель	OT-4	110000	700	2		1493.26	746.63	0.94	0.64
полка	KMY-7э	135000	900	4.68	851800.0	3123.05	667.32	1.35	0.66
панель	OT-4	110000	700	2		1087.48	543.74	1.29	0.64
полка	KMY-11э	120000	900	4.68	781600.0	3025.37	646.45	1.39	0.75
панель	OT-4	110000	700	2		1185.15	592.58	1.18	0.64

полка	КМУ-11тр	70000	630	6.68	687600.0	2863.35	428.65	1.47	0.9
панель	ОТ-4	110000	700	2		1347.17	673.59	1.04	0.64
полка	КМУ-7э-0,1	142000	1130	3.73	749660.0	2974.88	797.55	1.42	0.8
панель	ОТ-4	110000	700	2		1235.65	617.83	1.13	0.64
полка	КМУ-7Т1А	133000	1400	3.01	544330.0	3096.65	1028.79	1.36	1.05
панель	В95	72000	640	2		1113.88	556.94	1.15	0.88
полка	КМУ-7э	135000	900	4.68	775800.0	3428.99	732.69	1.23	0.66
панель	В95	72000	640	2		781.54	390.77	1.64	0.88
полка	КМУ-11э	120000	900	4.68	705600.0	3351.24	716.08	1.26	0.75
панель	В95	72000	640	2		859.29	429.64	1.49	0.88
полка	КМУ-11тр	70000	630	6.68	611600.0	3219.17	481.91	1.31	0.9
панель	В95	72000	640	2		991.36	495.68	1.29	0.88
полка	КМУ-7э-0,1	142000	1130	3.73	673660.0	3310.49	887.53	1.27	0.8
панель	В95	72000	640	2		900.03	450.01	1.42	0.88

2. Метод совместных деформаций.

Элемент	Марка	Е,МПа	σ_b ,МПа	h,мм	Σh ,мм	h_	Е_x,МПа	σ_x ,МПа	σ_i , МПа	η_i	ε ,%
---------	-------	-------	-----------------	------	----------------	----	---------	-----------------	------------------	----------	------------------

полка	КМУ-7Т1А	133000	1400	3.01	5.01	0.6	108600.0	840.42	1029.24	1.36	1.05
панель	D16AT	72000	420	2		0.4			557.18	0.75	0.58
полка	КМУ-7э	135000	900	4.68	6.68	0.7	116100.0	630.32	732.93	1.23	0.66
панель	D16AT	72000	420	2		0.3			390.9	1.07	0.58
полка	КМУ-11э	120000	900	4.68	6.68	0.7	105600.0	630.32	716.27	1.26	0.75
панель	D16AT	72000	420	2		0.3			429.76	0.98	0.58
полка	КМУ-11тр	70000	630	6.68	8.68	0.77	70460.0	485.08	481.91	1.31	0.9
панель	D16AT	72000	420	2		0.23			495.68	0.85	0.58
полка	КМУ-7э-0,1	142000	1130	3.73	5.73	0.65	117500.0	734.82	888.04	1.27	0.8
панель	D16AT	72000	420	2		0.35			450.27	0.93	0.58
полка	КМУ-7Т1А	133000	1400	3.01	5.01	0.6	123800.0	840.42	902.87	1.55	1.05
панель	OT-4	110000	700	2		0.4			746.74	0.94	0.64
полка	КМУ-7э	135000	900	4.68	6.68	0.7	127500.0	630.32	667.4	1.35	0.66
панель	OT-4	110000	700	2		0.3			543.81	1.29	0.64
полка	КМУ-11э	120000	900	4.68	6.68	0.7	117000.0	630.32	646.48	1.39	0.75
панель	OT-4	110000	700	2		0.3			592.61	1.18	0.64
полка	КМУ-11тр	70000	630	6.68	8.68	0.77	79200.0	485.08	428.73	1.47	0.9
панель	OT-4	110000	700	2		0.23			673.72	1.04	0.64

полка	КМУ-7 э-0,1	142000	1130	3.73	5.73	0.65	130800.0	734.82	797.74	1.42	0.8
панель	ОТ-4	110000	700	2		0.35			617.97	1.13	0.64
полка	КМУ-7Т1А	133000	1400	3.01	5.01	0.6	108600.0	840.42	1029.24	1.36	1.05
панель	В95	72000	640	2		0.4			557.18	1.15	0.88
полка	КМУ-7э	135000	900	4.68	6.68	0.7	116100.0	630.32	732.93	1.23	0.66
панель	В95	72000	640	2		0.3			390.9	1.64	0.88
полка	КМУ-11э	120000	900	4.68	6.68	0.7	105600.0	630.32	716.27	1.26	0.75
панель	В95	72000	640	2		0.3			429.76	1.49	0.88
полка	КМУ-11тр	70000	630	6.68	8.68	0.77	70460.0	485.08	481.91	1.31	0.9
панель	В95	72000	640	2		0.23			495.68	1.29	0.88
полка	КМУ-7 э-0,1	142000	1130	3.73	5.73	0.65	117500.0	734.82	888.04	1.27	0.8
панель	В95	72000	640	2		0.35			450.27	1.42	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	KМУ-7Т1А	133000	1400	3.01	1.85	7.57	556.21	1028.99	1.36	1.05
панель	D16АТ	72000	420	2	1.0			556.21	0.76	0.58

полка	КМУ-7э	135000	900	4.68	1.88	10.8	389.86	732.94	1.23	0.66
панель	D16AT	72000	420	2	1.0			389.86	1.08	0.58
полка	КМУ-11э	120000	900	4.68	1.67	9.82	428.77	716.05	1.26	0.75
панель	D16AT	72000	420	2	1.0			428.77	0.98	0.58
полка	КМУ-11тр	70000	630	6.68	0.97	8.48	496.52	481.62	1.31	0.9
панель	D16AT	72000	420	2	1.0			496.52	0.85	0.58
полка	КМУ-7э-0,1	142000	1130	3.73	1.97	9.35	450.32	887.13	1.27	0.8
панель	D16AT	72000	420	2	1.0			450.32	0.93	0.58
полка	КМУ-7Т1А	133000	1400	3.01	1.21	5.64	746.55	903.33	1.55	1.05
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			746.55	0.94	0.64
полка	КМУ-7э	135000	900	4.68	1.23	7.76	542.59	667.39	1.35	0.66
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			542.59	1.29	0.64
полка	КМУ-11э	120000	900	4.68	1.09	7.1	593.03	646.4	1.39	0.75
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			593.03	1.18	0.64
полка	КМУ-11тр	70000	630	6.68	0.64	6.28	670.47	429.1	1.47	0.9
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			670.47	1.04	0.64
полка	КМУ-7э-0,1	142000	1130	3.73	1.29	6.81	618.29	797.59	1.42	0.8
панель	ОТ-4	110000	700	2	1.0			618.29	1.13	0.64

полка	КМУ-7Т1А	133000	1400	3.01	1.85	7.57	556.21	1028.99	1.36	1.05
панель	В95	72000	640	2	1.0			556.21	1.15	0.88
полка	КМУ-7э	135000	900	4.68	1.88	10.8	389.86	732.94	1.23	0.66
панель	В95	72000	640	2	1.0			389.86	1.64	0.88
полка	КМУ-11э	120000	900	4.68	1.67	9.82	428.77	716.05	1.26	0.75
панель	В95	72000	640	2	1.0			428.77	1.49	0.88
полка	КМУ-11тр	70000	630	6.68	0.97	8.48	496.52	481.62	1.31	0.9
панель	В95	72000	640	2	1.0			496.52	1.29	0.88
полка	КМУ-7э0,1	142000	1130	3.73	1.97	9.35	450.32	887.13	1.27	0.8
панель	В95	72000	640	2	1.0			450.32	1.42	0.88