

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-1-6

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

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	ОТ-4	110000	700	6.02	932200.0	2991.0	496.84	1.41	0.64
панель	КМУ-7э	135000	900	2		1219.53	609.76	1.48	0.66
полка	ОТ-4	110000	700	6.02	928200.0	3003.89	498.99	1.4	0.64
панель	КМУ-7Т1А	133000	1400	2		1206.64	603.32	2.32	1.05
полка	ОТ-4	110000	700	6.02	1092200.0	2552.84	424.06	1.65	0.64
панель	КМУ-7л	215000	970	2		1657.69	828.85	1.17	0.45
полка	ОТ-4	110000	700	6.02	902200.0	3090.46	513.37	1.36	0.64
панель	КМУ-4э	120000	900	2		1120.07	560.03	1.61	0.75
полка	ОТ-4	110000	700	6.02	892200.0	3125.1	519.12	1.35	0.64
панель	КМУ-2м.120.Э01	115000	900	2		1085.43	542.72	1.66	0.78
полка	ОТ-4	110000	700	6.02	791000.0	3524.92	585.53	1.2	0.64
панель	КМУ-7тр	64400	600	2		685.61	342.81	1.75	0.93
полка	ОТ-4	110000	700	6.02	928200.0	3003.89	498.99	1.4	0.64
панель	КМУ-7Т2А	133000	1570	2		1206.64	603.32	2.6	1.18
полка	30ХГСА	210000	1100	3.83	1074300.0	3152.31	823.06	1.34	0.52
панель	КМУ-7э	135000	900	2		1058.22	529.11	1.7	0.66

полка	30ХГСА	210000	1100	3.83	1070300.0	3164.09	826.13	1.33	0.52
панель	КМУ-7Т1А	133000	1400	2		1046.44	523.22	2.68	1.05
полка	30ХГСА	210000	1100	3.83	1234300.0	2743.68	716.37	1.54	0.52
панель	КМУ-7л	215000	970	2		1466.84	733.42	1.32	0.45
полка	30ХГСА	210000	1100	3.83	1044300.0	3242.87	846.7	1.3	0.52
панель	КМУ-4э	120000	900	2		967.66	483.83	1.86	0.75
полка	30ХГСА	210000	1100	3.83	1034300.0	3274.22	854.89	1.29	0.52
панель	КМУ-2м.120.Э01	115000	900	2		936.31	468.15	1.92	0.78
полка	30ХГСА	210000	1100	3.83	933100.0	3629.33	947.61	1.16	0.52
панель	КМУ-7тр	64400	600	2		581.2	290.6	2.06	0.93
полка	30ХГСА	210000	1100	3.83	1070300.0	3164.09	826.13	1.33	0.52
панель	КМУ-7Т2А	133000	1570	2		1046.44	523.22	3.0	1.18

## 2. Метод совместных деформаций.

Элемент	Марка	E,МПа	$\sigma_b$ ,МПа	h,мм	$\Sigma h$ ,мм	h <sub>-</sub>	E <sub>x</sub> ,МПа	$\sigma_x$ ,МПа	$\sigma_i$ , МПа	$\eta_i$	$\epsilon$ ,%
полка	ОТ-4	110000	700	6.02	8.02	0.75	116250.0	525.0	496.77	1.41	0.64
панель	КМУ-7э	135000	900	2		0.25			609.68	1.48	0.66

полка	ОТ-4	110000	700	6.02	8.02	0.75	115750.0	525.0	498.92	1.4	0.64
панель	КМУ-7Т1А	133000	1400	2		0.25			603.24	2.32	1.05
полка	ОТ-4	110000	700	6.02	8.02	0.75	136250.0	525.0	423.85	1.65	0.64
панель	КМУ-7л	215000	970	2		0.25			828.44	1.17	0.45
полка	ОТ-4	110000	700	6.02	8.02	0.75	112500.0	525.0	513.33	1.36	0.64
панель	КМУ-4э	120000	900	2		0.25			560.0	1.61	0.75
полка	ОТ-4	110000	700	6.02	8.02	0.75	111250.0	525.0	519.1	1.35	0.64
панель	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	2		0.25			542.7	1.66	0.78
полка	ОТ-4	110000	700	6.02	8.02	0.75	98600.0	525.0	585.7	1.2	0.64
панель	КМУ-7тр	64400	600	2		0.25			342.9	1.75	0.93
полка	ОТ-4	110000	700	6.02	8.02	0.75	115750.0	525.0	498.92	1.4	0.64
панель	КМУ-7Т2А	133000	1570	2		0.25			603.24	2.6	1.18
полка	30ХГСА	210000	1100	3.83	5.83	0.66	184500.0	722.22	822.04	1.34	0.52
панель	КМУ-7э	135000	900	2		0.34			528.45	1.7	0.66
полка	30ХГСА	210000	1100	3.83	5.83	0.66	183820.0	722.22	825.08	1.33	0.52
панель	КМУ-7Т1А	133000	1400	2		0.34			522.55	2.68	1.05
полка	30ХГСА	210000	1100	3.83	5.83	0.66	211700.0	722.22	716.42	1.54	0.52
панель	КМУ-7л	215000	970	2		0.34			733.48	1.32	0.45



полка	ОТ-4	110000	700	6.02	0.92	7.54	558.43	513.76	1.36	0.64
панель	КМУ-4э	120000	900	2	1.0			558.43	1.61	0.75
полка	ОТ-4	110000	700	6.02	0.96	7.78	541.2	519.55	1.35	0.64
панель	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	2	1.0			541.2	1.66	0.78
полка	ОТ-4	110000	700	6.02	1.71	12.29	342.6	585.85	1.19	0.64
панель	КМУ-7тр	64400	600	2	1.0			342.6	1.75	0.93
полка	ОТ-4	110000	700	6.02	0.83	7.0	601.5	499.24	1.4	0.64
панель	КМУ-7Т2А	133000	1570	2	1.0			601.5	2.61	1.18
полка	30ХГСА	210000	1100	3.83	1.56	7.97	528.3	824.15	1.33	0.52
панель	КМУ-7э	135000	900	2	1.0			528.3	1.7	0.66
полка	30ХГСА	210000	1100	3.83	1.58	8.05	523.05	826.42	1.33	0.52
панель	КМУ-7Т1А	133000	1400	2	1.0			523.05	2.68	1.05
полка	30ХГСА	210000	1100	3.83	0.98	5.75	732.27	717.62	1.53	0.52
панель	КМУ-7л	215000	970	2	1.0			732.27	1.32	0.45
полка	30ХГСА	210000	1100	3.83	1.75	8.7	483.97	846.95	1.3	0.52
панель	КМУ-4э	120000	900	2	1.0			483.97	1.86	0.75
полка	30ХГСА	210000	1100	3.83	1.83	9.01	467.32	855.2	1.29	0.52
панель	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	2	1.0			467.32	1.93	0.78



полка	КМУ-7тр	64400	600	7.02	872088.0	2182.73	310.93	1.93	0.93
панель	30ХГСА	210000	1100	2		2027.8	1013.9	1.08	0.52
полка	КМУ-7Т2А	133000	1570	2.68	776440.0	1932.92	721.24	2.18	1.18
панель	30ХГСА	210000	1100	2		2277.6	1138.8	0.97	0.52
полка	КМУ-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	КМУ-7Т1А	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	КМУ-7л	215000	970	4.34	1077100.0	3647.61	840.46	1.15	0.45
панель	D16AT	72000	420	2		562.92	281.46	1.49	0.58
полка	КМУ-4э	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	КМУ-2м. 120.Э01	115000	900	4.68	682200.0	3321.76	709.78	1.27	0.78
панель	D16AT	72000	420	2		888.77	444.38	0.95	0.58
полка	КМУ-7тр	64400	600	7.02	596088.0	3193.37	454.9	1.32	0.93
панель	D16AT	72000	420	2		1017.16	508.58	0.83	0.58
полка	КМУ-7Т2А	133000	1570	2.68	500440.0	2998.96	1119.01	1.4	1.18
панель	D16AT	72000	420	2		1211.57	605.78	0.69	0.58



## 2. Метод совместных деформаций.

Элемент	Марка	E,МПа	$\sigma_b$ ,МПа	h,мм	$\Sigma h$ ,мм	h <sub>г</sub>	E <sub>х</sub> ,МПа	$\sigma_x$ ,МПа	$\sigma_i$ , МПа	$\eta_i$	$\varepsilon$ ,%
полка	КМУ-7э	135000	900	4.68	6.68	0.7	157500.0	630.32	540.27	1.67	0.66
панель	30ХГСА	210000	1100	2		0.3			840.43	1.31	0.52
полка	КМУ-7Т1А	133000	1400	3.01	5.01	0.6	163800.0	840.42	682.39	2.05	1.05
панель	30ХГСА	210000	1100	2		0.4			1077.46	1.02	0.52
полка	КМУ-7л	215000	970	4.34	6.34	0.68	213400.0	664.12	669.1	1.45	0.45
панель	30ХГСА	210000	1100	2		0.32			653.54	1.68	0.52
полка	КМУ-4э	120000	900	4.68	6.68	0.7	147000.0	630.32	514.55	1.75	0.75
панель	30ХГСА	210000	1100	2		0.3			900.46	1.22	0.52
полка	КМУ-2м.120.Э01	115000	900	4.68	6.68	0.7	143500.0	630.32	505.13	1.78	0.78
панель	30ХГСА	210000	1100	2		0.3			922.42	1.19	0.52
полка	КМУ-7тр	64400	600	7.02	9.02	0.78	96432.0	466.8	311.74	1.92	0.93
панель	30ХГСА	210000	1100	2		0.22			1016.55	1.08	0.52
полка	КМУ-7Т2А	133000	1570	2.68	4.68	0.57	166110.0	899.69	720.36	2.18	1.18
панель	30ХГСА	210000	1100	2		0.43			1137.41	0.97	0.52
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-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-7л	215000	970	4.34	6.34	0.68	169240.0	664.12	843.69	1.15	0.45
панель	D16AT	72000	420	2		0.32			282.54	1.49	0.58
полка	КМУ-4э	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-2м.120.Э01	115000	900	4.68	6.68	0.7	102100.0	630.32	709.96	1.27	0.78
панель	D16AT	72000	420	2		0.3			444.5	0.94	0.58
полка	КМУ-7тр	64400	600	7.02	9.02	0.78	66072.0	466.8	454.99	1.32	0.93
панель	D16AT	72000	420	2		0.22			508.68	0.83	0.58
полка	КМУ-7Т2А	133000	1570	2.68	4.68	0.57	106770.0	899.69	1120.72	1.4	1.18
панель	D16AT	72000	420	2		0.43			606.7	0.69	0.58

### 3. Метод редукционных коэффициентов.

Элемент	Марка	E,МПа	$\sigma_b$ ,МПа	h,мм	$\varphi_i$	h_ред,мм	$\sigma_{ред}$ ,МПа	$\sigma_i$ ,МПа	$\eta_i$	$\varepsilon$ ,%
полка	КМУ-7э	135000	900	4.68	0.64	5.0	842.11	538.95	1.67	0.66
панель	30ХГСА	210000	1100	2	1.0			842.11	1.31	0.52

полка	КМУ-7Т1А	133000	1400	3.01	0.63	3.9	1079.62	680.16	2.06	1.05
панель	30ХГСА	210000	1100	2	1.0			1079.62	1.02	0.52
полка	КМУ-7л	215000	970	4.34	1.02	6.43	654.83	667.93	1.45	0.45
панель	30ХГСА	210000	1100	2	1.0			654.83	1.68	0.52
полка	КМУ-4э	120000	900	4.68	0.57	4.67	901.61	513.92	1.75	0.75
панель	30ХГСА	210000	1100	2	1.0			901.61	1.22	0.52
полка	КМУ-2м.120.Э01	115000	900	4.68	0.55	4.57	921.34	506.74	1.78	0.78
панель	30ХГСА	210000	1100	2	1.0			921.34	1.19	0.52
полка	КМУ-7тр	64400	600	7.02	0.31	4.18	1007.3	312.26	1.92	0.93
панель	30ХГСА	210000	1100	2	1.0			1007.3	1.09	0.52
полка	КМУ-7Т2А	133000	1570	2.68	0.63	3.69	1141.06	718.87	2.18	1.18
панель	30ХГСА	210000	1100	2	1.0			1141.06	0.96	0.52
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-7Т1А	133000	1400	3.01	1.85	7.57	556.21	1028.99	1.36	1.05
панель	D16AT	72000	420	2	1.0			556.21	0.76	0.58
полка	КМУ-7л	215000	970	4.34	2.99	14.98	281.08	840.43	1.15	0.45
панель	D16AT	72000	420	2	1.0			281.08	1.49	0.58

полка	КМУ-4э	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-2м. 120.Э01	115000	900	4.68	1.6	9.49	443.68	709.89	1.27	0.78
панель	D16AT	72000	420	2	1.0			443.68	0.95	0.58
полка	КМУ-7тр	64400	600	7.02	0.89	8.25	510.37	454.23	1.32	0.93
панель	D16AT	72000	420	2	1.0			510.37	0.82	0.58
полка	КМУ-7Т2А	133000	1570	2.68	1.85	6.96	604.96	1119.18	1.4	1.18
панель	D16AT	72000	420	2	1.0			604.96	0.69	0.58