

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЁВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**

**ИССЛЕДОВАНИЕ
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ ТОНКОСТЕННОЙ
БАЛКИ ТИПА ЛОНЖЕРОНА
С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ПОЯСАМИ**

САМАРА 2012

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ТОНКОСТЕННОЙ БАЛКИ ТИПА ЛОНЖЕРОНА
С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ПОЯСАМИ

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве методических указаний к лабораторной работе*

САМАРА
Издательство СГАУ
2012

УДК 539.3(075)
ББК 30.121

Составители: *И.С. Ахмедьянов, В.А. Мехеда, О.В. Хвесьюк*

Рецензент канд. техн. наук, доц. В. К. Ш а д р и н

Исследование напряженно-деформированного состояния тонкостенной балки типа лонжерона с параллельными поясами: метод. указания к лабораторной работе / сост. *И.С. Ахмедьянов, В.А. Мехеда, О.В. Хвесьюк*. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2012. – 20 с.

Дано описание учебной лабораторной установки для исследования напряженного состояния тонкостенной балки. Обосновывается выбор расчетной схемы. Приводятся: формулы для проведения теоретических расчетов, методика измерения деформаций, порядок выполнения работы и оформления ее результатов, контрольные вопросы.

Предназначено для студентов 1 и 3 факультетов дневного и вечернего отделений.

УДК 539.3(075)
ББК 30.121

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 Описание объекта исследования	4
2 Теоретические положения	5
3 Экспериментальное определение напряжений	13
4 Порядок выполнения работы	16
Контрольные вопросы	18
Список используемых источников	19

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТОНКОСТЕННОЙ БАЛКИ ТИПА ЛОНЖЕРОНА С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ПОЯСАМИ

Цель работы – экспериментальная проверка приемлемости расчетной схемы в виде балки с тонкой стенкой для описания напряженно-деформированного состояния лонжеронов.

1 ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

В авиационных конструкциях в виде тонкостенных балок проектируются лонжероны и нервюры крыла и оперения. При одной и той же строительной высоте тонкостенные балки получаются более легкими и прочными, чем балки катаного профиля.



Рис. 1 - Общий вид лабораторной установки

Исследуемый лонжерон (рис.1 и 2) представляет собой клепаную конструкцию. Он состоит из стенки 1, толщиной $\delta = 0,5$ мм, верхнего 2 и нижнего 3 параллельных поясов и стоек 4, разделяющих конст-

рукцию на шесть одинаковых панелей. Высота лонжерона $H = 300$ мм, расстояние между стойками $l = 300$ мм. Пояса и стойки собраны из двух профилей уголкового типа и имеют одинаковую площадь поперечного сечения $F_n = 2 \cdot 1,14 = 2,28 \text{ см}^2$. Момент инерции поперечного сечения поясов относительно оси z (рис.2) составляет $I_z = 0,642 \text{ см}^2$.

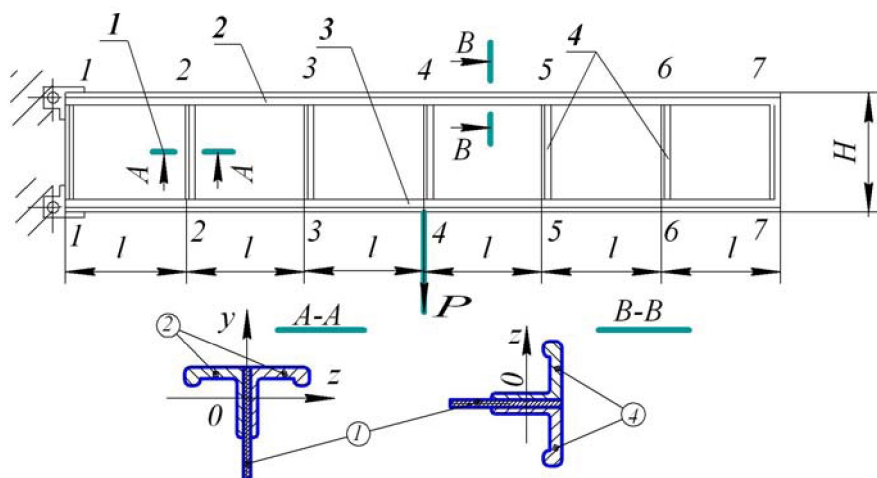


Рис. 2 – Схема лонжерона с параллельными поясами

Лонжерон прикреплен одним концом к опоре и нагружается в середине сосредоточенной силой P .

Все элементы лонжерона выполнены из алюминиевого сплава Д16АТ, имеющего модуль упругости $E = 7 \cdot 10^4$ МПа и коэффициент Пуассона $\mu = 0,3$.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

От силы P (рис. 2), приложенной в середине лонжерона, изгибающий момент к заделке изменяется по линейному закону $M = P x$, а перерезывающая сила постоянна $Q = P$.

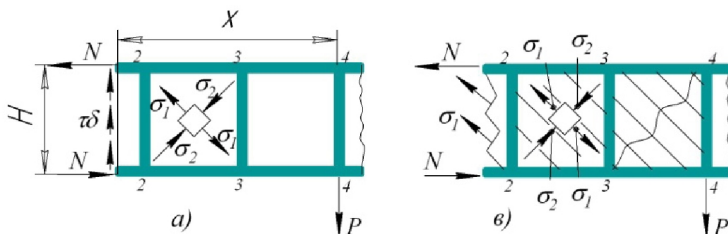


Рис. 3 – Расчетная схема лонжерона
(а) - до потери устойчивости стенки; (в) - после

Наиболее простая расчетная схема для балки получается в том случае, если полагать, что изгибающий момент воспринимается поясами, от чего в них возникает пара сил $N=M/H$ (рис. 3а), а перерезывающая сила уравнивается равномерно распределенными по высоте стенки касательными усилиями $T=\tau\delta$. Тогда для вычисления нормальных напряжений σ в поясах и касательных напряжений τ в стенке получим простые расчетные формулы [1, 2]:

$$\sigma = \pm \frac{N}{F_n} = \pm \frac{Px}{HF_n}, \quad (1)$$

$$\tau = \frac{Q}{\delta H} = \frac{P}{\delta H}. \quad (2)$$

Здесь F_n - площадь поперечного сечения пояса; δ - толщина стенки.

С увеличением нагрузки P тонкая стенка панелей, работающих на сдвиг, теряет устойчивость, но при этом конструкция в целом не выходит из строя. Стенка становится волнообразной (рис. 3в).

Напряжение потери устойчивости $\tau_{кр}$ подсчитаем по формуле, известной из курса строительной механики

$$\tau_{кр} = \frac{0,9\kappa E}{(b/\delta)^2} \quad (3)$$

Предполагая закрепление пластинки (стенки) соответствующим случаю шарнирного опирания по всему контуру, будем иметь

$$\kappa = 5,6 + \frac{3,78}{(a/b)^2},$$

где a и b - соответственно большая и малая стороны прямоугольной пластинки. В нашем случае $a=b=300$ мм.

Воспользовавшись формулой (2), определим величину нагрузки, вызывающей потерю устойчивости стенки

$$P_{кр} = \tau_{кр} \cdot \delta \cdot H . \quad (4)$$

До потери устойчивости стенка работает на чистый сдвиг, при котором главные напряжения σ_1 и σ_2 равны между собой.

После потери устойчивости напряжение σ_2 , действующее поперек волн, достигнув своего максимального значения $\sigma_2 = \sigma_{кр}$, в дальнейшем, с повышением нагрузки, почти не изменяется, в то время как растягивающее напряжение σ_1 , действующее вдоль волн, продолжает расти. Следовательно, после потери устойчивости стенка, в основном, работает на растяжение. В дальнейших расчетах ввиду малости напряжения $\sigma_{кр}$ для тонких стенок будем пренебрегать сжимающим напряжением σ_2 , полагая его равным нулю.

Изменение характера работы стенки, связанное с потерей устойчивости, влечет за собой появление дополнительных нагрузок на окружающие ее элементы. На пояса и стойки от натянутой в диагональном направлении стенки передается под некоторым углом α распределенная нагрузка q (рис. 4). Разложим ее на составляющие q_1 и q_2 , q_3 и q_4 .

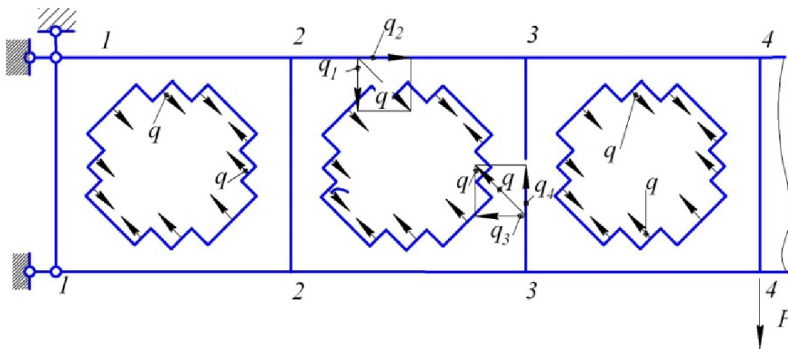


Рис. 4. Схеме передачи нагрузки на пояса и стойки от стенки после потери устойчивости

Сравнивая характер взаимодействия стенки с окружающими элементами до и после потери устойчивости, можно обнаружить, что потеря устойчивости стенки сопровождается появлением местной поперечной нагрузки q_1 на пояса и q_3 на стойки (рис. 4). Уровень этих на-

грузок зависит от величины перерезывающей силы Q , действующей в пределах данной панели и, следовательно, определяющей степень натяжения стенки:

$$q_1 = q \cdot \sin \alpha = \frac{Q}{H} \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad q_2 = q \cdot \cos \alpha = \frac{Q}{H} \cdot \operatorname{ctg} \alpha.$$

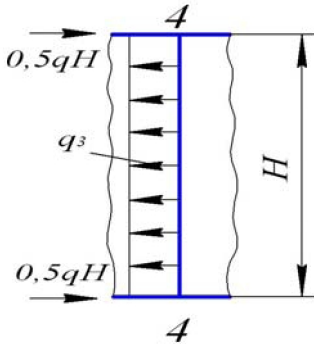


Рис. 5 – Схема передачи местной нагрузки со стойки на пояса

Работа стоек на местную нагрузку. Если натяжение стенки слева и справа от стойки одинаково, то местные нагрузки q_3 , действующие на нее с двух сторон, уравновешивают друг друга и стойка на изгиб не работает.

Стойки, у которых натяжение стенки в соседних панелях неодинаково (например, стойки I-I и 4-4 на рис. 4), работают на изгиб и, кроме того, как видно из рис. 5, со стороны таких стоек на пояса дополнительно передается сжимающая сила $0,5q_3H$.

Работа поясов на местную нагрузку. Пояса лонжеронов работают в условиях продольно-поперечного изгиба. Будем считать соединения поясов со стойками шарнирными. Тогда пояса можно рассматривать как многопролетные неразрезные балки, опирающиеся на стойки. В качестве примера на рис. 6 приведена расчетная схема для верхнего пояса лонжерона. Этот пояс как неразрезная балка является пять раз статически неопределимой системой. С учетом всех факторов нормальные напряжения $\sigma_в$ и $\sigma_н$ в верхнем и нижнем поясах после потери устойчивости стенки определяются по следующим формулам [3, 5]:

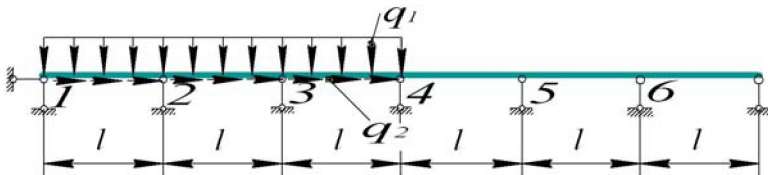


Рис. 6. Схема расчета пояса как многопролетной неразрезной балки

$$\begin{aligned}\sigma_e &= \frac{P_x}{HF_n} - \left(\frac{Q}{2F_n} \operatorname{ctg} \alpha - \frac{M_e}{I_z} y \right) \omega, \\ \sigma_n &= -\frac{P_x}{HF_n} - \left(\frac{Q}{2F_n} \operatorname{ctg} \alpha - \frac{M_n}{I_z} y \right) \omega. \\ \omega &= th(0,5 \lg \frac{P}{P_{kp}}).\end{aligned}\quad (5)$$

Первое слагаемое в правых частях этих формул обусловлено общим изгибом лонжерона (см. формулу 1). Второе слагаемое есть результат сжатия поясов между стойками I-I и 4-4, и, наконец, третий член есть следствие местного изгиба поясов. Здесь M_B и M_H - изгибающие моменты в верхнем и нижнем поясах от местной нагрузки.

Корректирующий множитель ω учитывает поддерживающее влияние поясов и стоек на прилегающую обшивку.

Диагональные напряжения σ_1 в стенке определяются из следующего соотношения:

$$\sigma_1 = \frac{2P}{H\delta \sin 2\alpha}. \quad (6)$$

Угол наклона волн α , входящий в предыдущие формулы, зависит от геометрических характеристик панели

$$\operatorname{tg} \alpha = \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{H\delta}{2F_n}}{1 + \frac{\ell\delta}{F_{cm}}}} = \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{300 \cdot 0,5}{2 \cdot 228}}{1 + \frac{300 \cdot 0,5}{228}}} = 0,9462.$$

Тогда, $\alpha = 43,42^\circ$.

Расчет поясов на местный изгиб для обоих типов лонжеронов был выполнен для нагрузки $P = 1000 \text{ Н}$. Эпюры изгибающих моментов для поясов приведены на рис. 7.

В таблице 1 даны расчетные значения изгибающих моментов M_e и M_n в тех точках, где наклеены на конструкцию тензорезисторы. В расчетах не учитывалось влияние на местный изгиб осевых сил в поясах.

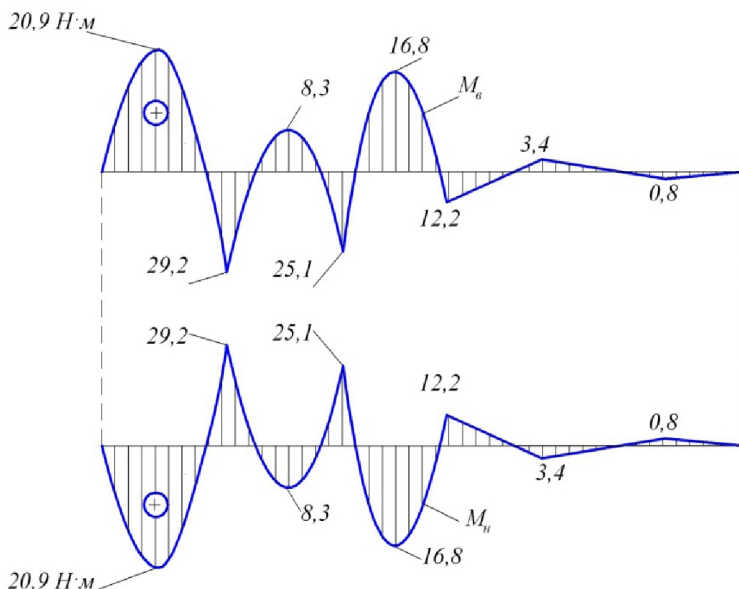


Рис. 7 – Изгибающие моменты от местной нагрузки для поясов

Таблица 1 - Изгибающие моменты в поясах от местного изгиба

№ дат.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
$M, Hм$	-29,2	-16,0	-5,7	1,8	6,5	8,3	7,32	3,5	-3,2	-12,7	-25,1	
№ дат.	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
$M, Hм$	-25,1	-29,2	-16,0	-5,7	1,8	6,5	8,3	7,3	3,5	3,2	12,7	25,1

Расчетные формулы, приведенные выше, соответствуют простейшей расчетной схеме. При этом многие факторы, усложняющие расчеты, во внимание не принимались. Остановимся на некоторых из них.

Влияние упругости поясов. Прогибы поясов от местного изгиба вызывают неравномерное распределение растягивающих напряжений в стенке (рис. 8). При этом очевидно, что эти напряжения будут кон-

центрироваться на линии, соединяющей узлы крепления стоек с поясами, так как у этих узлов прогибы будут наименьшими.

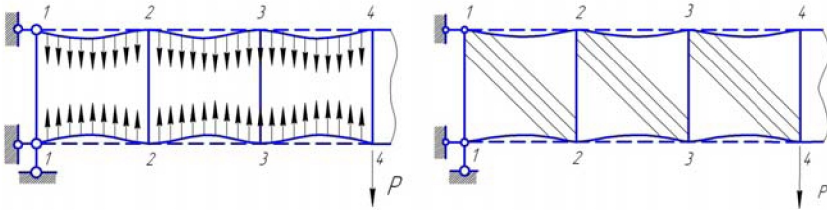


Рис. 8 – Влияние прогибов поясов на распределение растягивающих напряжений в стенке

Обшивка, прилегающая к поясам и стойкам, вообще не теряет устойчивости (рис. 9). В результате погонные нагрузки q от стенки распространяются не на всю длину пояса между стойками. Напряжения от местного изгиба должны уменьшиться.

Влияние главного сжимающего напряжения σ_2 .

Ранее мы приняли допущение, что из-за малой толщины стенки $\sigma_2=0$. Ввиду этого

предположения мы получили одноосное поле напряжений в обшивке. Фактически же по причине конечной толщины стенки и влияния ее крепления к поясам и стойкам главное сжимающее напряжение будет отличаться от нуля. После потери устойчивости обшивки главное сжимающее напряжение σ_2 , равное критическому касательному напряжению, может несколько расти. Это происходит из-за того, что при образовании складки стенка не может отделиться от прикрепленных к ней поясов и стоек, имеющих жесткость изгиба в плоскости, перпендикулярной плоскости стенки. Напряжение σ_2 уменьшает уровень местных изгибающих нагрузок q_1, q_3 .

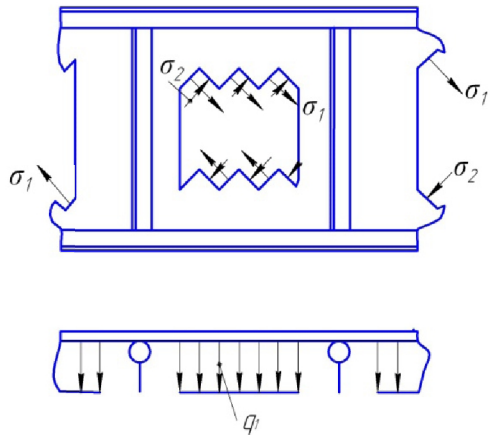


Рис. 9 – Поддерживающее влияние поясов и стоек на прилегающую обшивку

Влияние главного растягивающего напряжения σ_1 . Из-за поддерживающего влияния поясов и стоек форма складки стенки вдоль растягивающих напряжений будет криволинейной (рис. 10,б). Поэтому напряжения σ_1 будут препятствовать стенке терять устойчивость от сжимающих напряжений σ_2 , т. е. будут уменьшать глубину складок (рис. 10,в).

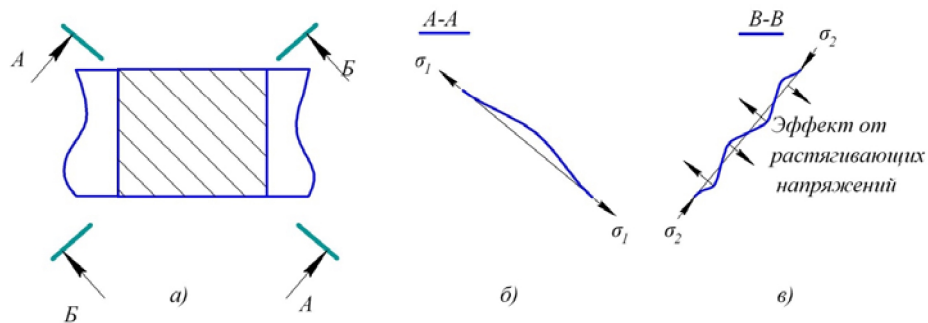


Рис.10 – Влияние растягивающих напряжений на поведение стенки после потери устойчивости

Влияние перечисленных выше факторов на напряженно-деформированное состояние лонжеронов оценивается в данной работе экспериментальным путем.

3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ

На лонжерон с параллельными поясами наклеено 32 датчика деформации (рис. 11).

При нагружении лонжеронов возможен их изгиб в направлении, перпендикулярном плоскости стенки. Жесткость лонжеронов в этом направлении весьма мала. Чтобы исключить влияние такого изгиба на результаты эксперимента, тензорезисторы наклеиваются на пояса попарно на равном расстоянии от оси симметрии сечения (рис. 11). Затем они соединяются последовательно и включаются в одно плечо измерительного моста.

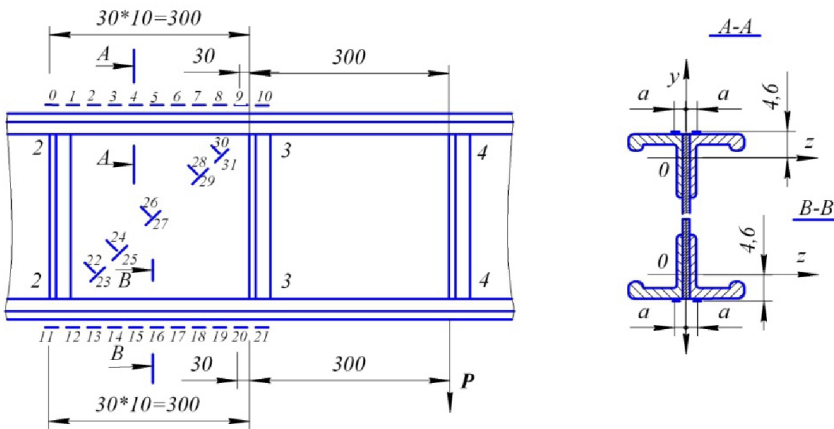


Рис. 11 – Схема наклейки тензорезисторов на лонжерон

Напряженно-деформированное состояние стенки каждого лонжерона исследуется в пяти точках. В каждой точке наклеивается по два тензорезистора, которые образуют так называемую двухэлементную прямоугольную розетку. Один датчик ориентируется по главному нормальному напряжению σ_1 , а другой - по главному напряжению σ_2 . По деформациям ε_1 и ε_2 , измеренным датчиками, главные напряжения в точке подсчитываются с использованием закона Гука для плоского напряженного состояния [4]

$$\sigma_1 = \frac{E}{1 - \mu^2} (\varepsilon_1 + \mu\varepsilon_2), \quad (7)$$

$$\sigma_2 = \frac{E}{1 - \mu^2} (\varepsilon_2 + \mu\varepsilon_1).$$

Нормальные напряжения в поясах вычисляются по закону Гука для одноосного напряженного состояния $\sigma = E\varepsilon$.

На лонжероны наклеены тензорезисторы, имеющие коэффициент тензочувствительности $K = 2,09$.

4 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.1 Подсчитать значения критических касательных напряжений в стенке и критической нагрузки вызывающей потерю устойчивости стенки по формулам (3) и (4). Для вычислений воспользоваться таблицей 1, изображённой на рисунке 12.

Исходные данные для выполнения работы							
1	2	3	4	5	6	7	8
Толщина стенки лонжерона δ , мм	Высота балки лонжерона H , мм	Расстояние между стойками l , мм	Площадь поперечного сечения поясов и стоек F_A и F_C , мм ²	Момент инерции поперечного сечения поясов I	Модуль упругости всех элементов балки - лонжерона E , МПа	Коэффициент Пуассона μ	
0,5	300	300	228	6420	70000	0,3	
Продолжение таблицы 1							
9	10	11	12	13	14	15	16
Критические напряжения потери устойчивости P , МПа	Критическое значение нагрузки N	Тангенс угла наклона волн $tg\alpha$	Угол наклона волн α°	Угол наклона волн α , радиан	Значение силы P H	Коэффициент полноты диагонального поля растяжения	

Рис. 12 – Таблица 1

4.2 Подключить кабели от переключателя датчиков прибора СИИТ-3 к штепсельным разъёмам лабораторной установки и по маркировке разъёмов установить соответствие между номерами датчиков и номерами каналов прибора СИИТ-3.

4.3 Снять сначала показания датчиков n_0 при полностью разгруженной установке, затем n_1 при промежуточной нагрузке P_1 , близкой к критическому значению, но не превышающей его, и, наконец, n_2 при конечной нагрузке P_2 . Внести значения n_0, n_1, n_2 в таблицу 2. Вид таблицы 2 приведён на рисунке 13. Далее в той же таблице вычислить два приращения

$$\Delta n_{10} = n_1 - n_0 \text{ и } \Delta n_{21} = n_2 - n_1.$$

4.4 Эксперимент повторить ещё два раза, внести данные в таблицу 2, затем результаты всех трёх опытов усреднить, поместив результаты в таблице 2.

4.5 Разгрузить установку.

Предварительная обработка результатов эксперимента															
1-я измерение					2-я измерение					3-я измерение					
	N_1	N_2	N_3	Δl_1	Δl_2	N_1	N_2	N_3	Δl_1	Δl_2	N_1	N_2	N_3	Δl_1	Δl_2
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															

Рис. 13 – Таблица 2

4.6 По средним показаниям датчиков подсчитать экспериментальные значения напряжений в исследуемых точках балки с тонкой стенкой, для чего воспользоваться таблицами 3,4,5. Вид таблиц 3,4,5 приведён на рисунках 14,15,16.

Анализ нормальных напряжений в посах до потери устойчивости стенки							
Поиск	Номер датчика	Плечо x внешней силы, Δl	Значения изгибающих моментов от внешней нагрузки $P \cdot x, N \cdot \Delta l$	Расчётные значения нормальных напряжений в посах $\sigma^p, \sigma^p, \sigma^p, M^p$	Экспериментальные значения нормальных напряжений в посах σ^exp, M^p		
							σ^exp / σ^p
3							
4	0	0.6					
5	1	0.57					
6	2	0.54					
7	3	0.51					
8	4	0.48					
9	5	0.45					
10	6	0.42					
11	7	0.39					
12	8	0.36					

Рис. 14 – Таблица 3

4.7 Рассматривая лонжерон как балку с тонкой стенкой, подсчитать напряжения в исследуемых точках от нагрузки P_1 по формулам (1) и (2) и от нагрузки P_2 по формулам (5) и (6), для чего воспользоваться таблицами 3,4,5.

После загиба	Номер загиба	Плечо x , мм	Значения изгибающих моментов от внешней нагрузки P_1 , Н·м	Значения изгибающих моментов от местной нагрузки для верхнего и нижнего поясов M_1, M_2 , Н·м (сигма)	Суммарные нормальные напряжения в поясах σ^1, σ^2 , МПа	Экспериментальные значения нормальных напряжений в поясах σ^1 , МПа	σ^1 / σ^2
Верхний пояс	0	0,6		-39,2			
	1	0,57		-16,02			
	2	0,54		-5,67			
	3	0,51		1,83			
	4	0,48		6,50			
	5	0,45		8,33			
	6	0,42		7,32			
	7	0,39		3,47			

Рис. 15 – Таблица 4

Номер загиба	До потери устойчивости			После потери устойчивости		σ^1 / σ^2
	Расчетные значения касательных напряжений в стенке τ^1 , МПа	Экспериментальные значения касательных напряжений в стенке τ^2 , МПа	Расчетные значения диагональных напряжений в стенке σ^1 , МПа	Экспериментальные значения диагональных напряжений в стенке σ^2 , МПа		
22	22	23	24	25		
23						
24						
25						
26						
27						
28						

Рис. 16 – Таблица 5

4.8 Подсчитать отношения между расчётными и экспериментальными данными, заполнив все столбцы в таблицах 3,4,5.

4.9 Оценить приемлемость выбранной расчётной схемы для описания напряжённо-деформированного состояния лонжерона – тонкостенной балки.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие допущения приняты при расчёте лонжерона, если стенка не теряет устойчивости?
2. Какие допущения были приняты при расчёте лонжерона, когда стенка потеряла устойчивость?
3. Как работают стойки до и после потери устойчивости стенки?
4. Какая расчётная схема принята для расчёта местного изгиба верхнего и нижнего поясов?
5. Каким образом изменяются сжимающие напряжения σ_2 в потерявшей устойчивость стенке с ростом нагрузки P (увеличиваются, постоянны, падают)?
6. В чём заключается поддерживающее влияние поясов и стоек на стенку?
7. Справедлив ли принцип независимого действия сил для рассматриваемой балки до и после потери устойчивости стенки?
8. Каким образом местный изгиб поясов влияет на распределение нормальных напряжений σ_1 в потерявшей устойчивость стенке?
9. Каков характер изменения нормальных напряжений в поперечном сечении пояса от общего изгиба балки?
10. Применима ли выбранная расчётная схема для описания напряжённо-деформированного состояния лонжерона?
11. По каким причинам лонжерон может выйти из строя, если увеличивать нагрузку P ?
12. Каким образом исключается из результатов эксперимента изгиб лонжерона из его плоскости?
13. Какие элементы авиационных конструкций выполняются в виде балок с тонкой стенкой?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зацетина, М.В.* Балочная теория расчета тонкостенных конструкций [Текст]: учеб. пособие; 2-е изд., переработанное / *М.В. Зацетина*. – Самара: СГАУ, 1993. - 48 с.
2. *Кан, С.Н.* Строительная механика оболочек [Текст]: учебник/ *С.Н. Кан*. – М.: Машиностроение, 1966. – 508 с.
3. *Кун, П.* Расчёт на прочность оболочек в самолётостроении [Текст] / *П. Кун*. – М.: Оборонгиз, 1961. -306 с.
4. *Мехеда, В.А.* Тензометрический метод измерения деформаций [Текст]: учеб. пособие / *В.А. Мехеда*. – Самара: СГАУ, 2011. – 54 с.
5. *Ромашевский, А.Ю.* Строительная механика самолета [Текст]: учеб. пособие / *А.Ю. Ромашевский*. – М.: Изд-во МАИ, 1965, - 301 с.

Учебное издание

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ТОНКОСТЕННОЙ БАЛКИ ТИПА ЛОНЖЕРОНА
С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ПОЯСАМИ**

Методические указания к лабораторной работе

Составители: *Ахмедьянов Исхак Саидович,
Мехеда Виллий Андреевич,
Хвесьюк Олег Вячеславович*

Редактор И.И. Спиридонова
Доверстка И.И. Спиридонова

Подписано в печать 16.05.2012. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Печ. л. 1,25.

Тираж 100 экз. Заказ . Арт. – М4 /2012

Самарский государственный
аэрокосмический университет.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского государственного
аэрокосмического университета.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.