

Оглавления некоторых изданий кафедры

В данном разделе представлены 52 оглавления из 184 изданий, указанных в предыдущем разделе.

Оглавления монографий

(нумерация согласно подраздела «Монографии»
раздела «Библиография изданий кафедры»)

4. Еленевский Г.С. Строительная механика крыла переменного сечения. - М.: Оборонгиз, 1954.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Принятые обозначения	3
Системы координат	3
Геометрические характеристики	4
Внешние силы и моменты	5
Внутренние усилия и напряжения	5
Жесткостные характеристики	6
Перемещения	7
Введение	8
Глава 1. Силовая конструкция крыла	19
Глава 2. Определение нормальных напряжений в коническом крыле	23
Глава 3. О нормальных напряжениях в неконическом крыле	41
Глава 4. Погонные касательные усилия, определяющие осевые усилия в продольном наборе крыла	47
Глава 5. Полные касательные усилия в сечении крыла двухсвязного контура	65
Глава 6. Силы и моменты от внешней нагрузки	74
Глава 7. Потенциальная энергия отсека крыла и ее производная	78
Глава 8. Ось жесткости сечения	89
Глава 9. Частные случаи оси жесткости сечения	95
Глава 10. Факторы, определяющие знак и величину	115

угла оси жесткости с осью $O\zeta(Oz)$	
<i>Глава 11.</i> Определение полных перемещений сечений крыла	127
<i>Глава 12.</i> Крыло, сечение которого представляет собой многосвязный контур	145
Заключение	153
<i>Приложение 1.</i> О влиянии упругости нервюр на значения осевых усилий в поясах при кручении	160
<i>Приложение 2.</i> О влиянии упругости закрепления крыла на значения осевых усилий в поясах при кручении	170
<i>Приложение 3.</i> О редуционных коэффициентах однолонжеронного крыла вблизи закрепления	177
<i>Приложение 4.</i> О редуционных коэффициентах при резком изменении площадей поясов одного из лонжеронов	182
<i>Приложение 5.</i> Определение угла закручивания в четырехпоясной призматической коробке с поясами, площади сечений которых изменяются по длине, и с обшивкой, воспринимающей только сдвиг	189
<i>Приложение 6.</i> Пример численного определения жесткостных характеристик и напряжений в сечении крыла	199
Литература	226

8. Феофанов А.Ф. Строительная механика тонкостенных конструкций. - М.: Оборонгиз, 1958. 330 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
От автора	4
Глава I. Общие положения	5
§ 1. Элементы тонкостенных конструкций	6
§ 2. Равновесие и потенциальная энергия элементов обшивки	6
§ 3. Равновесие и потенциальная энергия стержней	15
§ 4. Работа внутренних сил в тонкостенных конструкциях	18
§ 5. Определение перемещений	19
Глава II. Введение в расчет статически определимых и статически неопределимых систем	24
§ 1. Расчетные схемы	24
§ 2. Расчет напряжений и деформаций косоугольного параллелепипеда	26
§ 3. Определение напряженного состояния замкнутой оболочки типа фюзеляжа самолета в области выреза	30
§ 4. Применение к расчету статически неопределимых систем принципа возможных перемещений. Каноническое уравнение метода сил	35
§ 5. Теорема о минимуме потенциальной энергии деформации	38
§ 6. Расчет тонкостенного кругового шпангоута	39
§ 7. Расчет боковин фюзеляжа в местах резких изменений их поперечного сечения	46
§ 8. Определение усилий в области выреза оболочки при большом количестве замкнутых отсеков	52
Глава III. Тонкостенные балки	56
§ 1. Вводные замечания	56
§ 2. Изгиб тонкостенной балки с параллельными поясами	56
§ 3. Определение перемещений	64
§ 4. Определение напряженного состояния тонкостенных балок с трапециевидными панелями	68

Глава IV. Свободный изгиб и свободное кручение оболочек	77
§ 1. Вводные замечания	77
§ 2. Определение нормальных напряжений	77
§ 3. Определение касательных напряжений при изгибе цилиндрической оболочки с открытым контуром сечения	78
§ 4. Примеры расчета ПКС при изгибе открытых оболочек	81
§ 5. Центр изгиба открытых сечений	85
§ 6. Изгиб и кручение оболочек с замкнутым контуром сечения	90
§ 7. Определение перемещений оболочек	98
§ 8. Центр изгиба замкнутого сечения	100
§ 9. Изгиб и кручение оболочек с многосвязным профилем	106
§ 10. Центр изгиба многосвязного профиля	111
§ 11. Расчет нормальных напряжений без определения главных осей инерции	111
§ 12. Примеры определения ПКС и ЦИ многосвязных оболочек	115
§ 13. Расчет нервюр, при действии на оболочку перерезывающей силы и крутящего момента	126
Глава V. Стесненное кручение четырехпоясных кессонов с обшивкой, работающей лишь на сдвиг	131
§ 1. Вводные замечания	131
§ 2. Приближенное определение вторичных напряжений кручения в корневой части кессона методом сил	133
§ 3. Определение вторичных напряжений энергетическим методом	136
Глава VI. Изгиб и кручение прямых кессонов с обшивкой, работающей на сдвиг и нормальные напряжения	140
§ 1. Определение виртуальной работы прямоугольного листа, подкрепленного гофром или стрингерами	140
§ 2. Определение вторичных напряжений в первом приближении	141
§ 3. Уточнение расчета вторичных напряжений	159

§ 4. Определение вторичных напряжений энергетическим методом	165
Глава VII. Расчет оболочек вариационным методом В.3. Власова	172
§ 1. Основные гипотезы	172
§ 2. Интегральные условия равновесия элементарной поперечной полосы	177
§ 3. Кручение прямоугольных кессонов	179
Глава VIII. Расчет корневой части однолонжеронного стреловидного крыла	187
§ 1. Общие замечания	187
§ 2. Определение напряженного состояния корневой части крыла 1-го типа	188
§ 3. Определение напряженного состояния корневой части крыла 2-го типа	195
§ 4. Общие формулы для определения деформаций корневой части крыла 1- и 2-го типов	203
Глава IX. Расчет напряжений в стреловидном кессоне с нервюрами, параллельными продольной оси самолета	208
§ 1. Определение виртуальной работы косоугольного подкрепленного Гофром	208
§ 2. Определение вторичных напряжений в первом приближении	209
§ 3. Уточнение расчета вторичных напряжений	218
§ 4. Дальнейшее уточнение расчета вторичных напряжений методом сил	224
§ 5. Определение вторичных напряжений энергетическим методом	227
Глава X. Расчет стреловидных кессонов с нервюрами, перпендикулярными к лонжеронам	242
§ 1. Общие замечания	242
§ 2. Определение напряженного состояния кессона симметричного сечения	142
§ 3. Расчет кессона при асимметрии его поперечного сечения относительно вертикальной оси	260
§ 4. Определение деформации	262
§ 5. Численный пример расчета кессона с углом стреловидности $\theta=35^\circ$ от силы, приложенной в	269

середине конечного сечения кессона	
§ 6. Расчет кессона с углом стреловидности $\theta=55^\circ$	275
§ 7. Расчет кессона с углом стреловидности $\theta=55^\circ$ с усиленными поясами заднего лонжерона	277
§ 8. Расчет прямого кессона	281
§ 9. Численный пример определения прогиба на конце стреловидного Кессона	283
Глава XI. Расчет напряжений в кольцевых крыльях	287
§ 1. Вводные замечания	287
§ 2. Выбор основных систем для внешних нагрузок	291
§ 3. Определение усилий в основных системах от внешних нагрузок	292
§ 4. Определение усилий от единичных нагрузок	298
§ 5. Определение полных усилий от нагрузки P_1	303
§ 6. Определение усилий от нагрузки P_2	304
§ 7. Определение усилий от нагрузки P_3	306
§ 8. Определение усилий при действии лобовых нагрузок	313
§9. О расчете мотогондол реактивных двигателей	316
Приложение	321
Литература	326

10. Образцов И.Ф. Методы расчета на прочность кессонных конструкций типа крыла. - М.: Оборонгиз, 1960.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	Стр. 3
Часть первая	
ИЗГИБ И КРУЧЕНИЕ ОБОЛОЧЕК, МЕЮЩИХ ОДНОЗАМКНУТЫЙ КОНТУР ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ	
Глава I. Вариационный метод В. З. Власова	9
Глава II. Дифференциальные уравнения изгиба и кручения оболочек типа кессона крыла с неизменяемым контуром поперечного сечения	14
§ 1. Выбор аппроксимирующих функций	15
§ 2. Определение коэффициентов дифференциальных уравнений (1.7)	17
§ 3. Дифференциальные уравнения равновесия элементарной полоски относительно искомых обобщенных перемещений	18
Глава III. Стесненный изгиб оболочек типа кессона крыла и фюзеляжа	19
§ 4. Расчет оболочек типа кессона крыла при изгибе поперечной силой	19
§ 5. О двух решениях дифференциальных уравнений стесненного изгиба	34
§ 6. Изгиб кессона распределенной и сосредоточенной нагрузками	39
§ 7. Изгиб кессона сосредоточенными продольными и поперечными силами	46
§ 8. О работе нервюр на деформациях, вызванных изгибом	48
§ 9. Изгиб оболочки несимметричного поперечного сечения	55
§ 10. Некоторые замечания о выборе функций деформации	62
§ 11. О влиянии некоторых геометрических размеров оболочки на деформацию сечений	65
Глава IV. Стесненное кручение оболочек типа	69

кессона крыла	
§ 12. Кручение кессона с жестким в поперечном сечении контуром	69
Глава V. Стесненное кручение оболочек с учетом упругости нервюр	82
§ 13. Дифференциальные уравнения оболочек с учетом упругости нервюр типа пластины	82
§ 14. Кручение кессона с изменяемым в поперечном сечении контуром	85
Глава VI. Изгиб и кручение кессонов с учетом упругости заделки	93
§ 15. Изгиб и кручение кессона с упругой заделкой сосредоточенными на свободном конце поперечной силой, изгибающим и крутящим моментами	95
§ 16. Изгиб и кручение кессона с упругой заделкой равномерно распределенными по его длине поперечными силами и крутящими моментами	108
Глава VII. Стесненное кручение кессонной оболочки с четырехточечным креплением	118
Глава VIII. К расчету слабokonических кессонов	122
§ 17. Вывод уравнений для конических оболочек	122
§ 18. Изгиб конического кессона по балочной теории	128
§ 19. Стесненный изгиб конических кессонов в случае аппроксимирования деформации линейными функциями	130
Часть вторая	
РАСЧЕТ СТРЕЛОВИДНЫХ КЕССОНОВ	
Глава IX. Расчет на прочность оболочек типа кессона стреловидного крыла	
с жестким контуром поперечного сечения	147
§ 20. Расчет стреловидного кессона с жесткой заделкой	147
§ 21. Расчет стреловидных кессонов с учетом работы оболочки центроплана	161
§ 22. Об учете деформации сечений от изгиба поперечной силой при расчете стреловидных кессонов и оболочки центроплана	177
Глава X. Расчет на прочность стреловидных кессонов с учетом упругости нервюр	184
§ 23. Расчет жестко заделанного стреловидного	184

кессона с учетом упругости нервюр	
§ 24. Расчет стреловидных кессонов с учетом упругости нервюр и заделки	204
Часть третья	
СТЕСНЕННЫЙ ИЗГИБ И КРУЧЕНИЕ МНОГОЗАМКНУТЫХ КЕССОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	
Глава XI. Изгиб и кручение кессонной конструкции, имеющей четырехзамкнутый контур поперечного сечения	224
§ 25. Дифференциальные уравнения изгиба и кручения четырехзамкнутой кессонной конструкции	224
§ 26. Изгиб кессонной конструкции, имеющей в поперечном сечении четырехзамкнутый контур	232
§ 27. Стесненное кручение четырехзамкнутой кессонной конструкции	259
§ 28. О местных напряжениях в заделке	271
§ 29. Определение касательных напряжений в четырехзамкнутой оболочке	277
Глава XII. Изгиб и кручение четырехзамкнутой стреловидной кессонной конструкции	288
§ 30. Расчет на прочность четырехзамкнутой стреловидной оболочки	288
§ 31. К использованию электронных вычислительных машин для решения дифференциальных уравнений равновесия кессонных конструкций	296
§ 32. К расчету многозамкнутых стреловидных кессонов с упругой заделкой	301
Заключение	308
Литература	310

11. Феофанов А.Ф. Строительная механика авиационных конструкций. - М.: Машиностроение, 1964. 284 с.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
От автора	4
Раздел первый	
ТЕОРИЯ И РАСЧЕТ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ И ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ОБШИВКОЙ, ВОСПРИНИМАЮЩЕЙ ТОЛЬКО СДВИГ	
Глава I. Образование систем и исследование их геометрической неизменяемости	5
Введение	5
1. Образование простых свободных систем	6
2. Исследование геометрической неизменяемости простых свободных систем способом разрушения	9
3. Образование сложных систем	10
4. Крепление к опорам	15
Глава II. Введение в расчет статически определимых систем	18
1. Общие свойства статически определимых систем	18
2. Расчет простых плоских статически определимых систем	19
3. Расчет простых пространственных статически определимых систем	21
4. Расчет сложных статически определимых систем	27
5. Определение перемещений статически определимых систем	34
Глава III. Введение в расчет статически неопределимых систем	40
1. Степень статической неопределимости	40
2. Канонические уравнения метода сил	41
3. Упрощение расчета в случае симметрии	44
4. Примеры расчета статически неопределимых систем методом сил	45
5. Определение перемещений статически неопределимых систем	59

Раздел второй
ВАРИАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ
МЕХАНИКИ

Глава IV. Энергетические принципы. Уравнения Эйлера вариационной задачи	62
1. Основные уравнения теории упругости	62
2. Принцип возможных перемещений	67
3. Потенциальная энергия деформации	69
4. Вариационное уравнение Лагранжа - принцип потенциальной энергии	71
5. Вариационное уравнение Кастильяно - принцип дополнительной энергии	76
6. Теоремы Кастильяно	82
7. Уравнения Эйлера. Примеры	85
Глава V. Некоторые приближенные методы решения задач строительной механики	97
1. Метод Ритца	97
2. Кручение призматического крыла с ромбовидным профилем	102
3. Метод Бубнова - Галеркина	106
4. Смешанный метод	109
5. Уравнения в конечных разностях смешанного метода	110
Глава VI. Применение приближенных методов к расчету прямоугольных пластинок	114
1. Потенциальная энергия пластинки	114
2. Изгиб шарнирно опертых прямоугольных пластинок	119
3. Устойчивость пластинок	122
4. Пластинки, усиленные продольными ребрами (стрингерами). Понятие о редуционном коэффициенте	127

Раздел третий
РАСЧЕТ ОБОЛОЧЕК ТИПА КРЫЛА И КОРПУСА
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Глава VII. Некоторые случаи применения уравнений в конечных разностях к определению напряженного	131
---	-----

состояния цилиндрической оболочки	
1. Расчет цилиндрической оболочки в месте стыка	131
2. Определение напряженного состояния при кручении цилиндрической оболочки с вырезом	143
Глава VIII. Свободный изгиб и свободное кручение оболочек с большим сужением	161
1. Определение нормальных напряжений	163
2. Определение касательных напряжений при изгибе оболочки с открытым контуром сечения	166
3. Изгиб и кручение замкнутых оболочек	169
4. Определение перемещения оболочек	176
5. Изгиб и кручение системы с многозамкнутыми сечениями	180
Глава IX. Применение метода перемещений к расчету стесненного изгиба и кручения оболочек типа крыла	190
1. Метод перемещений	190
2. Матрица гибкости и матрица жесткости	191
3. Расчетная схема крыла	196
4. Определение узловых сил лонжеронов	199
5. Определение узловых сил нервюр	199
6. Определение узловых сил отсеков	201
7. Общие замечания к определению прогибов узлов крыла и его напряженного состояния	202
Глава X. Применение метода Канторовича-Власова к расчету сплошных крыльев	204
Введение	204
1. Дифференциальные уравнения задачи и формулировка граничных условий	205
2. Расчет прямоугольного крыла с ромбовидным профилем	208
3. Расчет равномерно нагруженного треугольного крыла	216
Раздел четвертый	
ТЕМПЕРАТУРНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ	
Глава XI. Применение метода сил и уравнений в конечных разностях к расчету температурных напряжений систем с тонкой обшивкой	222
1. Определение температурных напряжений методом	222

сил	
2. Применение метода конечных разностей к расчету температурных напряжений крыла с тонкой обшивкой	230
Г лава XII. Применение метода Канторовича—Власова к расчету температурных напряжений	233
1. Температурные напряжения прямоугольной пластинки	239
2. Температурные напряжения сплошного крыла с ромбовидным профилем	246
Глава XIII. Применение метода конечных разностей к расчету температурных напряжений крыла. Влияние температурных напряжений на уменьшение жесткости крыла при кручении	253
1. Температурные напряжения крыла с толстой обшивкой	253
2. Влияние температурных напряжений на уменьшение жесткости на кручение	272
Литература	280

12. Образцов И. Ф. Вариационные методы расчета тонкостенных авиационных конструкций. -М.: Машиностроение, 1966. 392 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	Стр. 3
Принятые обозначения	10
Часть первая	
ТЕОРИЯ РАСЧЕТА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ И ПРИЗМАТИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК МЕТОДОМ В. З ВЛАСОВА	
Глава I. Общий вариационный метод приведения сложных двухмерных задач теории пластин и оболочек к одномерным	11
§ 1. Основные гипотезы, расчетная модель	11
§ 2. Идея вариационного метода В. З. Власова; выбор обобщенных координат перемещений	14
§ 3. Дифференциальные уравнения равновесия оболочки	15
§ 4. Определение нормальных напряжений	20
§ 5. Зависимости между деформациями и напряжениями в случае температурной задачи	21
§ 6. Дифференциальные уравнения равновесия с учетом воздействия на оболочку температурного поля	22
§ 7. Об одном общем свойстве системы разрешающих уравнений	37
§ 8. Определение касательных напряжений	42
Часть вторая	
РАСЧЕТ ОБОЛОЧЕК, ИМЕЮЩИХ ОДНОЗАМКНУТЫЙ КОНТУР ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ	
Глава II. Дифференциальные уравнения изгиба и	47

кручения оболочек типа кессона крыла с неизменяемым контуром поперечного сечения	
§ 1. Выбор аппроксимирующих функций	47
§ 2. Определение коэффициентов дифференциальных уравнений (1.8)	50
§ 3. Дифференциальные уравнения равновесия элементарной полоски относительно искомых обобщенных перемещений	51
Глава III. Стесненный изгиб оболочек типа кессона крыла и фюзеляжа	53
§ 1. Расчет оболочек типа кессона крыла при изгибе поперечной силой	53
§ 2. О двух решениях дифференциальных уравнений стесненного изгиба	63
§ 3. Изгиб кессона распределенной и сосредоточенной нагрузками	68
§ 4. О работе нервюр на деформациях, вызванных изгибом	75
§ 5. Изгиб оболочки типа фюзеляжа несимметричного поперечного сечения	81
§ 6. Некоторые замечания о выборе функций деформации	85
§ 7. О влиянии некоторых геометрических размеров оболочки на деформацию сечений	88
Глава IV. Стесненное кручение оболочек типа кессона крыла	92
§ 1. Кручение кессона с жестким в поперечном сечении контуром	92
Глава V. Стесненное кручение оболочек с учетом упругости нервюр	105
§ 1. Дифференциальные уравнения оболочек с учетом упругости нервюр типа пластины	105
§ 2. Кручение кессона с изменяемым в поперечном сечении контуром	108
Глава VI. Изгиб и кручение кессонов с учетом упругости заделки	114
§ 1. Изгиб и кручение кессона с упругой заделкой сосредоточенными на свободном конце поперечной силой, изгибающим и крутящим моментами	115

§ 2. Изгиб и кручение кессона с упругой заделкой равномерно распределенными по его длине поперечными силами и крутящими моментами	124
§ 3. Стесненное кручение кессонной оболочки с четырёхточечным креплением	129
Глава VII. Расчет слабokonических кессонных конструкций	138
§ 1. Вывод уравнений для конических оболочек	138
§ 2. Стесненный изгиб конического кессона	150
§ 3. Стесненное кручение конического кессона	164
Глава VIII. Определение температурных напряжений в прямоугольном кессоне	175
§ 1. Дифференциальные уравнения равновесия кессона в случае температурного воздействия	175
§ 2. Определение частного решения для температурной задачи	179
§ 3. Температурные напряжения в кессоне	181
Глава IX. Собственные колебания призматических оболочек типа кессона крыла	184
§ 1. Дифференциальные уравнения колебаний для кессона крыла	184
§ 2. Практический способ определения частот и форм собственных колебаний	187
Глава X. Расчет цилиндрических оболочек средней длины	207
§ 1. Расчет оболочек, не растяжимых в направлении контура	209
§ 2. Расчет стыкового соединения цилиндрических оболочек	213
§ 3. Расчет цилиндрической оболочки из стеклопластика при действии внутреннего давления и осевой силы	217

Часть третья

РАСЧЕТ СТРЕЛОВИДНЫХ КЕССОНОВ

Глава XI. Расчет на прочность стреловидных оболочек с жестким контуром поперечного сечения	225
--	-----

§ 1. Расчет стреловидной оболочки с жесткой заделкой	225
§ 2. Расчет стреловидных оболочек с учетом работы центроплана	240
Глава XII. Расчет на прочность стреловидных кессонов с учетом упругости нервюр	252
§ 1. Расчет жестко заделанного стреловидного кессона с учетом упругости нервюр	252
Глава XIII. Об одном уточненном методе расчета стреловидных и конических оболочек	273
§ 1. Система криволинейных координат. Геометрические соотношения. Закон Гука	273
§ 2. Приведение двумерной задачи к одномерной	278
§ 3. Интегральные уравнения равновесия. Система разрешающих дифференциальных уравнений	282
§ 4. Расчет стреловидного кессона	288
§ 5. Общий метод расчета оболочек типа крыла	295

Часть четвертая

СТЕСНЕННЫЙ ИЗГИБ И КРУЧЕНИЕ МНОГОЗАМКНУТЫХ КЕССОННЫХ КОНСТРУКЦИИ

Глава XIV. Изгиб и кручение кессонной конструкции, имеющей четырехзамкнутый контур поперечного сечения	304
§ 1. Дифференциальные уравнения изгиба и кручения оболочки	304
§ 2. Изгиб кессонной конструкции с учетом деформации сечений	312
§ 3. Кручение четырехзамкнутой кессонной конструкции с учетом деформации сечений	327
§ 4. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений на электронных вычислительных машинах	338
§ 5. Определение касательных напряжений в четырехзамкнутой оболочке с учетом бимоментных напряжений	343
Глава XV. Изгиб и кручение четырехзамкнутой	354

стреловидной кессонной конструкции	
§ 1. Расчет на прочность стреловидной оболочки	354
§ 2. К расчету многозамкнутых стреловидных кессонов с учетом работы оболочки центроплана	361

Часть пятая

РАСЧЕТ КОНСОЛЬНЫХ ПЛАСТИН ТИПА ТОНКОГО КРЫЛА

Глава XVI. Расчет прямоугольных консольных пластин	370
§ 1. Вывод вариационного уравнения теории изгиба пластин	370
§ 2. Расчет прямоугольных консольных пластин переменной толщины	375
§ 3. Расчет прямоугольных консольных пластин постоянной толщины	378
Глава XVII. Расчет треугольных пластин	380
§ 1. Треугольные пластины переменной толщины	380
§ 2. Расчет треугольных пластин постоянной толщины	385
Литература	389

13. Черемухин А.М. Избранные труды. –М.: Машиностроение, 1969. 340 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
От редакционной комиссии	5
Алексей Михайлович Черемухин	8
Основы строительной механики самолета на моделях	15
Предисловие	15
Глава I. Структура систем	16
§ 1. О назначении строительных систем	16
§ 2. Осуществление систем и их краткая классификация	17
§ 3. Основы структур стержневых систем	17
§ 4. Геометрическая неизменяемость свободных стержневых систем	28
§ 5. Сплошные балочные системы	35
§ 6. Комбинированные ферменно-балочные системы	40
§ 7. Тонкостенные оболочечные конструкции	41
§ 8. Геометрическая неизменяемость и жесткость	43
Глава II. Определение усилий в стержневых системах	44
§ 1. Общие предпосылки	44
§ 2. Определение усилий в элементах простейших узлов	44
§ 3. Аналитический «универсальный» способ проекций	45
§ 4. Геометрический способ	47
§ 5. Определение усилий способом моментов относительно точки или оси	52
§ 6. Определение усилий в опорных стержнях	53
§ 7. Определение усилий в элементах ферм	55
§ 8. Типовые системы, имеющие большое практическое применение	61
§ 9. Определение знаков усилий в элементах ферм без расчета	63
Глава III. Определение внутренних сил и моментов	64

в балочных и комбинированных системах	
§ 1. Балки прямые и ломаные	64
§ 2. Комбинированные системы	69
§ 3. Совместное действие изгиба и сжатия	73
Глава IV. Деформации систем	78
§ 1. Общий закон деформации элементов	78
§ 2. Деформации простейшего узла ферменной системы	79
§ 3. Деформации плоских и пространственных стержневых систем	80
§ 4. Деформации сплошных балочных и комбинированных систем	82
§ 5. Влияние деформаций на усилия в элементах	83
Глава V. Статически неопределимые системы	84
§ 1. Структура статически неопределимых систем	84
§ 2. Общие методы решения статически неопределимых систем	89
§ 3. Методы проверки решения статически неопределимых систем	93
§ 4. Приближенные способы решения простейших статически неопределимых систем	96
§ 5. Специальные методы решения сложных статически неопределимых систем	103
Глава VI. О работе систем за пределом упругости и о несущей способности систем	108
§ 1. Характеристика работы элемента конструкции	108
§ 2. Совместная работа различных элементов в простейшем случае	109
Глава VII. О потере устойчивости в элементах конструкций	112
§ 1. Общая физическая сущность потери устойчивости при сжатии	112
§ 2. Потеря устойчивости элементами различной формы	124
§ 3. Общая и местная потеря устойчивости	127
§ 4. Потеря устойчивости от сдвига при касательных напряжениях	127
§ 5. Потеря устойчивости элементами и ее связь с разрушением конструкции	131
Глава VIII. Изгиб тонкостенных конструкций	136

§ 1. Общие физические предпосылки по теории изгиба	136
§ 2. Особенности изгиба незамкнутых сечений	136
§ 3. Изгиб тонкостенных балок с замкнутым сечением	144
§ 4. Расчет на изгиб сложных однозамкнутых сечений, состоящих из элементов с различными характеристиками	148
Глава IX. Кручение конструкций	148
§ 1. Общая физическая картина работы сплошных конструкций при свободном кручении	148
§ 2. Стесненное кручение	154
§ 3. Кручение тонкостенных конструкций	155
§ 4. Кручение замкнутых тонкостенных коробчатых конструкций с поясами	159
Глава X. О концентрации напряжений	163
§ 1. Равномерное распределение напряжений при осевой нагрузке	163
§ 2. Причины, вызывающие непостоянство напряжений по сечению	163
§ 3. Характеристика явления в пределах пропорциональности и за ним	169
Лекции по расчету самолета на прочность	172
Внешние нагрузки, действующие на самолет	172
Горизонтальный полет	172
Основные аэродинамические характеристики крыла	173
Моменты, действующие на крыло	176
Распределение давления по профилю крыла (по хорде)	176
Перегрузка самолета в полете	178
Внешние силы и разгрузка	183
Подсчет изгибающих моментов, действующих на крыло	185
Характерные изменения циркуляции от моторных гондол и фюзеляжа и определение изгибающих моментов	186
Структура систем, применяемых в самолетостроении	190
Типы систем	190

Геометрическая неизменяемость	190
Статическая определимость	191
Статически неопределимые системы	192
Ферменные системы	192
Преобразованные ферменные системы и их геометрическая неизменяемость	195
Определение усилий в шарнирных фермах	196
Некоторые типовые пространственные фермы и их расчет	202
Ферменно-балочные системы	210
Плоские системы	210
Пространственные системы	212
Определение усилий и моментов в комбинированных статически определимых системах	213
Деформации и перемещения систем	214
Аналитический способ определения перемещений в системах	217
Статически неопределимые системы	221
Общие положения	221
Основные способы расчета статически неопределимых систем	225
К. А. Бункин и А. М. Черемухин. Давление ветра на крыши и стены зданий	234
Предисловие	234
Введение	235
I. Основные соображения	235
II. Теория удара и нормы	240
III. Опыты Эйфеля	241
IV. Главные факторы систематического исследования ЦАГИ	244
V. Основная серия опытов ЦАГИ	247
VI. Опыты с изменением высоты зданий	261
VII. Опыты с карнизами	262
VIII. Опыты со сложной моделью здания	262
IX. Опыт с ангаром	263
X. Внутреннее давление и ветровые усилия	263
XI. Природный воздушный поток	270
XII. Ветровые нагрузки по нормам и опытам	272
XIII. Приложение	276

Проектирование и постройка большой аэродинамической трубы ЦАГИ (1924-1926 гг.)	298
К истории развития вертолетов	323
Даты жизни и деятельности Алексея Михайловича Черемухина	333

14. Авдонин А.С. Прикладные методы расчета оболочек тонкостенных конструкций. - М.: Машиностроение, 1969. 402 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	Стр. 3
Раздел I. ПРОЧНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ СТЕРЖНЕЙ И ПЛАСТИН	
Глава I. Прочность прямоугольных пластин и мембран	5
§ 1. Основные сведения из теории прямоугольных пластин малого прогиба	5
§ 2. Методы решения уравнений изгиба пластин	7
§ 3. Применение начала возможных перемещений к исследованию изгиба пластин. Метод Ритца	22
§ 4. Основные сведения из теории прямоугольных пластин большого прогиба	25
§ 5. Применение начала возможных перемещений к исследованию прямоугольных мембран	29
Глава II. Прочность круглых пластин и мембран	32
§ 6. Основные сведения из теории круглых пластин малого прогиба	32
§ 7. Применение начала возможных перемещений к симметрично нагруженным круглым пластинам и мембранам	37
Глава III. Устойчивость пластин	42
§ 8. Статический метод исследования устойчивости прямоугольных пластин	42
§ 9. Применение начала возможных перемещений к исследованию устойчивости пластин	48
Глава IV. Устойчивость стержней	52
§ 10. Эйлерова форма потери устойчивости стержней	52
§ 11. Местная устойчивость сжатых стержней	55
§ 12. Эффективная ширина обшивки, работающей совместно со стержневым набором	57
Раздел II ПРОЧНОСТЬ ОБОЛОЧЕК	
Глава V. Безмоментные оболочки вращения	59
§ 13. Некоторые сведения из геометрии оболочек	59

§ 14. Уравнения равновесия оболочки при осесимметричной нагрузке. Уравнение Лапласа	60
§ 15. Напряжения в оболочках от гидростатического давления	67
§ 16. Расчет верхних днищ баков от действия внутреннего гидростатического давления	75
§ 17. Напряжения в сферической оболочке, опертой по некоторому поперечному сечению и нагруженной гидростатическим давлением	79
§ 18. Напряжения в полусферической оболочке, находящейся под воздействием осесимметричной аэродинамической нагрузки	81
§ 19. Перемещения в симметрично нагруженной цилиндрической оболочке	82
§ 20. Перемещения в симметрично нагруженной конической оболочке	85
§ 21. Перемещения в оболочках произвольной формы при осесимметричной нагрузке	89
§ 22. Определение понижения уровня жидкости в сферических баках от внутреннего давления	93
§ 23. Расчет оболочек на произвольную нагрузку. Дифференциальные уравнения равновесия	95
§ 24. Применение теоремы Кастнльяно к задачам определения перемещений в оболочках	110
Глава VI. Оболочки, нагруженные местной осесимметричной погонной нагрузкой	119
§ 25. Дифференциальные уравнения краевого эффекта при осесимметричной деформации оболочки	119
§ 26. Полубесконечная цилиндрическая оболочка, нагруженная распределенной поперечной силой и моментом на конце	124
§ 27. Определение силы взаимодействия между шпангоутом и стенкой бака при внутреннем давлении	129
§ 28. Расчет сферических оболочек с отверстием в полюсе	132
§ 29. Краевая задача для цилиндрического бака. Расчет сферических оболочек без отверстия в полюсе	143

§ 30. Полусферическая оболочка, нагруженная по краю распределенной поперечной нагрузкой и моментом	149
§ 31. Расчет эллипсоидальных торовых оболочек на осесимметричную погонную нагрузку	151
Глава VII. Общий случай расчета оболочек	155
§ 32. Краткие сведения из вариационного исчисления	155
§ 33. Выражение полной потенциальной энергии для оболочек	159
§ 34. Вариационные уравнения равновесия оболочек и граничные условия	164
§ 35. Расчет цилиндрической оболочки от действия сосредоточенных сил и моментов	171
§ 36. Нагружение цилиндрической оболочки локальными окружным и осевым изгибающими моментами	182
§ 37. Расчет цилиндрической оболочки на осесимметричную нагрузку	188
§ 38. Применение начала возможных перемещений к задачам расчета оболочек	191
Глава VIII. Расчет подкрепленных цилиндрических оболочек на осевые и поперечные нагрузки	209
§ 39. Эффективная ширина обшивки подкрепленной цилиндрической оболочки, находящейся под действием осевого сжатия и внутреннего давления	209
§ 40. Определение напряжений в подкрепленной цилиндрической оболочке при нагружении ее изгибающим моментом, осевой и поперечной силами	211
Глава IX. Расчет некоторых узлов и деталей оболочек вращения	221
§ 41. Расчет элементов, подкрепляющих отверстия в сферических оболочках	221
§ 42. Расчет шпангоутов днищ на сосредоточенные радиальные силы	226
§ 43. Кручение кольца, ослабленного отверстиями	230
§ 44. Расчеты круговых колец	231
Глава X. Расчет баллонов из стекловолокна	236

§ 45. Определение оптимальных углов намотки стеклонитей и потребной толщины стенок баллонов	237
§ 46. Расчет комбинированного цилиндрического баллона, усиленного стеклонитями только в окружном направлении	244
§ 47. Определение усилия натяжения стеклонитей	247
Раздел III УСТОЙЧИВОСТЬ ОБОЛОЧЕК	
Глава XI. Устойчивость цилиндрических и конических оболочек	257
§ 48. Постановка задач устойчивости оболочек	257
§ 49. Устойчивость цилиндрической оболочки при осевом сжатии	263
§ 50. Устойчивость цилиндрической оболочки при равномерном внешнем давлении	273
§ 51. Устойчивость длинной цилиндрической оболочки от действия внешнего равномерного давления. Пределы применимости формулы Папковича	281
§ 52. Устойчивость цилиндрической оболочки при равномерном внешнем давлении, если полуволны после потери устойчивости направлены внутрь	283
§ 53. Устойчивость длинной цилиндрической оболочки при внешнем равномерном давлении, если полуволны после потери устойчивости направлены внутрь. Пределы применимости формулы (11.22)	284
§ 54. Устойчивость шарнирно опертой цилиндрической панели от действия осевой нагрузки, приложенной по криволинейным кромкам и распределенной по закону косинуса	286
§ 55. Устойчивость цилиндрической панели при действии сосредоточенной силы	290
§ 56. Устойчивость цилиндрической оболочки при кручении с учетом действия на нее растягивающих усилий в осевом и окружном направлениях	292
§ 57. Устойчивость сжатой зоны круговой цилиндрической оболочки, подкрепленной кольцом при ее нагружении сосредоточенной аксиальной силой	301

Глава XII. Устойчивость сферических и эллипсоидальных оболочек	305
§ 58. Уравнения местной потери устойчивости сферических оболочек в разностной форме. Устойчивость сферических сегментов	305
§ 59. Устойчивость замкнутой сферической оболочки при внешнем давлении	313
§ 60. Устойчивость сферического слоя при внешнем давлении	314
§ 61. Устойчивость сферической оболочки от действия внутреннего гидростатического давления	317
§ 62. Устойчивость эллипсоидальных торовых оболочек от действия внутреннего давления	319
Глава XIII. Устойчивость оболочек вращения при нагружении их осесимметричной погонной нагрузкой и внутренним давлением	325
§ 63. Устойчивость цилиндрической оболочки при нагружении ее осесимметричной радиальной погонной нагрузкой и внутренним давлением	325
§ 64. Устойчивость сферической оболочки при нагружении ее осесимметричной погонной нагрузкой и внутренним давлением	330
§ 65. Устойчивость торообразных оболочек при нагружении их осесимметричной погонной нагрузкой и внутренним давлением	334
Глава XIV. Устойчивость шпангоутов, связанных с оболочкой, при нагружении их погонной равномерной нагрузкой	336
§ 66. Устойчивость шпангоута чечевицеобразной емкости	337
§ 67. Устойчивость шпангоутов цилиндрических емкостей, имеющих сферические днища	341
§ 68. Устойчивость шпангоута, подкрепляющего цилиндрическую часть бака	342
§ 69. Определение эффективной ширины оболочки при расчете на прочность изолированных шпангоутов	343
Глава XV. Устойчивость подкрепленных оболочек	346
§ 70. Вывод выражений для приведенных жесткостей. Закон Гука для подкрепленных	346

оболочек	
§ 71. Дифференциальные уравнения и граничные условия для расчета подкрепленных оболочек	351
§ 72. Устойчивость подкрепленной цилиндрической оболочки при осевом сжатии и внутреннем давлении	353
§ 73. Устойчивость подкрепленной цилиндрической панели при осевом сжатии и равномерном поперечном давлении	355
§ 74. Устойчивость цилиндрической оболочки, подкрепленной равноотстоящими упругими шпангоутами, при внешнем давлении	358
§ 75. Устойчивость подкрепленной шпангоутами цилиндрической оболочки при внешнем давлении и осевом растяжении	359
§ 76. Устойчивость сферической подкрепленной оболочки при внешнем давлении	364
§ 77. Устойчивость подкрепленной сферической оболочки при нагружении ее быстро возрастающим внешним равномерным давлением	356
§ 78. Устойчивость квадратной в плане сферической панели при нагружении ее быстро возрастающим внешним давлением	370
Глава XVI. Устойчивость трехслойных оболочек с заполнителем в виде сот	372
§ 79. Дифференциальные уравнения равновесия и граничные условия для трехслойных сотовых оболочек	373
§ 80. Устойчивость цилиндрической оболочки с сотовым заполнителем при осевом сжатии	381
§ 81. Устойчивость цилиндрической оболочки с сотовым заполнителем под действием внешнего давления	383
§ 82. Определение жесткости на сдвиг сотовой конструкции	385
Глава XVII. Расчет оболочек на устойчивость при одновременном действии нескольких нагрузок	387
Литература	397

15. Елпатьевский А.Н., Васильев В.В. Прочность цилиндрических оболочек из армированных материалов. - М.: Машиностроение, 1972. 168 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Глава I. Исследование напряженного состояния и оптимальных схем армирования цилиндрической оболочки	5
1.1. Введение	5
1.2. Вывод и решение основных уравнений	7
1.3. Оптимальная структура цилиндрической оболочки, намотанной тканой лентой, нагруженной внутренним давлением и осевой силой	14
1.4. Цилиндрическая оболочка, намотанная однонаправленной лентой, при действии внутреннего давления и осевой силы	22
1.5. Кручение цилиндрических оболочек из стеклопластика	34
1.6. Изгиб цилиндрических оболочек из стеклопластика	38
1.7. Особенности осесимметричной деформации цилиндрической оболочки, изготовленной спиральной намоткой	41
1.8. Об учете реологических явлений при расчете цилиндрических оболочек из стеклопластика	48
1.9. Проектирование металлических баллонов давления, усиленных однонаправленным стеклопластиком	51
Глава II. Оптимальная форма оболочки вращения, нагруженной внутренним давлением	58
2.1. Введение	58
2.2. Оптимальная форма оболочки вращения, образованной одним семейством нитей	59
2.3. Уточнение формы оболочки в окрестности полюсного отверстия	71
2.4. Расчет цилиндрической оболочки с днищами при действии внутреннего давления	74

2.5. Расчет баллона давления, усиленного упругим кольцом	82
Глава III. Уравнения технической теории ортотропных слоистых цилиндрических оболочек	87
3.1. Введение	87
3.2. Вывод уравнений	89
3.3. Решение в двойных тригонометрических рядах	96
3.4. Изгиб цилиндрической оболочки нормальной локальной нагрузкой	100
3.5. Влияние деформации поперечного сдвига на частоту собственных колебаний цилиндрической оболочки и критические напряжения при осевом сжатии	105
Глава IV. Осесимметричная деформация ортотропной слоистой цилиндрической оболочки	109
4.1. Вывод основного уравнения	109
4.2. Решение однородного уравнения	114
4.3. Определение постоянных \hat{C}_k и C_k для геометрических граничных условий	123
4.4. Определение постоянных \hat{C}_k и C_k для статических граничных условий	134
4.5. Решение основного уравнения с помощью тригонометрических рядов и интеграла Фурье	143
4.6. Осесимметричная задача термоупругости для ортотропной слоистой цилиндрической оболочки	147
4.7. Осесимметричная деформация цилиндрической оболочки, состоящей из различных, жестко связанных слоев	155
Литература	161

16. Образцов И.Ф., Онанов Г.Г. Строительная механика скошенных тонкостенных систем. - М.: Машиностроение, 1973. 654 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Основные обозначения	8
Часть первая	
КОНИЧЕСКАЯ ОБОЛОЧКА ПРОИЗВОЛЬНОГО ОЧЕРТАНИЯ	
Глава I. Основные геометрические, статические и физические соотношения	9
1.1. Пространственно-косоугольная система криволинейных координат. Первая квадратичная форма	9
1.2. Деформация конической оболочки	13
1. Компоненты тангенциальной деформации срединной поверхности	13
2. Компоненты изгибной деформации срединной поверхности	21
1.3. Соотношения упругости	28
1.4. Дифференциальные уравнения равновесия	32
1.5. Потенциальная энергия деформации	36
Глава II. Разрешающие уравнения двумерной задачи	42
2.1. Статико-геометрическая модель. Основные кинематические неизвестные	42
2.2. Общая система интегро-дифференциальных уравнений равновесия конической оболочки произвольного очертания	52
2.3. Разрешающее интегро-дифференциальное уравнение	57
2.4. Канонические кинематические неизвестные	60
2.5. Обобщенный закон плоских сечений. Самоуравновешенное состояние оболочки	69
2.6. Уточнение касательных усилий	74
Глава III. Приведение двумерной задачи к одномерной	77
3.1. Разрешающая система обыкновенных	77

дифференциальных уравнений конической оболочки произвольного очертания	
3.2. Нормальная форма разрешающих дифференциальных уравнений. Первые интегралы	88
3.3. Каноническая система разрешающих уравнений	96
3.4. Разрешающие дифференциальные уравнения конической оболочки с учетом деформации изгиба срединной поверхности	106
3.5. Разрешающие дифференциальные уравнения конической оболочки с недеформируемым контуром поперечного сечения	112
3.6. Координатные функции	124
Глава IV. Естественные граничные условия	128
4.1. Статические граничные условия	128
4.2. Кинематические граничные условия	129
4.3. Специальные граничные условия	132
Глава V. Коническая оболочка при воздействии температурного поля	135
5.1. Соотношения упругости	135
5.2. Разрешающие уравнения задачи	137
Глава VI. Скошенные цилиндрические оболочки	142
6.1. Сводка основных соотношений	142
6.2. Разрешающие дифференциальные уравнения	147
6.3. Каноническая система разрешающих уравнений	150
6.4. Прямые цилиндрические оболочки произвольного очертания	162
Глава VII. Слабоскошенные и слабokonические оболочки	170
7.1. Скошенные слабokonические оболочки	171
7.2. Слабоскошенные оболочки	175
Часть вторая	
РАСЧЕТ ОБОЛОЧЕК ТИПА КРЫЛА	
Глава VIII. Расчет крыла без учета упругости нервюр	177
8.1. Оболочки типа прямого крыла	178
1. Оболочки постоянного сечения	178
2. Оболочки переменного сечения	185
3. Упрощенный расчет оболочек постоянного сечения	193
4. Упрощенный расчет оболочек переменного сечения	201

сечения	
8.2. Оболочки типа стреловидного крыла	206
1. Оболочки постоянного сечения	206
2. Оболочки переменного сечения	207
3. Упрощенный расчет оболочек постоянного сечения с нервюрами, перпендикулярными образующим	210
4. Упрощенный расчет оболочек постоянного сечения с нервюрами, ориентированными по потоку	230
5. Упрощенный расчет оболочек переменного сечения	236
8.3. Оболочки типа крыла малого удлинения	251
1. Крыло произвольного очертания	251
2. Упрощенный расчет крыла произвольного очертания	259
3. Крыло малого удлинения с произвольно ориентированным подкрепляющим набором	273
Глава IX. Расчет крыла с учетом упругости нервюр	283
9.1. Геометрическая модель	285
9.2. Разрешающие дифференциальные уравнения	292
9.3. Дискретный набор нервюр	296
9.4. Кручение прямой цилиндрической оболочки типа крыла с непрерывными и дискретными нервюрами	299
Глава X. Некоторые численные результаты	305
10.1. Влияние упругости нервюр на напряженное состояние крыла	305
10.2. Температурные напряжения	313
10.3. Локальное закрепление крыла	313
Глава XI. Колебания крыла	319
11.1. Разрешающие дифференциальные уравнения	319
11.2. Собственные колебания оболочек типа прямого крыла	322
1. Изгибные колебания	324
2. Крутильные колебания	329
11.3. Собственные колебания оболочек типа стреловидного крыла	331
Глава XII. Колебания оболочки типа крыла, частично заполненной жидкостью	337
12.1. Постановка гидродинамической задачи	337

12.2. Вариационная формулировка гидродинамической задачи	341
12.3. Определение гидродинамического давления для бака-кессона произвольного очертания	344
12.4. Колебания оболочки типа стреловидного крыла	349
12.5. Колебания оболочки типа крыла малого удлинения произвольной формы в плане	354
12.6. Граничные условия с учетом упругости нервюр	359
Часть третья	
КРУГОВЫЕ КОНИЧЕСКИЕ ОБОЛОЧКИ	
Глава XIII. Коническая оболочка при дискретных условиях закрепления	370
13.1. Уравнения равновесия круговой конической оболочки. Общее решение	370
13.2. Граничные условия при дискретном закреплении	377
13.3. Определение опорных реакций	382
13.4. Напряженное состояние оболочки. Замкнутая форма решения	392
13.5. Цилиндрическая оболочка при дискретных условиях закрепления	409
13.6. Коническая оболочка, подкрепленная торцевым шпангоутом	413
13.7. Коническая оболочка, подкрепленная торцевым шпангоутом, при дискретных условиях закрепления	418
Глава XIV. Коническая оболочка с регулярным продольным набором	432
14.1. Разрешающие дифференциальные уравнения стрингерной оболочки	432
14.2. Однородная задача. Трансцендентные характеристические уравнения	442
14.3. Специальные координатные функции	454
Глава XV. Расчет оболочки с продольным набором в специальных координатных функциях	465
15.1. Краевая задача. Разрешающее интегро- дифференциальное уравнение	466
15.2. Однородная задача. Собственные значения и собственные функции	471
15.3. Неоднородная задача	492

15.4. Граничные условия. Определение произвольных постоянных	506
15.5. Расчет стрингерной оболочки на заданную краевую нагрузку	514
1. Циклически симметричная нормальная нагрузка	514
2. Циклическая система сосредоточенных сил, направленных вдоль образующих	519
3. Регулярная торцевая нагрузка	533
15.6. Стрингерная коническая оболочка при циклических условиях закрепления	544
1. Консольная оболочка	544
2. Оболочка с дискретно закрепленным торцом	551
15. 7. Стрингерная коническая оболочка с торцевым шпангоутом	663
1. Сочленение по всему контуру	563
2. Сочленение со стрингерами без контакта с оболочкой	574
3. Сочленение по всему контуру. Приближенное решение	581
Приложение I. Дельта-функция	594
I.1. Основные понятия и определения	595
Математическая интерпретация	595
Локальные свойства	599
Дельтообразные последовательности	599
Производные дельта-функции	602
Единичная функция	604
Функция $x+n$	605
1.2. Специальные свойства дельта-функции	605
Приложение II. Уравнения с особенностями импульсного типа	610
II.1. Уравнения с сингулярными коэффициентами типа дельта-функции и ее производных	610
Частично вырожденные уравнения	610
Уравнения с сингулярными коэффициентами	610
II. 2. Особенности импульсного типа в правой части линейных обыкновенных дифференциальных уравнений	612
II.3. Дифференциальные уравнения с коэффициентами типа ступенчатых функций	616
Приложение III. Уравнения с особенностями	618

импульсного типа в задачах строительной механики	
III.1. Некоторые уравнения с особенностями в правой части	618
Балка на упругом основании регулярного типа	618
Универсальное уравнение упругой линии балки	619
III. 2. Некоторые дифференциальные уравнения с сингулярными коэффициентами	619
Балка на упругом основании сингулярного типа	619
Кручение упруго защемленного бруса	622
Собственные колебания балки с сосредоточенными грузами	623
Поперечный изгиб подкрепленных пластин	628
Приложение IV. Специальная задача Штурма—Лиувилля	631
IV. 1. Общее решение	631
IV. 2. Собственные значения и собственные функции	634
IV. 3. Ортонормированная система собственных функций	636
IV. 4. Разложение собственных функций задачи в бесконечные тригонометрические ряды	638
IV.5. Ряды Фурье по собственным функциям задачи	641
Приложение V. Общий алгоритм расчета скошенных тонкостенных систем и его реализация на ЭВМ	645
V.1. Разрешающие дифференциальные уравнения конической оболочки произвольного очертания	645
V. 2. Алгоритм вычисления коэффициентов и правых частей разрешающих дифференциальных уравнений	649
V. 3. Численное интегрирование граничной задачи	650

18. Власов В.В. Метод начальных функций в задачах теории упругости и строительной механики. - М.: Стройиздат, 1975.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Глава I. Плоская задача теории упругости в декартовых координатах	4
1. Основные зависимости метода для плоской задачи с учетом массовых сил и температуры	4
2. Однородные статические граничные условия по двум противоположным краям прямоугольной полосы	15
3. Примеры решений для полосы в полиномах	22
4. Однородные граничные условия смешанного типа на двух противоположных краях полосы	28
Глава 2. Подкрепленные пластины, загруженные в своей плоскости	33
1. Основные зависимости метода для прямоугольных пластин, подкрепленных параллельными ребрами	33
2. Решения в полиномах для прямоугольной полосы, усиленной ребрами по продольным краям	38
3. Прямоугольная пластина, подкрепленная краевыми ребрами. Решения в тригонометрических рядах	47
4. Полуплоскость и плоскость под действием периодических сил, приложенных нормально к ребру	53
5. Полуплоскость и плоскость под действием периодических сил, касательных к ребру	58
6. Формулы суммирования рядов	61
7. Неподкрепленные полуплоскость и плоскость под действием сосредоточенных сил	63
Глава 3. Безмоментные призматические оболочки	68
1. Изгиб замкнутой оболочки	68
2. Кручение замкнутой оболочки прямоугольного профиля	72
3. Изгиб и кручение призматической оболочки открытого профиля	78

Глава 4. Плоская задача теории упругости в полярных координатах	84
1. Основные зависимости метода	84
2. Статические условия на прямолинейных краях области	89
3. Приложение метода к задаче равновесия подкрепленного клина	94
4. Температурная задача для клиновидной полосы	100
Глава 5. Безмоментные конические оболочки прямоугольного поперечного сечения	108
1. Изгиб конической оболочки	108
2. Симметричное нагружение оболочки вдоль ребер	114
3. Кручение конической оболочки	117
Глава 6. Задача изгиба прямоугольных пластин. Решения в полиномах	122
1. Основные зависимости метода с учетом распределенной поперечной нагрузки и температуры	122
2. Прямоугольная пластина со свободными продольными краями	129
3. Примеры решений в полиномах	131
Глава 7. Изгиб подкрепленных пластин. Решения в тригонометрических рядах	137
1. Применение метода к задачам изгиба подкрепленных пластин	137
2. Решения задачи изгиба в одинарных тригонометрических рядах	141
3. Подкрепленная и неподкрепленная полоса, опертая по продольным краям, под сосредоточенной поперечной силой	147
4. Подкрепленная и неподкрепленная полоса, опертая по продольным краям, под сосредоточенным моментом, действующим в плоскости края	152
5. Подкрепленная и неподкрепленная полоса, опертая по продольным краям, под сосредоточенным моментом, приложенным нормально к поперечному краю	156
6. Полуплоскость и плоскость, нагруженные	161

периодически приложенными одинаково направленными силами	
7. Полуплоскость, нагруженная равноотстоящими изгибающими моментами	168
8. Бесконечная полоса, точно закрепленная по одному или двум продольным краям, под распределенной нагрузкой	171
Глава 8. Задача изгиба пластины в полярных координатах	174
1. Вывод основных зависимостей метода	174
2. Однородная задача. Случай однородных статических условий по прямолинейным краям клиновидной полосы	180
3. Неограниченная клиновидная пластина под распределенной поперечной нагрузкой	184
4. Неограниченная клиновидная пластина под температурным воздействием	187
Глава 9. Устойчивость и колебания гладких и подкрепленных прямоугольных пластин	190
1. Зависимости метода для задачи колебаний пластин с учетом продольной нагрузки	190
2. Свободные колебания и устойчивость пластин, опертых по двум противоположным сторонам	192
Глава 10. Пространственная задача теории упругости	197
1. Основные зависимости метода. Решения в двойных тригонометрических рядах	197
2. О двух бигармонических решениях пространственной задачи	203
3. Основные соотношения метода для осесимметричной задачи	206
4. Симметричная деформация. Статические граничные условия по плоскостям плиты	210
5. Симметричная деформация. Случай однородных граничных условий смешанного типа	216
Список литературы	219

20. Образцов И.Ф., Васильев В.В., Бунаков В.А. Оптимальное армирование оболочек вращения из композиционных материалов. - М.: Машиностроение, 1977. 144 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Глава I. Основные соотношения безмоментной теории армированных оболочек вращения	5
1.1. Введение	5
1.2. Уравнения безмоментной теории оболочек вращения	5
1.3. Некоторые соотношения механики армированных материалов	11
1.4. Модель композиционного материала, учитывающая разрушение связующего	19
1.5. Основные уравнения безмоментной теории армированных оболочек и некоторые их приложения	29
Глава II. Оптимальное армирование и выбор рациональных конструктивных форм оболочек вращения их композиционных материалов	40
2.1. Введение	40
2.2. Критерии оптимальности конструкций из армированных материалов	41
2.3. Равновесная форма оболочки вращения, образованной намоткой одного семейства нитей	49
2.4. Оболочки вращения, образованные намоткой множества семейств нитей	60
2.5. Оптимальное армирование оболочек вращения заданной формы	68
2.6. Проектирование цилиндрических баллонов давления	72
2.7. Особенности проектирования оболочек из высокомодульных композиционных материалов	74
2.8. Равновесие нити на поверхности	83
2.9. Оптимальная форма баллона давления из высокомодульного композиционного материала	86
2.10. Оптимальное армирование при плоском напряженном состоянии	91

Глава III. Расчет и проектирование комбинированных баллонов давления	99
3.1. Введение	99
3.2. Основные соотношения теории комбинированных оболочек	100
3.3. Расчет и проектирование цилиндрического комбинированного баллона давления	104
3.4. Рациональные конструктивные формы и схемы армирования комбинированных оболочек вращения	113
Список литературы	140

22. Смирнов А.И. Аэроупругая устойчивость летательных аппаратов. - М.: Машиностроение, 1980. 232 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Введение	4
Глава 1. Некоторые сведения из аэродинамики нестационарного потока	6
1.1. Общие замечания	6
1.2. Основные уравнения. Интеграл Лагранжа	6
1.3. Потенциал скоростей	8
1.4. Потенциал ускорений	10
1.5. Начальные и граничные условия	11
1.6. Несжимаемый поток	13
1.7. Сжимаемый поток	36
1.8. Некоторые другие методы расчета аэродинамических характеристик несущих поверхностей	46
1.9. Комплексное представление параметров в задачах аэродинамики и аэроупругости	51
Глава 2. Флаттер	53
2.1. Общие замечания	53
2.2. Основные уравнения	56
2.3. Изгибно-крутильный флаттер крылового профиля	62
2.4. Изгибно-крутильный флаттер крыла конечного размаха	78
2.5. Критерий устойчивости упругой конструкции в потоке газа	92
2.6. Флаттер стреловидного крыла	94
2.7. Флаттер крыла малого удлинения	102
2.8. Флаттер оперения	110
2.9. Флаттер с одной степенью свободы	120
2.10. Флаттер свободного от связей летательного аппарата	125
2.11. Влияние сжимаемости воздуха на характеристики флаттера	134
2.12. Роль конструкционного демпфирования в задачах флаттера	136

2.13. Влияние силы лобового сопротивления на флаттер крыла	142
2.14. Гладкое и оперенное тело вращения	146
2.15. Методы улучшения аэроупругих характеристик летательных аппаратов	149
Глава 3. Панельный флаттер	154
3.1. Общие замечания	154
3.2. Плоские пластины	156
3.3. Цилиндрические панели	179
3.4. Цилиндрические оболочки	186
3.5. Влияние различных параметров на характеристики флаттера цилиндрических панелей и оболочек	192
3.6. Нелинейные задачи	199
Глава 4. Срывной флаттер	211
4.1. Общие замечания	211
4.2. Физическая картина срывного флаттера	212
4.3. Критерии оценки	214
Приложение. Сопряженные и несамосопряженные дифференциальные и интегральные операторы и краевые задачи	219
Список литературы	225

23. Акимов А.И., Берестов Л.М., Михеев Р.А. Летные испытания вертолетов. - М.: Машиностроение, 1980.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Введение	4
 Раздел первый	
 Определение летных данных вертолетов	
 Глава 1. Методика определения высоты и скорости полета	9
1.1. Физические параметры воздуха	9
1.2. Изменение параметров воздуха в реальной атмосфере. Условные атмосферы	13
1.3. Принципы измерений высоты и скорости полета	16
1.4. Связь между замеренными и фактическими величинами скорости и высоты полета	20
1.5. Методика определения инструментальных поправок и поправок на запаздывание указателей высоты и скорости	21
1.6. Методы определения аэродинамических поправок	23
1.7. Влияние режима полета на аэродинамические поправки указателя скорости	29
Глава 2. Влияние условий полета на мощность вертолетных турбовинтовых и поршневых двигателей	30
2.1. Общие положения	30
2.2. Подobie режимов работы турбовинтового двигателя со свободной турбиной	30
2.3. Приведение мощности ТВД со свободной турбиной к заданным условиям полета по методу дифференциальных поправок	37
2.4. Приведение мощности поршневых двигателей к заданным условиям	47
Глава 3. Определение тяговых характеристик и	52

потолка висения вертолета	
3.1. Летные характеристики вертолета на режиме висения	52
3.2. Подобие режимов висения вертолетов с ТВД	54
3.3. Методика определения тяговых характеристик вертолета на режиме висения	56
3.4. Определение тяговых характеристик вертолета с помощью наземной привязи	58
3.5. Методика определения потолка висения	59
3.6. Приведение тяговых характеристик и потолка висения вертолета с ТВД к заданным условиям с использованием теории подобия	62
3.7. Приведение тяговых характеристик и потолка висения вертолетов с ТВД к заданным условиям по методу дифференциальных поправок	64
3.8. Приведение тяговых характеристик и потолка висения вертолетов с поршневыми двигателями к заданным условиям по методу дифференциальных поправок	70
3.9. Определение поляры вертолета и несущего винта на режиме висения	74
3.10. Влияние некоторых атмосферных факторов и конструктивных мероприятий на тягу и потолок висения вертолета	77
Глава 4. Определение характеристик скороподъемности и практического потолка полета вертолетов	81
4.1. Общие положения	81
4.2. Подобие установившихся режимов прямолинейного полета вертолета с ТВД	83
4.3. Определение наивыгоднейшего режима набора высоты	85
4.4. Определение максимальной скороподъемности и практического потолка полета вертолета	88
4.5. Определение времени набора высоты	90
4.6. Приведение максимальной скороподъемности вертолетов с ТВД к заданным условиям полета	90
4.7. Приведение максимальной скороподъемности вертолетов с поршневыми двигателями к заданным условиям	97

Г лава 5. Определение скоростных летных характеристик вертолетов	99
5.1. Определение минимальной скорости горизонтального полета	99
5.2. Определение максимальной скорости горизонтального полета	101
5.3. Приведение минимальной и максимальной скоростей горизонтального полета вертолетов к заданным условиям	103
5.4. Определение и приведение характеристик снижения на режиме авторотации несущего винта к заданным условиям	106
5.5. Определение скоростных характеристик полета многодвигательного вертолета при отказе двигателя	109
Глава 6. Определение характеристик дальности и продолжительности полета вертолетов	110
6.1. Характеристики дальности и продолжительности полета вертолета	110
6.2. Обобщенные характеристики расходов топлива вертолета с турбовинтовыми двигателями в горизонтальном полете	113
6.3. Методика определения обобщенной характеристики расходов топлива вертолета с ТВД в горизонтальном полете	114
6.4. Определение по зависимостям $Q_{пр} = f(m_{пр}, V_{прив}, n_{пр})$ или $q = f(m_{пр}, V_{прив}, n_{пр})$ часовых расходов топлива вертолета с ТВД в заданных условиях полета	119
6.5. Определение расходов топлива вертолета с ТВД в полете для заданных условий по методу подбора высоты	122
6.6. Методика определения и приведения к заданным условиям характеристик дальности и продолжительности горизонтального полета вертолетов с поршневыми двигателями	124
6.7. Определение в заданных условиях расходов топлива на режимах набора высоты, снижения вертолета и при работе двигателей на земле	129
Г лава 7. Определение взлетно-посадочных	130

характеристик вертолетов	
7.1. Взлетно-посадочные свойства вертолетов при нормальной работе силовой установки	130
7.2. Взлетно-посадочные характеристики вертолетов при отказе двигателей	133
7.3. Задачи, решаемые при определении взлетно-посадочных характеристик вертолетов в летных испытаниях	143
7.4. Методы измерений параметров траекторий взлета и посадки вертолетов	144
7.5 Выбор рациональных взлетных характеристик вертолета	151
7.6. Отработка техники пилотирования и методика выполнения взлетов	155
7.7. Отработка техники пилотирования и методики выполнения посадок	157
7.8. Методика определения посадочных характеристик вертолета при отказе двигателя и зон опасных сочетаний высоты и скорости полета $H - V$	160
7.9. Методика определения характеристик прерванного и продолженного взлетов	167
7.10. Методика приведения взлетных характеристик вертолетов к заданным условиям полета	175
7.11. Приведение взлетной дистанции вертолета по скорости ветра	180
7.12. Замечания по методике приведения взлетной дистанции вертолета при взлете с разбегом	181
Раздел второй	
Определение в полете характеристик устойчивости и управляемости вертолета	
Глава 8. Математическая модель вертолета	184
8.1. Уравнения движения	184
8.2. Передаточные функции	188
8.3. Частотные характеристики	189
8.4. Импульсная переходная функция	190

8.5. Особенности линейной математической модели вертолета	191
Г лава 9. Определение в полете баланси́ровочных характеристик и исследование свободного движения	198
9.1. Баланси́ровочные характеристики	198
9.2. Баланси́ровочные характеристики по скорости полета	199
9.3. Баланси́ровочные характеристики по скольжению	206
9.4. Комплексный подход к определению баланси́ровочных характеристик по скорости и скольжению	208
9.5. Баланси́ровочные характеристики по перегрузке	209
9.6. Исследование в полете характеристик свободного движения вертолета	210
Г лава 10. Идентификация математической модели вертолета	216
10.1. Определение коэффициентов линеаризованных уравнений движения	216
10.2. Определение коэффициентов уравнений движения при больших изменениях параметров	242
Г лава 11. Оценка управляемости вертолета в полете	244
11.1. Подход к оценке управляемости	244
11.2. Моделирование в полете при исследовании управляемости	245
11.3. Летные исследования управляемости опытного вертолета	252
Глава 12. Подход к исследованию маневренности вертолета	255
12.1. Движение вертолета как материальной точки	255
12.2. Ограничения, накладываемые на перемещение вертолета как материальной точки	259
12.3. Характеристики типовых маневров	262

Раздел третий

Летно-прочностные испытания

Глава 13. Цели, задачи и теоретические основы летно-прочностных испытаний	264
13.1. Задачи и цели испытаний	264
13.2. Взаимодействие упругого тела и среды	267
13.3. Особенности свободных и вынужденных колебаний вертолета	276
13.4. Подобие режимов, их выбор	281
13.5. Особенности нагружения агрегатов вертолета	286
Глава 14. Методика тензоизмерений при летно- прочностных испытаниях	291
14.1. Тензоизмерения	293
14.2. Тензорезисторы	295
14.3. Измерительный мост	299
14.4. Осциллографы	304
14.5. Усилительная аппаратура	306
14.6. Магнитографы	308
14.7. Дополнительные блоки	310
14.8. Особые случаи тензоизмерений	312
14.9. Градуировки	316
14.10. Подготовка и проведение измерений	318
14.11. Погрешности измерения	324
Глава 15. Обработка. Статистические методы	336
15.1. Средства обработки осциллограмм и магнитных записей	336
15.2. Математическое обеспечение	340
15.3. Определение повреждаемости	341
15.4. О точности оценок	343
15.5. Другие виды оценок	348
15.6. Доверительные интервалы. Проверка гипотез. Метод наименьших квадратов	353
15.7. Определение спектральных характеристик	357
Глава 16. Определение напряжений, сил и моментов, перемещений. Другие, измерения	362
16.1. Определение напряжений	362
16.2. Определение упругих сил и моментов в сечениях и реакций других агрегатов	366
16.3. Измерение суммарных внешних нагрузок и инерционных сил	369
16.4. Определение аэродинамических нагрузок	372

16.5. Определение относительных перемещений	375
16.6. Другие измерения	377
Глава 17. Исследование вибраций вертолетов	379
17.1. Цели и методы исследований	379
17.2. Измерение вибраций	381
Глава 18. Исследование автоколебаний	386
18.1. Общие сведения	386
18.2. Методика испытаний	387
18.3. Сближение лопастей	390
18.4. Ограничения при летно-прочностных испытаниях	391
Список литературы	393

24. Нерубайло Б.В. Локальные задачи прочности цилиндрических оболочек. - М.: Машиностроение, 1983. 248 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Введение	4
Часть первая	
ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОБОЛОЧЕК ПРИ ДЕЙСТВИИ РАДИАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ	7
Глава 1. Основные уравнения изотропных цилиндрических оболочек	7
1.1. Общая моментная теория	7
1.2. Моментная техническая теория	11
1.3. Уравнения полубезмоментной теории и теории краевого эффекта	12
1.4. О других вариантах уравнений теории оболочек	14
1.5. Замечания о корнях характеристических уравнений	16
1.6. Об асимптотической погрешности уравнений теории оболочек и расчленении напряженного состояния	19
1.7. К применению уточненных теорий в задачах о локализованных воздействиях	20
Глава 2. Оболочки с шарнирным закреплением при действии радиальной нагрузки	22
2.1. Решение уравнений общей теории при локальной нагрузке	22
2.2. Анализ напряженно-деформированного состояния оболочки при локальном нагружении	27
2.3. Действительная погрешность решений уравнений моментной технической и полубезмоментной теории оболочек	31
2.4. Расчетные номограммы для определения напряжений	33
2.5. Нагружение по закону косинуса на отрезках образующей или контура (кусочно-косинусоидальные нагрузки)	37
Глава 3. Бесконечно длинная оболочка при действии	40

радиальной локальной нагрузки	
3.1. Решение разрешающего уравнения общей теории оболочек	40
3.2. Принципы синтеза напряженного состояния на основе приближенных уравнений	43
3.3. Локальный краевой эффект, основное и изгибное состояния при нагружении оболочки по отрезкам контура	54
3.4. Запись выражений для силовых факторов в замкнутом виде	57
3.5. Преобразование выражений для перемещений	61
3.6. Краевой эффект, основное и изгибное состояния при локальном нагружении	64
3.7. Некоторые обобщения на случай ортотропных оболочек	68
Глава 4. Краевые задачи для полубесконечной оболочки со свободным краем при действии радиальной нагрузки	76
4.1. Краевая задача при действии локальной нагрузки	76
4.2. Случай действия нагрузки по отрезкам контура оболочки. Сосредоточенные силы	92
4.3. Экспериментальная проверка некоторых полученных зависимостей	99
Глава 5. Действие радиальной нагрузки на оболочку конечной длины. Теория и эксперимент	101
5.1. Решение уравнений основного состояния по методу начальных параметров	102
5.2. Решение уравнений краевого эффекта по методу начальных параметров	107
5.3. Решение по методу начальных параметров уравнений изгибного состояния	111
5.4. Синтез напряженно-деформированного состояния для оболочки со свободным и защемленным краями	116
5.5. Напряженно-деформированное состояние оболочки со свободными краями	126
Глава 6. Задачи контактного взаимодействия оболочки и дискретного упругого ребра	135
6.1. Передача от ребра радиальной нагрузки на оболочку с шарнирным закреплением краев	136
6.2. Задача для бесконечно длинной оболочки и	140

поперечного ребра	
6.3. Бесконечно длинная оболочка и продольное ребро	146
6.4. Результаты теоретического и экспериментального исследования. Двумерная модель силового элемента	149
Часть вторая	
ТЕРМОУПРУГИЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ ОБОЛОЧЕК ПРИ ЛОКАЛИЗОВАННЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ	152
Глава 7. Уравнения термоупругих изотропных оболочек	152
7.1. Разрешающие уравнения общей теории	152
7.2. Уравнения полубезмоментной теории и теории краевого эффекта	158
7.3. Уравнения моментной технической теории, тангенциального и изгибного состояний	160
7.4. Математическая аналогия между силовыми и температурными воздействиями на оболочки	163
Глава 8. Бесконечно длинная оболочка при локализованном распределении температуры	169
8.1. Решение разрешающего уравнения общей теории оболочек	169
8.2. Построение решения на основе метода синтеза напряженного состояния	176
8.3. Полное напряженно-деформированное состояние оболочки	180
8.4. Пути дальнейшего преобразования выражений для искомых факторов. Запись в замкнутом виде	184
Глава 9. Полубесконечная оболочка со свободным краем при локализованном температурном поле	193
9.1. Воздействие температурного поля, постоянного по толщине оболочки	193
9.2. Преобразование выражений для усилий к замкнутому виду	204
9.3. Действие локализованного перепада температур по толщине оболочки	207
Глава 10. Оболочки конечной длины при действии локализованного температурного поля	218
10.1. Действие на оболочку с шарнирным закреплением краев температурного поля, постоянного по ее толщине	219

10.2. Случай действия перепада температур по толщине оболочки с шарнирным закреплением краев	223
10.3. Применение математической аналогии при температуре, постоянной по толщине оболочки	226
10.4. Применение математической аналогии при перепаде температур по толщине оболочки	234
Список литературы	242

28. Оболенский Е.П., Сахаров Б.И., Стрекозов Н.П. Прочность агрегатов оборудования и элементов систем жизнеобеспечения летательных аппаратов. - М.: Машиностроение, 1989. 248 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
От авторов	4
Глава 1. Особенности методики прочностных расчетов элементов оборудования ЛА	6
1.1. Нормы прочности	6
1.2. Ограничение скорости полета самолета по условиям прочности	9
1.3. Методы расчета на прочность элементов конструкции	12
1.4. Выбор коэффициента безопасности	16
1.5. Конструкционные материалы	17
Глава 2. Расчет прочности толстостенных конструкций механического оборудования	22
2.1. Толстостенные сферы	22
2.2. Расчет толстостенного цилиндра	27
2.3. Расчет толстостенного цилиндрического баллона	29
2.4. Температурные напряжения в толстостенном цилиндре	31
2.5. Комбинированное нагружение	34
2.6. Температурные напряжения в толстостенном сферическом баллоне	35
2.7. Составные цилиндры	36
2.8. Теории прочности	40
Глава 3. Расчет прочности тонкостенных конструкций	46
3.1. Элементы механического оборудования и систем обеспечения жизнедеятельности, отнесенные по прочности к тонкостенным конструкциям	46
3.2. Основные сведения из безмоментной теории оболочек	47
3.3. Расчет на прочность тонкостенных гладких оболочек, нагруженных давлением	56

3.4. Особенности расчета на прочность тонкостенных гладких оболочек с учетом гидростатического давления	58
3.5. Введение в моментную теорию оболочек вращения	69
3.6. Краевой эффект в расчете тонкостенных оболочек	75
3.7. Расчет прочности зон сопряжения оболочек	83
Глава 4. Некоторые вопросы устойчивости тонкостенных конструкций механического оборудования	94
4.1. Устойчивость тонкостенных стержней в упругой области и за пределами упругости	94
4.2. Устойчивость гладких пластин	97
4.3. Устойчивость подкрепленных панелей	100
Глава 5. Особенности расчета прочности конструкций из тканевого материала	106
5.1. Тканевые материалы, применяемые в системах жизнеобеспечения ЛА	106
5.2. Основные уравнения теории мягких тонких оболочек	115
5.3. Особенности расчета на прочность надувных мягких конструкций	119
5.4. Расчет на прочность скафандров	123
5.5. Расчет на прочность парашюта	128
5.6. Расчет на прочность купола парашюта	136
Глава 6. Основы динамических расчетов конструкций оборудования ЛА	143
6.1. Общие сведения	143
6.2. Колебания линейных систем с одной степенью свободы	147
6.3. Колебания нелинейных систем	154
6.4. Коэффициенты влияния	157
Глава 7. Оценка срока службы элементов конструкции по условиям сопротивления усталостному разрушению	160
7.1. Основные понятия сопротивления усталостному разрушению и долговечности	161
7.2. Методы получения характеристик нагруженности конструкции	163

7.3. Методы получения характеристик сопротивления усталостному разрушению	170
7.4. Методика оценки безопасного срока службы конструкции	185
7.5. Экспериментальные методы оценки срока службы конструкции	189
7.6. Расчетно-экспериментальные методы оценки срока службы конструкции	193
7.7. Применение методов механики разрушения для оценки долговечности	201
Глава 8. Некоторые вопросы механической (прочностной) надежности конструкций оборудования ЛА	207
8.1. Характер отказов элементов конструкций оборудования	207
8.2. Вероятностные характеристики несущей способности конструкции	209
8.3. Распределение параметров системы объект – нагрузка – среда	211
8.4. Оценка вероятности безотказной работы при внезапных отказах	214
8.5. Оценка наработки элемента при многократном приложении нагрузки	219
8.6. Проектирование оптимальной конструкции с точки зрения заданной надежности	220
8.7. Оценка надежности конструкции по надежности ее элементов	228
Список литературы	238

30. Образцов И.Ф., Нерубайло Б.В., Андрианов И.В. Асимптотические методы в строительной механике тонкостенных конструкций. - М.: Машиностроение, 1991. 416 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Глава 1. Регулярные возмущения параметров конструкций	5
1.1. Задачи на собственные значения	5
1.2. Устойчивость овальной цилиндрической оболочки, нагруженной равномерным внешним давлением	19
1.3. Устойчивость консольного стержня	23
1.4. Устранение неравномерностей	25
1.5. Нелинейные колебания стрингерной оболочки	35
1.6. Неквазилинейная асимптотика нелинейной системы с одной степенью свободы	39
Глава 2. Сингулярные возмущения в механике пластин и оболочек	45
2.1. Метод Гольденвейзера-Вишика-Люстерника	45
2.2. Метод двух масштабов	51
2.3. Определение параметров асимптотического интегрирования	55
2.4. Изгиб растянутой пластинки	59
2.5. Упрощение уравнений круговой цилиндрической оболочки	62
2.6. Изгиб узкой пластинки	66
Глава 3. Приближенные уравнения теории конструктивно-ортотропных цилиндрических оболочек	72
3.1. Статические задачи	72
3.2. Расчленение граничных условий	77
3.3. Упрощенные краевые задачи нелинейной динамики	96
3.4. Расчет открытых оболочек	121
3.5. Оболочки с редко расположенными	128

стрингерами	
Глава 4. Составные краевые задачи теории цилиндрических оболочек	129
4.1. Составные краевые задачи статики изотропных оболочек	130
4.2. Оценка точности метода составных уравнений	141
4.3. Составные краевые задачи динамики оболочек	143
4.4. Составные краевые задачи статики конструктивно-ортотропных оболочек	146
4.5. Задачи динамики конструктивно-ортотропных оболочек	159
4.6. Составные краевые задачи устойчивости конструктивно-ортотропных оболочек	161
Глава 5. Методы синтеза напряженных состояний	163
5.1. Об асимптотической погрешности упрощенных уравнений теории оболочек. Решение для бесконечно длинной цилиндрической оболочки	164
5.2. Принципы синтеза напряженного состояния и действительная погрешность решений приближенных уравнений	170
5.3. Локальный краевой эффект, основное и изгибное состояния при нагружении оболочек по отрезкам контура	183
5.4. Запись выражений для силовых факторов в замкнутом виде	187
5.5. Преобразование выражений для перемещений	192
Глава 6. Расширение области применимости метода возмущений	195
6.1. Метод аппроксимаций Паде (АП)	197
6.2. Ускорение сходимости итерационных процессов	202
6.3. Оценка области применимости метода возмущений при помощи метода АП	205
6.4. Использование метода АП для сращивания предельных разложений	206
6.5. Обращение преобразования Лапласа при помощи двухточечных АП	208
Глава 7. Метод осреднения	211
7.1. Метод осреднения в нелинейных задачах	212
7.2. Вязкоупругие задачи и метод замораживания	215

7.3. Осреднение дифференциальных уравнений с быстропеременными коэффициентами	217
7.4. Осесимметричный изгиб гофрированной круглой пластины	225
7.5. Деформация мембраны, армированной волокнами	230
7.6. Изгиб подкрепленной полосы с учетом дискретного характера размещения ребер	234
7.7. Другой способ решения дифференциальных уравнений с периодически разрывными коэффициентами	239
7.8. Упрощенные уравнения геометрически нелинейной динамики	250
7.9. Колебания цилиндрической оболочки с большим числом присоединенных масс	252
Глава 8. Асимптотический метод динамического краевого эффекта	256
8.1. Собственные колебания стержня	256
8.2. Собственные нелинейные колебания стержня	260
8.3. Собственные нелинейные колебания прямоугольной пластины	266
8.4. Расширение области применимости метода динамического краевого эффекта	272
Глава 9. Методы возмущения вида граничных условий и исходной области	278
9.1. Метод возмущения вида граничных условий	278
9.2. Улучшенный метод возмущения вида граничных условий	284
9.3. Кручение стержня, перфорированного квадратными отверстиями	290
Глава 10. Другие асимптотические методы	298
10.1. Метод сращиваемых асимптотических разложений	298
10.2. Метод Вентцеля-Крамерса-Бриллюэна (ВКБ)	303
10.3. Вариационно-асимптотический метод	313
10.4. Разделение быстрых и медленных составляющих при помощи преобразования Гильберта	313
10.5. Метод нормальных форм в нелинейных задачах	316

Глава 11. Некоторые асимптотические результаты в локальных задачах прочности оболочек	321
11.1. Случай действия окружной локальной нагрузки на цилиндрическую оболочку	321
11.2. Локальные напряжения в цилиндрической оболочке, нагруженной по круговой площадке	339
11.3. Пологая оболочка при действии локальной нормальной нагрузки	346
Глава 12. Силовая и термоупругая задачи для физически ортотропных цилиндрических оболочек. Асимптотические решения	354
12.1. Исходная система уравнений в перемещениях	354
12.2. Случай действия радиальной локальной нагрузки	358
12.3. Оболочка при локализованном температурном поле, постоянном по толщине	371
12.4. Случай локализованного температурного перепада по толщине оболочки	383
12.5. Преобразование решения термоупругой задачи к замкнутому виду	393
12.6. Термосиловая аналогия при асимптотическом расчленении и синтезе напряженного состояния оболочки	399
Список литературы	404
Предметный указатель	410

35. Дудченко А.А. Прочность и проектирование элементов авиационных конструкций из композиционных материалов. – М.: Изд-во МАИ, 2007. – 200 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ПРЕДИСЛОВИЕ	3
1. РАСЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	4
1.1. Расчет многозамкнутых оболочек типа кессонов крыла	4
1.1.1. Постановка вариационной задачи расчета тонкостенных оболочек и пластин	4
1.1.2. Расчетные соотношения для многозамкнутых оболочек	16
1.2. Расчет цилиндрических оболочек	29
1.2.1. Оценка величин напряженного и деформированного состояний	29
1.2.2. Расчет кессонных конструкций в случае общей анизотропии свойств материала	40
1.3. Расчет слабokonического кессона крыла	49
2. РАСЧЕТ ПЛОСКИХ ПОДКРЕПЛЕННЫХ ПАНЕЛЕЙ НА ПРОЧНОСТЬ	55
2.1. Решение в перемещениях	55
2.1.1 Введение	55
2.1.2. Постановка вариационной задачи расчета	55
2.1.3. Получение расчетных уравнений (общий случай)	57
2.1.4. Выбор расчетных функций с учетом условий закрепления панелей	61
2.1.5. Разрешающие уравнения рассматриваемых задач	64
2.1.6. Получение граничных условий на поперечных краях подкрепленных панелей	73
2.1.7. Численное решение рассмотренных задач	78
2.2. Расчет подкрепленных панелей на прочность в напряжениях	90
2.2.1. Изгибаемая панель	90

2.2.2. Подкрепленная панель, нагруженная растягивающими силами	96
2.3. Устойчивость подкрепленных панелей	102
2.3.1. Местная потеря устойчивости продольно подкрепленных панелей	102
2.3.2. Местная и общая потеря устойчивости контурно подкрепленных панелей	109
 3. ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	 119
3.1. Основные этапы проектирования	119
3.1.1. Введение	119
3.1.2. Параметрический анализ массы конструкции	120
3.1.3. Постановка задачи о проектировании конструкций минимальной массы	122
3.1.4. Модели оптимизации конструкций	127
3.1.5. Коэффициент безопасности при проектировании конструкции из композиционных материалов	131
3.2. Оптимальное армирование в точке	132
3.3. Проектирование тонкостенных стержней	143
3.4. Оптимальное армирование пластин	147
3.4.1. Изгибаемая пластина	147
3.4.2. Проектирование контурно подкрепленной панели	149
3.5. Проектирование крыла кессонного типа	157
3.5.1. Проектирование с использованием условия равнопрочности	157
3.5.2. Метод штрафных функций	177
3.6. Оптимальное подкрепление отверстий	179
3.7. Проектирование игольчатых соединений	189
 БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	 195

36. Гришанина Т.В., Шклярчук Ф.Н. Динамика упругих управляемых конструкций. – М.: Изд-во МАИ, 2007. – 328 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1. УРАВНЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ УПРУГИХ УПРАВЛЯЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ	15
1.1. Объект управления	16
1.2. Обобщенные аэродинамические силы	21
1.3. Измерительные и исполнительные устройства	24
1.4. Преобразование общих уравнений аэроавтоупругих колебаний	28
1.5. Уравнения в комплексных нормальных координатах	31
1.6. Передаточные функции	32
1.7. Устойчивость и вынужденные колебания управляемой системы	35
Глава 2. УПРАВЛЯЕМЫЕ КОНСТРУКЦИИ С ЭЛЕКТРОУПРУГИМИ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ	39
2.1. Активные элементы с управляемыми деформациями	40
2.2. Уравнения электроупругих колебаний пьезокерамических тел	44
2.3. Тонкая пьезокерамическая пластина с поперечной поляризацией	47
2.4. Композиты со слоями из электроупругих материалов	50
2.5. Электроупругие колебания композитной оболочки	53
2.6. Деформация композитных цилиндрических оболочек с встроенными активными элементами	56
2.6.1. Постановка задачи. Основные соотношения	56
2.6.2. Построение полной системы ортогональных функций на контуре оболочки	59
2.6.3. Уравнения метода В.З. Власова	62
Глава 3. УПРАВЛЕНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫМИ	65

КОЛЕБАНИЯМИ И ДЕФОРМИРОВАННОЙ ФОРМОЙ УПРУГИХ КОНСТРУКЦИЙ	
3.1. Численное определение управляющих сил при неполном управлении системой	66
3.2. Решение уравнений в комплексных нормальных координатах	70
3.3. Определение управляющих сил для консервативной системы с малым демпфированием	74
3.4. Определение командных сигналов для активного гашения нестационарных колебаний части упругой системы	79
3.5. Управление деформированной формой упругих конструкций	81
3.5.1. Закрепленная конструкция	81
3.5.2. Свободная конструкция	83
3.5.3. Система с кинематическими условиями управления	85
3.6. Расчет корректирующих местных податливостей конструкции	86
3.6.1. Матрица местных податливостей конструкции	87
3.6.2. Матрица местных податливостей свободной конструкции в соединительных узлах	90
3.6.3. Амплитудно-частотная характеристика упругой системы при действии сосредоточенных сил	92
3.7. Гашение колебаний неконсервативной системы при гармоническом возбуждении	100
3.8. Об обратных задачах динамики упругих систем	102
3.9. Примеры расчета	106
3.9.1. Гашение вращательных колебаний груза на конце ферменной конструкции	106
3.9.2. Гашение колебаний подвески на упругом крыле в потоке при порывах ветра	109
3.9.3. Управление деформированной формой фермы	115
Глава 4. НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА УПРУГИХ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ	118
4.1. Формулировка задачи. Основные соотношения	119
4.2. Нелинейные уравнения движения	125
4.3. Упругие и гравитационные силы	132
4.4. Линеаризованные уравнения движения	133

4.5. Нелинейные колебания вращающихся гибких стержней	137
4.5.1. Колебания в плоскости вращения	137
4.5.2. Колебания в плоскости, перпендикулярной плоскости вращения	141
4.6. Динамика космического аппарата с выпускаемой тросовой системой	143
4.6.1. Растяжимый трос	143
4.6.2. Нерастяжимый трос	150
4.7. Примеры вычислительной динамики тросовых систем	154
4.7.1. Падение закрепленного троса	155
4.7.2. Плоское движение космического аппарата с выпускаемой тросовой системой на орбите	157
4.8. Нелинейная динамика гибких стержней	160
4.8.1. Нелинейный конечный элемент гибкого стержня	161
4.8.2. Нелинейные уравнения движения стержневой системы при больших перемещениях	164
4.9. Расчет раскрытия стержневой системы	167
4.10. Космическая ферма с регулируемыми стержнями	169
4.10.1. Электроупругие деформации трубчатого стержня	170
4.10.2. Нелинейные уравнения динамики управляемой стержневой системы	171
4.10.3. Линеаризованные уравнения колебаний	175
Глава 5. ДИНАМИКА УПРАВЛЯЕМОГО ДВИЖЕНИЯ УПРУГИХ СИСТЕМ ПРИ КОНЕЧНЫХ ПЕРЕДВИЖЕНИЯХ, ОТТАЛКИВАНИИ И ТОРМОЖЕНИИ	177
5.1. Конечные перемещения и повороты линейной упругой системы	178
5.2. Импульсные воздействия для конечных передвижений упругих систем	184
5.2.1. Импульсные функции в виде синусов	184
5.2.2. Импульсные функции в виде косинусов	185
5.3. Устранение колебаний упругих систем после отталкивания и торможения	189

5.4. Поворот упругого стержня с массивным твердым телом на конце	194
5.5. Нелинейная задача поворота гибкого стержня	202
5.6. Передвижение маятника на подвижном подвесе	208
5.7. Активное гашение колебаний КА с упругими панелями солнечных батарей	210
5.7.1. Уравнения колебаний	211
5.7.2. Определение реактивного момента маховика для гашения упругих колебаний КА	213
 Глава 6. УСТРАНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ КОНСТРУКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ НЕЛИНЕЙНЫХ УПРУГИХ СВЯЗЕЙ	 218
6.1. Нелинейные упругие элементы с односторонними связями	218
6.2. Флаттер цельноповоротного стабилизатора с односторонней связью	223
6.2.1. Уравнения аэроупругих колебаний стабилизатора	223
6.2.2. Влияние односторонней связи на флаттер	226
6.3. Аэроупругие колебания стреловидного крыла с двигателями на пилонах, удерживаемых односторонними связями	230
6.3.1. Математическая модель для изгибно- крутильных колебаний крыла большого удлинения с учетом поперечных сдвигов и конусности	230
6.3.2. Применение метода конечных элементов	233
6.4. Дифференциальные уравнения изгибно- крутильных колебаний крыла с учетом конусности и поперечного сдвига	248
6.4.1. Вывод уравнений	248
6.4.2. Пример расчета собственных колебаний крыла	253
6.5. Расчеты аэроупругих колебаний крыла с двигателем и односторонними связями	256
6.6. Оценка собственных значений неконсервативной системы с нелинейной связью	263
 Глава 7. АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И ОПТИМИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УПРУГИХ	 267

НЕКОНСЕРВАТИВНЫХ СИСТЕМ	
7.1. Система с малыми неконсервативными силами	268
7.2. Неконсервативная система	272
7.3. Аэроупругие колебания стабилизатора	275
7.4. Коэффициенты чувствительности собственных значений неконсервативных систем	280
7.5. Оптимизация динамических характеристик неконсервативных систем	283
7.6. Повышение запаса устойчивости по флаттеру цельноповоротного стабилизатора	287
Глава 8. УПРАВЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЯМИ И АЭРОДИНАМИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ КРЫЛЬЕВ	294
8.1. Уравнения статической аэроупругости крыла	294
8.2. Определение управляющих усилий в растяжках	301
8.3. Определение аэродинамических нагрузок на упругое крыло при дозвуковых скоростях по методу дискретных вихрей	303
8.4. Определение аэродинамической нагрузки на деформируемый профиль крыла	306
8.5. Управление аэродинамическими характеристиками упругого профиля крыла	307
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	312

Оглавления учебников

(нумерация согласно подраздела «Учебники»
раздела «Библиография изданий кафедры»)

4. Фигуровский В.И. Расчет на прочность беспилотных летательных аппаратов. Учебное пособие для вузов. -М.: Машиностроение, 1973. 354 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Часть первая	
РАСЧЕТ НАГРУЗОК НА ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ	
Глава I. Нагрузки на летательный аппарат в полете	5
§ 1. Силы, действующие на летательный аппарат в полете; перегрузки	6
§ 2. Зависимость перегрузки от угла отклонения руля при маневре	10
§ 3. Определение максимальных маневренных перегрузок	14
§ 4. Определение нагрузок на маневренном участке полета	18
§ 5. Определение нагрузок на неманевренном участке полета	24
§ 6. Перегрузки и расчетные случаи нагружения для самолетов	28
§ 7. Коэффициент безопасности	30
Глава II. Нагрузки на летательный аппарат при старте, транспортировке носителем и в наземных случаях нагружения	34
§ 1. Нагрузки при старте	34
§ 2. Нагрузки при транспортировке ракеты носителем в летных случаях	37
§ 3. Нагрузки на самолет и подвешенные к нему ракеты в посадочных случаях	38
§ 4. Наземные случаи нагружения	42
Глава III. Распределение нагрузок по крылу,	44

корпусу, стабилизатору, оперению	
§ 1. Распределение аэродинамической нагрузки по поверхности крыла	44
§ 2. Массовая нагрузка на крыло. Изгибающие моменты и перерезывающие силы	53
§ 3. Распределение аэродинамической нагрузки по стабилизатору и оперению	58
§ 4. Распределение аэродинамической нагрузки по корпусу	63
§ 5. Определение изгибающих, крутящих моментов и продольных, перерезывающих сил для корпуса	69
§ 6. Влияние упругости летательного аппарата на его нагружение	73
Глава IV. Расчет нагрева конструкции летательного аппарата	80
§ 1. Исходные уравнения. Стационарный нагрев	80
§ 2. Нестационарный нагрев обшивки	83
§ 3. Расчет нагрева подкрепленной обшивки	86
 Часть вторая	
РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ КОРПУСА	
ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА	
Введение	91
Глава V. Расчет лонжеронно-стрингерных и стрингерных отсеков корпуса	93
§ 1. Метод редуционных коэффициентов	93
§ 2. Построение диаграмм деформаций	100
§ 3. Определение критических напряжений для продольных элементов	103
§ 4. Определение критических напряжений для обшивки	109
§ 5. Определение касательных напряжений в сечении корпуса	116
§ 6. Учет ползучести при расчете сечения корпуса	120
§ 7. Определение разрушающей нагрузки для сечения корпуса	123
§ 8. Определение касательных напряжений в сечении при действии разрушающих нагрузок	131
Глава VI. Расчет бесстрингерных отсеков корпуса	132
§ 1. Расчетные уравнения симметрично	133

нагруженной оболочки вращения	
§ 2. Расчет отсека на полную нагрузку	143
§ 3. Расчет отсека из трехслойной оболочки с заполнителем	147
§ 4. Расчет отсеков из пластиков	152
Глава VII. Расчет топливных и двигательных отсеков корпуса	155
§ 1. Нагружение топливных баков, камер двигателей и воздушных баллонов. Расчетные уравнения	155
§ 2. Расчет днища и обечайки по безмоментной теории	160
§ 3. Расчет стыка днища и обечайки	164
§ 4. Расчет других видов стыков	175
§ 5. Расчет обечайки на внешнюю нагрузку	177
Глава VIII. Расчет корпуса в области люков и стыков	180
§ 1. Расчет корпуса в области люков	180
§ 2. Расчет незамкнутого сечения корпуса	183
§ 3. Расчет соединений отсеков корпуса	191
Глава IX. Расчет шпангоутов	202
§ 1. Нагружение промежуточных шпангоутов	202
§ 2. Нагружение силовых шпангоутов	203
§ 3. Метод расчета шпангоутов	205
§ 4. Расчет шпангоута за пределом пропорциональности	212
§ 5. Определение перемещений шпангоута	213
§ 6. Устойчивость промежуточных шпангоутов	216
§ 7. Расчет шпангоута на нагрузки, перпендикулярные его плоскости	217
Глава X. Расчет корпуса в целом как единой упруго- пластической системы	220
§ 1. Расчет корпуса как подкрепленной цилиндрической оболочки	220
§ 2. Расчет корпуса как дискретной системы	230
§ 3. Определение прогибов корпуса	236
§ 4. Прочность корпуса при динамическом нагружении	239
Список литературы	242

Часть третья

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ КРЫЛА И ОПЕРЕНИЯ	
Введение	245
Глава XI. Приближенный расчет крыла методом сечений	250
§ 1. Расчет нормальных напряжений в сечении крыла	257
§ 2. Расчет касательных напряжений в сечении крыла	264
§ 3. Приближенный расчет деформаций крыла	270
Глава XII. Расчет крыла методом сил	274
§ 1. Расчет лонжеронного крыла малого удлинения	275
§ 2. Применение метода сил к расчету монолитного крыла	289
§ 3. Расчет крыла дискретной схемы с учетом нагрева	292
§ 4. Расчет крыла дискретной схемы за пределом пропорциональности	299
§ 5. Расчет крыла дискретной схемы как комбинированной стержневой системы	300
Глава XIII. Расчет крыла методом перемещений	303
§ 1. Расчет лонжеронного крыла методом перемещений	303
§ 2. Расчет монолитного крыла методом перемещений	310
§ 3. Применение метода конечных разностей к расчету крыла как пластины	319
Глава XIV. Расчет элементов крыла	326
§ 1. Расчет узлов крепления крыла к корпусу	326
§ 2. Расчет нервюр	330
§ 3. Расчет элерона	334
§ 4. Расчет заклепочных и сварных швов	336
Глава XV. Расчет оперения	338
§ 1. Расчет оперения самолетной схемы	338
§ 2. Расчет поворотного оперения	340
Глава XVI. Аэроупругость крыла	343
§ 1. Дивергенция крыла	343
§ 2. Реверс элеронов	343
§ 3. Флаттер крыла	348
Список литературы	354

5. Михеев Р. А. Прочность вертолетов. Учебник для вузов. - М.: Машиностроение, 1984. 280 с.

Оглавление	Стр.
Предисловие	3
Введение	4
§ В.1. Задачи работ по прочности	4
§ В.2. Общие принципы и методы обеспечения прочности	8
§ В.3. Расчетные случаи норм прочности	12
1. Выносливость конструкции вертолета. Ресурс	16
§ 1.1. Основные закономерности, определяющие долговечность конструкции	16
§ 1.2. Основные конструктивные и технологические факторы, влияющие на долговечность	23
§ 1.3. Ресурс по условиям усталостной прочности	26
2. Суммирование сил и моментов, действующих на втулку от лопастей винта	30
§ 2.1. Соотношения между силами, действующими на различные лопасти винта	30
§ 2.2. Суммирование сил, совпадающих по направлению. Первое правило суммирования	34
§ 2.3. Суммирование векторов сил и моментов, повернутых относительно друг друга. Второе правило суммирования	37
§ 2.4. Силы и моменты относительно невращающихся осей	39
3. Собственные изгибные колебания лопастей несущего винта (методы расчета)	41
§ 3.1. Уравнение изгибных колебаний невращающейся лопасти	41
§ 3.2. Невращающаяся лопасть с постоянными по радиусу жесткостью и погонной массой	43
§ 3.3. Некоторые выводы о собственных частотах и формах	47
§ 3.4. Метод последовательных приближений, основанный на интегральном соотношении (3.18)	48
§ 3.5. Расчет напряжений при падении лопасти на ограничитель свеса	51

§ 3.6. Уравнение колебаний вращающейся лопасти в плоскости взмаха. Метод Галеркина	52
§ 3.7. Свойство ортогональности собственных форм	56
§ 3.8. Формула для учета влияния центробежной силы	57
§ 3.9. Изгибные колебания в плоскости вращения	59
§ 3.10. Метод конечных элементов	61
§ 3.11. Возможности рассмотренных методов расчета частот и форм собственных изгибных колебаний лопастей	65
4. Резонансные диаграммы. Сложные виды собственных колебаний	67
§ 4.1. Резонансные диаграммы	67
§ 4.2. Сложные виды колебаний лопастей	72
§ 4.3. Пределы применения рассмотренных методов для задач, не связанных с лопастью	79
5. Общие свойства свободных колебаний	82
§ 5.1. Исходные соотношения для определения аэродинамической нагрузки	82
§ 5.2 Методы расчета аэродинамической нагрузки	87
§ 5.3. Расчет изгибных колебаний лопасти методом Галеркина	89
§ 5.4. О других методах расчета изгибных колебаний лопасти	92
§ 5.5. О расчете более сложных видов колебаний	95
6. Нагружение лопастей в полете	98
§ 6.1. Изгибающие моменты лопасти и напряжения, вызываемые ими в лонжероне	98
§ 6.2. Комлевая часть лопасти. Напряжения в обшивке	104
§ 6.3. Особенности нагружения лопастей винта без индивидуальных горизонтальных шарниров	107
7. Флаттер несущего винта	110
§ 7.1. Автоколебания отсека лопасти	110
§ 7.2. Уравнения махового флаттера абсолютно жесткой лопасти, прикрепленной к втулке с помощью горизонтального шарнира	113
§ 7.3. Решение уравнений флаттера лопасти	118
§ 7.4. Обеспечение безопасности по флаттеру	121
§ 7.5. Флаттер несущего винта	124

§ 7.6. Влияние трения в осевом шарнире	126
§ 7.7. Другие практические важные сведения о флаттере	129
8. Рулевые винты	132
§ 8.1. Нагрузки на лопасти рулевого винта	132
§ 8.2. Изгибные колебания лопастей и способы их уменьшения	135
§ 8.3. Особенности нагружения винта с втулкой на кардановом подвесе	137
9. Системы управления винтами	140
§ 9.1. Нагрузки, действующие на детали системы управления, и задачи расчета	140
§ 9.2. Шарнирный момент лопасти	142
§ 9.3. Расчет первого участка системы управления	146
§ 9.4. Расчет второго участка системы управления	147
§ 9.5. Прочность проушин при действии переменных нагрузок	149
10. Усталостная прочность втулок несущих и рулевых винтов и других агрегатов	151
§ 10.1. Определение нагрузок на втулку	151
§ 10.2. Силы и напряжения в деталях втулки	153
§ 10.3. Усталостная прочность других агрегатов	156
11. Вибрация фюзеляжа	158
§ 11.1. Переменные силы на втулке несущего винта	159
§ 11.2. Собственные и вынужденные изгибные колебания фюзеляжа как упругой балки	161
§ 11.3. Метод добавочной массы. Динамическая жесткость. Учет демпфирования	164
§ 11.4. Методы расчета колебаний более сложных моделей фюзеляжа	166
§ 11.5. Дополнительные меры по снижению уровня вибрации	168
§ 11.6. Вибрации других типов	170
12. Земной резонанс	173
§ 12.1. Колебания винта на упругозакрепленном основании	173
§ 12.2. Параметры, определяющие возникновение земного резонанса	175
§ 12.3. Земной резонанс на вертолете	177
§ 12.4. Расчетные случаи и конструктивные меры по	179

обеспечению безопасности от земного резонанса	
13. Прочность при больших однократных нагрузках. Определение нагрузок	183
§ 13.1. Нагрузки при маневре	183
§ 13.2. Нагрузки при полете в беспокойном воздухе	186
§ 13.3. Нагрузки при посадке. Кинетическая энергия	187
§ 13.4. Нагрузки при посадке. Силы	190
§ 13.5. Расчетные нагрузки	193
14. Прочность фюзеляжа при больших однократных нагрузках	194
§ 14.1. Нагрузки	194
§ 14.2. Нормальные напряжения на регулярных участках фюзеляжа	197
§ 14.3. Касательные напряжения. Расчет шпангоутов	201
§ 14.4. Приближенные методы для регулярных участков	202
§ 14.5. Напряжения на участках с вырезами	204
§ 14.6. Диаграммы растяжения — сжатия. Критические напряжения в стрингерах	207
§ 14.7. Критические напряжения потерн устойчивости обшивки	211
15. Прочность крыла, оперения, шасси и других агрегатов при больших однократных нагрузках	214
§ 15.1. Нагрузки на крыло	214
§ 15.2. Определение напряжений в элементах конструкции крыла	215
§ 15.3. Расчет оперения	217
§ 15.4. Расчет шасси	218
§ 15.5. Расчет подредукторной рамы, систем управления и других агрегатов	221
16. Экспериментальные методы обеспечения прочности	224
§ 16.1. Цели и задачи эксперимента. Методы его проведения	224
§ 16.2. Методы оценки прочности под действием заданных нагрузок	228
§ 16.3. Методы определения нагруженности	232
§ 16.4. Проверка запасов до автоколебаний	235
§ 16.5. Исследования вибраций фюзеляжа	238

§ 16.6. Определение динамических характеристик конструкции	241
17. Некоторые теоретические основы экспериментальных методов	247
§ 17.1. Теория подобия	247
§ 17.2. Тензометрия	251
§ 17.3. Определение напряжений, сил и моментов	255
§ 17.4. Характеристики случайных величин	262
§ 17.5. Некоторые методы математической статистики	265
§ 17.6. Спектральное представление процесса. Гармонический анализ	267
§ 17.7. Спектральный анализ	271
Список литературы	276

6. Стригунов В.М. Расчет самолета на прочность. Учебник для вузов. -М.: Машиностроение. 1984. 376 с.

Оглавление	
	Стр.
Предисловие	3
Введение	4
1. Внешние нагрузки, действующие на самолет	13
1.1. О расчетных режимах полета самолетов	13
1.2. Внешние нагрузки, действующие на самолет при различных режимах полета	24
1.3. Внешние нагрузки, действующие на самолет при посадке	25
1.4. Перегрузки самолета при разных режимах полета и их величины	26
1.5. Экспериментальное определение величины перегрузки	28
1.6. Разбивка самолетов на классы	29
1.7. Коэффициенты безопасности	30
1.8. Основные расчетные случаи нагружения самолета, их обоснование и связь с траекторией полета	31
1.9. Температурное нагружение самолетных конструкций	35
2. Определение внешних нагрузок, действующих на крылья самолета	45
2.1. Определение величин нагрузок	45
2.2. Распределение внешних нагрузок по размаху крыла	46
2.3. Распределение нагрузок по хорде крыла и место их приложения	52
2.4. Построение эпюр перерезывающих сил, изгибающих и крутящих моментов по размаху крыла	56
2.5. Определение внешних нагрузок на крыло, действующих в горизонтальной плоскости	60
2.6. Определение внешних нагрузок, действующих на крыло при посадке самолета	61
2.7. Формулы для перехода от одних осей к другим	62

при определении величин Q и $M_{изг}$	
3. Работа и расчет силовых элементов и подкрепленных панелей	64
3.1. Расчетные (разрушающие) напряжения для силовых элементов в растянутой зоне	65
3.2. Расчетные (разрушающие) напряжения для силовых элементов в сжатой зоне	66
3.3. Расчет неподкрепленных пластин (панелей) на осевое сжатие	68
3.4. Определение несущей способности подкрепленных панелей при осевом сжатии. Редукционные коэффициенты	71
3.5. Расчет пластин на сдвиг до потери устойчивости	76
3.6. Расчет подкрепленных пластин на сдвиг за пределом устойчивости	78
3.7. Устойчивость неподкрепленных цилиндрических оболочек при равномерном осевом сжатии и изгибе	81
3.8. Расчет криволинейных пластин и оболочек на нормальное давление	82
3.9. Расчет панелей, состоящих из обшивки и гофра, на осевое сжатие и сдвиг	86
3.11. Работа и расчет панелей на сложные внешние нагрузки	90
3.12. К расчету лонжеронов крыла	94
4. Общие методы расчета крыльев на прочность	99
4.1. Об общих методах расчета крыльев	99
4.2. Определение нормальных напряжений от изгибающего момента	101
4.3. Определение касательных напряжений в поперечном сечении крыла при изгибе и кручении	115
4.4. Определение деформаций крыла при изгибе и кручении	124
5. Определение внешних нагрузок и расчет на прочность нервюр крыла	128
5.1. Определение внешних нагрузок, действующих на типовые нервюры крыла	128
5.2. Расчет усиленных нервюр	132
5.3. Расчет типовых (нормальных) нервюр	134

6. Учет влияния вырезов на прочность крыльев	135
6.1. Расчет крыла, имеющего большой вырез	135
6.2. Расчет крыла, имеющего средний вырез	140
7. Расчет на прочность стреловидных крыльев	143
7.1. Расчет однолонжеронного крыла с нервюрами, поставленными нормально к оси лонжерона	143
7.2. Расчет однолонжеронного крыла с внутренним подкосом	147
7.3. Расчет двухлонжеронного крыла с нервюрами, поставленными нормально к оси лонжеронов	152
7.4. Расчет стреловидного кессонного крыла	154
7.5. Определение деформаций стреловидного крыла	156
7.6. Рекомендации к расчету крыльев с изменяемой стреловидностью	159
8. Расчет на прочность треугольных крыльев	161
8.1. Учет наклона продольных силовых элементов крыла в плане	161
8.2. Расчет треугольного крыла при помощи нахождения потенциальной энергии деформации лонжеронов	163
9. Расчет разъемных соединений консоли крыла с центропланом или фюзеляжем	166
9.1. Расчет разъемных соединений в кессонном крыле	166
9.2. Расчет разъемных соединений в двухлонжеронном крыле	169
9.3. Расчет разъемных соединений в однолонжеронном крыле	171
10. Определение внешних нагрузок и расчет на прочность хвостового оперения самолета	173
10.1. Назначение хвостового оперения	173
10.2. Определение внешних нагрузок на горизонтальное оперение однокилевой схемы	174
10.3. Вертикальное оперение однокилевой схемы	179
10.4. Определение внешних нагрузок на двухкилевое оперение	180
10.5. Построение эпюр внешних нагрузок Q , $M_{изг}$, $M_{кр}$ по размаху оперения	182
10.6. Расчет на прочность конструктивных силовых схем оперений	183

10.7. К расчету вертикального оперения	188
11. Расчет на прочность элеронов, рулей и агрегатов механизации крыла	191
11.1. Нагрузки, действующие на элероны, рули и агрегаты механизации крыла	191
11.2. Расчет рулей на прочность	191
11.3. Расчет на прочность элеронов	195
11.4. Расчет на прочность агрегатов механизации крыла	197
12. Определение внешних нагрузок и расчет на прочность шасси самолета	201
12.1. Особенности конструкции и нагружения шасси	201
12.2. Определение внешних нагрузок, действующих на шасси при посадке и рулежке на земле	204
12.3. Расчет на прочность различных силовых схем шасси	209
13. Определение нагрузок на установки под двигатели	220
13.1. Нагрузки, действующие на двигательные установки	220
13.2. Особенности конструкции установок под двигатели	222
13.3. Расчет гондолы двигателя и пилона ее крепления	223
13.4. Расчет силовой установки расположенной в хвостовой части фюзеляжа	223
14. Расчет на прочность фюзеляжей	225
14.1. Определение внешних нагрузок	225
14.2. Конструктивно-силовые схемы фюзеляжей	234
14.3. Расчет на прочность поперечных сечений фюзеляжей	235
14.4. Определение нагрузок и расчет на прочность шпангоутов	244
14.5. Учет влияния вырезов на прочность фюзеляжа	255
14.6. Определение деформаций фюзеляжа при изгибе и кручении	273
14.7. Определение вторичных нормальных и касательных напряжений при изгибе и кручении фюзеляжа (крыла)	277

15. Расчет на прочность герметических кабин и отсеков	286
15.1. Определение дополнительных внешних нагрузок	286
15.2. Расчет цилиндрической круговой оболочки от избыточного давления по безмоментной теории	291
15.3. Определение погонных усилий для шпангоутов цилиндрической круговой оболочки, нагруженной внутренним давлением	296
15.4. Влияние упругости шпангоутов кабины на напряженное состояние оболочки	302
15.5. Нагружение шпангоутов и обшивки при совместной работе от действия внутреннего давления в кабине	303
15.6. Влияние температуры и внутреннего давления на геометрические размеры кабины	305
15.7. Исследование и расчет герметических кабин с вырезами при действии внутреннего давления	307
15.8. Расчет подкрепленной круглой кабины, имеющей конусность по длине	326
15.9. Расчет герметической кабины с эллиптическими днищами	328
15.10. Нагружение силового пола герметической кабины (фюзеляжа)	331
15.11. Расчет на прочность днищ герметических кабин и отсеков	332
15.12. Пример расчета окантовки выреза под входную дверь фюзеляжа от действия внутреннего давления	334
16. Определение нагрузок, действующих на воздухозаборники и гондолы двигателей	345
16.1. Расчет воздухозаборников	345
16.2. Расчет гондол двигателей	346
17. Усталостная прочность и ее значение в определении сроков службы самолетов и агрегатов	349
17.1. Факторы, влияющие на предел выносливости конструкционных материалов	350
17.2. Теоретическое и экспериментальное определение срока службы самолета	356
Список литературы	365

Предметный указатель

367

7. Авдонин А.С., Фигуровский В.И. Расчет на прочность летательных аппаратов. Учебник для вузов. -М.: Машиностроение. 1985. 440 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
Глава 1. Нагрузки, действующие на летательные аппараты (ЛА) в полете	5
1.1. Понятие о перегрузке	5
1.2. Перегрузки при маневре в плоскости полета	9
1.3. Перегрузки при полете в неспокойной атмосфере	16
1.4. Определение осевых и поперечных сил в сечениях корпуса аппарата. Расчетные случаи для ракет	19
1.5. Расчетные случаи для самолетов. Нормы прочности	26
1.6. Ограничение скорости полета самолетов по условиям прочности	27
1.7. Нагрузки, действующие на космические аппараты при стыковке на орбите	28
1.8. Нагрузки, действующие на космические аппараты при входе в атмосферу	33
1.9. Нагрузки, действующие на узлы крепления тормозных парашютов к корпусу аппарата	39
1.10. О нагрузках от гидравлического удара в трубопроводах	48
Глава 2. Нагрузки, действующие на летательные аппараты в нелетных случаях	51
2.1. Нагрузки, действующие на спускаемый космический аппарат при посадке на грунт	51
2.2. Нагрузки, действующие на спускаемый космический аппарат при посадке на водную поверхность	56
2.3. Нагрузки, действующие на аппарат при старте с пусковых установок	58
2.4. Нагрузки, действующие на аппарат при старте из шахты	60
2.5. Нагрузки, действующие на самолет при взлете	62

и пробеге по аэродрому	
2.6. Нагрузки, действующие на самолет и подвешенные к нему грузы в посадочных случаях	63
2.7. Нагрузки, действующие на летательные аппараты при наземной эксплуатации	66
2.8. Выбор коэффициентов безопасности. О методе расчета авиационно-ракетных конструкций на прочность	71
Глава 3. Нагрев конструкции летательных аппаратов	75
3.1. Определение температур в элементах конструкций ЛА	76
3.2. Распределение температуры в стенке цилиндрического бака, залитого жидкостью	79
3.3. Распределение температуры в стрингере подкрепленного корпуса аппарата	82
3.4. Тепловая защита летательных аппаратов	86
Глава 4. Нагружение и расчет прямого крыла на прочность	88
4.1. Определение нагрузок, действующих на крыло	88
4.2. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов по размаху крыла	90
4.3. Конструктивно-силовые схемы крыльев	92
4.4. Последовательность передачи нагрузок по элементам силовой схемы крыла	93
4.5. О методах расчета крыльев	95
4.6. Расчет прямого крыла большого удлинения по балочной теории с учетом нагрева и с использованием редуцированных коэффициентов	97
4.7. Расчет крыла графо-аналитическим методом	104
4.8. Учет ползучести в расчетах крыла при его нагреве	110
4.9. Определение касательных напряжений при изгибе и кручении крыла	112
4.10. Влияние конусности крыла на величину касательных напряжений в сечении крыла	116
4.11. Расчет крыла с учетом стесненного кручения	117
4.12. Расчет крыла на кручение по методу Канторовича — Власова	124
4.13. Определение прогибов крыла	130

4.14. Расчет нервюр	131
4.15. Расчет лонжерона, выполненного в форме балки с тонкой стенкой	132
Глава 5. Особенности расчета стреловидных крыльев	139
5.1. Конструктивно-силовые схемы стреловидных крыльев	139
5.2. Однолонжеронное крыло с переломом оси лонжерона у борта фюзеляжа и нервюрами, поставленными перпендикулярно оси лонжерона	140
5.3. Однолонжеронное крыло с переломом оси лонжерона у борта фюзеляжа и нервюрами, поставленными по потоку	142
5.4. Однолонжеронное крыло с внутренним подкосом	143
5.5. Двухлонжеронное крыло с переломом осей продольного набора у борта фюзеляжа	145
5.6. Двухлонжеронное крыло с переломом осей продольного набора в плоскости симметрии самолета	149
5.7. Прогибы, углы поворота и закручивания стреловидного крыла	151
Глава 6. Расчет крыльев малого удлинения	154
6.1. Приближенный расчет крыла малого удлинения по балочной теории	154
6.2. Определение касательных усилий в сечениях крыла малого удлинения	159
6.3. Расчет треугольного крыла с лонжеронами, поставленными перпендикулярно корпусу аппарата	161
6.4. Расчет треугольного крыла с наклонным расположением лонжеронов по отношению к корпусу	163
6.5. Расчет крыла с учетом нагрева	168
6.6. Определение прогибов крыла	171
6.7. Расчет крыла методом перемещений	171
6.8. Расчет крыла малого удлинения методом сеток	175
6.9. Расчет крыла малого удлинения с легким заполнителем	182
Глава 7 . Расчет крыла методом конечных элементов в перемещениях	185

7.1. О необходимости применения метода конечных элементов (МКЭ) для расчета крыла	185
7.2. Вывод выражения матрицы жесткости лонжерона (нервюры) в местной системе координат	187
7.3. Матрица жесткости лонжерона (нервюры) в общей системе координат	191
7.4. Матрица жесткости панели обшивки	193
7.5. Матрица жесткости всего крыла. Расчетные уравнения	195
7.6. Учет нагрева методом конечных элементов в перемещениях	201
7.7. Расчет крыла при нелинейной зависимости σ от ϵ	205
7.8. Расчет крыла с учетом работы обшивки на нормальные напряжения	206
7.9. Метод конечных элементов в перемещениях для крыла без использования свойств антисимметрии сил и перемещений	209
Глава 8. Расчет крыла методом конечных элементов в силах	215
8.1. Вывод канонических уравнений метода сил в матричной форме	215
8.2. Расчет основной системы	229
8.3. Расчет основной системы в единичных состояниях	230
8.4. Учет нагрева и пластичности при расчете крыла МКЭ в силах	234
Глава 9. Расчет механизации крыла и хвостового оперения	242
9.1. Конструктивно-силовые схемы механизации крыла и хвостового оперения	242
9.2. Расчет на прочность механизации крыла и хвостового оперения	242
Глава 10. Расчет шасси	248
10.1. Конструктивно-силовые схемы шасси	248
10.2. Расчет шасси на прочность	253
Глава 11. Расчет систем крепления двигательных установок и переходных ферм	262
11.1. Конструктивно-силовые схемы систем крепления двигательных установок и переходных	262

ферм. Нагрузки, действующие на них	
11.2. Расчет на прочность систем крепления двигательных установок и переходных ферм	265
Глава 12. Расчет механизации крыла и хвостового оперения	269
12.1. Конструктивно-силовые схемы корпусов и фюзеляжей	269
12.2. Нагрузки, действующие на корпуса и фюзеляжи	271
12.3. Построение эпюр поперечных сил, изгибающих и крутящих моментов	273
12.4. Определение нормальных напряжений в поперечных сечениях подкрепленного корпуса или фюзеляжа по методу редуцированных коэффициентов	274
12.5. Графо-аналитический метод расчета корпусов и фюзеляжей	277
12.6. Определение касательных напряжений при изгибе и кручении корпусов и фюзеляжей	279
12.7. Влияние конусности корпуса или фюзеляжа на величину касательных напряжений в обшивке	282
12.8. Дополнительные нагрузки на подкрепляющий силовой набор от потерявшей устойчивость обшивки от касательных напряжений и сплющивания поперечного сечения корпуса или фюзеляжа при изгибе	283
12.9. Определение нормальных и касательных напряжений в поперечных сечениях корпусов и фюзеляжей, ослабленных вырезами	285
12.10. Расчет шпангоутов	291
12.11. Определение углов закручивания и прогибов корпусов и фюзеляжей	309
Глава 13. Расчет фюзеляжей и корпусов методом конечных элементов в перемещениях	312
13.1. Матрицы жесткости элементов конструкции фюзеляжа или корпуса в местной системе координат	312
13.2. Преобразование матриц жесткости из местной в общую систему координат	314
13.3. Определение матрицы жесткости всей конструкции фюзеляжа или корпуса. Расчетные	319

уравнения	
13.4. Метод суперэлементов при расчете сложных конструкций фюзеляжей и корпусов	320
Глава 14. Расчет фюзеляжей и корпусов методом конечных элементов в силах	322
14.1. Вывод расчетных уравнений	322
14.2. Определение усилий в основной системе	324
14.3. Определение усилий в единичных состояниях	325
14.4. Пример расчета	325
Глава 15. Расчет баков и гермокабин	327
15.1. Конструктивно-силовые схемы баков и гермокабин	327
15.2. Расчет гермокабин и баков по безмоментной теории оболочек на осесимметричную нагрузку	328
15.3. Расчет гермокабин и баков с учетом осесимметричного краевого эффекта	336
на локальные нагрузки по безмоментной теории оболочек	350
15.5. Применение теоремы Кастильяно к определению линейных и угловых перемещений в оболочечных конструкциях аппаратов	353
15.6. Определение линейных перемещений в баках при осесимметричной нагрузке	355
15.7. Определение опускания уровня компонентов топлива в баках	356
15.8. Определение жесткостных характеристик тоннельных труб и расчет их на устойчивость	358
15.9. Определение жесткостных характеристик сильфонов и расчет их на устойчивость	361
15.10. Особенности расчета емкостей высокого давления	363
15.11. Определение размеров подкрепляющих накладок для круговых вырезов в конструкциях гермокабин и баках	364
Глава 16. Расчет фюзеляжей, корпусов, гермокабин и баков на местную устойчивость	369
16.1. О прикладном методе определения критических нагрузок для оболочек	369
16.2. Устойчивость неподкрепленного цилиндрического корпуса при осевом сжатии и при	385

наружном давлении	
16.3. Устойчивость подкрепленных корпусов и фюзеляжей при осевом сжатии	392
Глава 17. О проектировании конструкций минимальной массы	397
17.1. Историческая справка	397
17.2. Постановка задачи о проектировании конструкций минимальной массы	398
17.3. Некоторые математические методы определения экстремальных значений функции многих переменных	400
17.4. Оптимальные размеры сферического днища цилиндрического бака, нагруженного внутренним давлением	405
17.5. Каркасированный цилиндрический корпус аппарата при осевом сжатии	409
17.6. Сжатая панель крыла большого удлинения	412
17.7. Цилиндрический корпус, подкрепленный шпангоутами, при наружном давлении	415
17.8. Вал турбонасосного агрегата	416
17.9. Плоская ферма	419
Глава 18. Усталостная прочность конструкций ЛА	426
18.1. Основные сведения по различным видам колебаний	426
18.2. Физическая картина усталостных разрушений элементов конструкций	428
18.3. Факторы, влияющие на долговечность конструкций	429
18.4. Ресурс конструкций по условиям усталости	431
Список литературы	433

8. Образцов И.Ф., Савельев Л.М., Хазанов Х.С. Метод конечных элементов в задачах строительной механики ЛА. Учебник для вузов. - М.: Высшая школа. 1985. 392 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	6
Введение	9
Основные обозначения	11
Часть I. Матричная формулировка соотношений теории упругости и задач строительной механики стержневых систем	
Глава 1. Основные соотношения теории упругости	13
§ 1.1. Определения и уравнения	13
§ 1.2. Плоская задача	20
§ 1.3. Подкрепленная панель как конструктивно-ортотропная пластина	23
Глава 2. Вариационные методы теории упругости	27
§ 2.1. Работа внешних сил. Дополнительная работа	27
§ 2.2. Энергия деформации. Дополнительная энергия деформации	32
§ 2.3. Вариационное уравнение Лагранжа	35
§ 2.4. Вариационное уравнение Кастильяно	39
§ 2.5. Метод Ритца	43
§ 2.6. Метод Канторовича—Власова	46
Глава 3. Матричный метод перемещений для стержневых систем	49
§ 3.1. Понятие о матрице жесткости	49
§ 3.2. Преобразование координат	54
§ 3.3. Ферменный элемент	58
§ 3.4. Прямой брус в местной системе координат	61
§ 3.5. Прямой брус в общей системе координат	69
§ 3.6. Учет внеузловой нагрузки	74
§ 3.7. Плоский круговой брус	78
§ 3.8. Стержневая система	84
§ 3.9. Определение узловых перемещений	91
§ 3.10. Примеры расчета	93

Часть II. Метод конечных элементов

Глава 4. Теоретические основы метода	106
§ 4.1. Дискретизация тела	106
§ 4.2. Перемещения, деформации и напряжения в конечном элементе	108
§ 4.3. Матрица жесткости конечного элемента	111
§ 4.4. Учет внеузловой нагрузки	113
§ 4.5. Определение узловых перемещений	114
§ 4.6. Связь метода конечных элементов с методом Ритца	117
§ 4.7. Конечноэлементная форма метода Канторовича—Власова	124
Глава 5. Конечные элементы сплошной среды	133
§ 5.1. Плоский треугольный элемент	133
§ 5.2. Совместный прямоугольный элемент	139
§ 5.3. Несовместный прямоугольный элемент	145
§ 5.4. Внутренние узлы и подконструкции	150
§ 5.5. Неузловые степени свободы	156
§ 5.6. Четырехузловой изопараметрический элемент	160
§ 5.7. Несовместный четырехугольный элемент	166
§ 5.8. Плоские изопараметрические элементы высших порядков	169
§ 5.9. Деформация пространственного криволинейного стержня	175
§ 5.10. Одномерные конечные элементы	179
§ 5.11. Трехмерные конечные элементы	182
§ 5.12. Численное интегрирование в методе конечных элементов	186
§ 5.13. О вычислении напряжений	193
§ 5.14. Примеры расчета	198
Глава 6. Критерии сходимости	204
§ 6.1. Предварительные замечания	204
§ 6.2. Применение рядов Тейлора к исследованию сходимости	205
§ 6.3. Критерии сходимости совместных элементов	210
§ 6.4. Сходимость несовместных элементов	214
§ 6.5. Влияние на сходимость численного интегрирования	220
§ 6.6. Исключение ложных деформаций сдвига с помощью численного интегрирования	222

Часть III. Приложение метода конечных элементов к расчету авиационных конструкций	
Глава 7. Конструкции в виде пластин и оболочек	227
§ 7.1. Предварительные замечания	227
§ 7.2. Основные соотношения теории изгиба пластин	228
§ 7.3. Изопараметрические конечные элементы пластины	231
§ 7.4. Несовместный прямоугольный элемент пластины	236
§ 7.5. Несовместный четырехугольный элемент пластины	241
§ 7.6. Учет внеузловой нагрузки. Определение узловых перемещений	244
§ 7.7. Основные соотношения для оболочек вращения при осесимметричном нагружении	247
§ 7.8. Изопараметрические конечные элементы оболочки вращения	251
§ 7.9. Двухузловой криволинейный конечный элемент оболочки вращения	254
§ 7.10. Матрица жесткости шпангоута	262
§ 7.11. Объединение конечных элементов. Определение перемещений и напряжений	263
§ 7.12. Деформации произвольной поверхности	267
§ 7.13. Конечные элементы произвольной оболочки	272
§ 7.14. Примеры расчета	278
Глава 8. Каркасированные тонкостенные конструкции	283
§ 8.1. Конечноэлементная идеализация конструкции	283
§ 8.2. Конечные элементы безмоментной обшивки	285
§ 8.3. Конечные элементы изопараметрического типа для лонжеронов	290
§ 8.4. Составные конечные элементы лонжеронов	300
§ 8.5. Двухузловой конечный элемент шпангоута	310
§ 8.6. Криволинейные конечные элементы шпангоута	320
§ 8.7. Заключительные замечания	324
§ 8.8. Примеры расчета	325
Часть IV. Динамические задачи	
Глава 9. Соотношения метода конечных элементов в	325

задачах динамики	
§ 9.1. Предварительные замечания	325
§ 9.2. Матричное уравнение движения конструкции	330
§ 9.3. Согласованная и диагональная формулировки матрицы масс	338
§ 9.4. Матрицы масс конечных элементов с линейными смещениями узлов	342
§ 9.5. Матрицы масс конечных элементов изгибаемых пластин	344
§ 9.6. Матрицы масс конечных элементов оболочек	348
§ 9.7. Матрицы масс конечных элементов бруса	351
Глава 10. Расчет динамического поведения конструкции	357
§ 10.1. Собственные колебания	357
§ 10.2. Ортогональность собственных форм колебаний	360
§ 10.3. Примеры расчета	362
§ 10.4. Разложение движения по формам собственных колебаний	369
§ 10.5. О прямом интегрировании уравнений движения	373
§ 10.6. Метод центральных разностей	375
§ 10.7. Метод Ньюмарка	379
Заключение	386
Список литературы	389
Предметный указатель	391

9. Образцов И.Ф., Булычев Л.А., Васильев В.В. и др. Строительная механика летательных аппаратов. Учебник для вузов. -М.: Машиностроение. 1986. 536 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Глава 1. Вариационные принципы и прикладные методы решений задач строительной механики	5
1.1. Основные соотношения теории упругости	5
1.1.1. Теория деформаций	5
1.1.2. Теория напряжений	6
1.1.3. Физические соотношения	10
1.1.4. Методы решения задач в перемещениях и в напряжениях	11
1.2. Потенциальная энергия деформации упругой системы	13
1.3. Вариационное решение задачи в перемещениях	17
1.3.1. Полная энергия упругой системы	17
1.3.2. Вариационный принцип Лагранжа	18
1.3.3. Пример — задача об изгибе балки	21
1.4. Вариационное решение задачи в напряжениях	23
1.4.1. Дополнительная потенциальная энергия	23
1.4.2. Вариационный принцип Кастильяно	24
1.4.3. Принцип наименьшей работы	27
1.4.4. Теорема Кастильяно	28
1.4.5. Примеры	29
1.5. Смешанный вариационный принцип	32
1.6. Прикладные методы решения задач строительной механики	34
1.6.1. Метод Ритца—Тимошенко	35
1.6.2. Метод Бубнова—Галеркина	37
1.6.3. Метод Власова—Канторовича	39
1.6.4. Метод Папковича—Треффца	40
1.6.5. Конечно-разностные методы	42
1.6.6. Вариационно-разностный метод	46
1.6.7. Дифференциально-разностный метод (метод прямых)	48
1.6.8. Метод локальных вариаций	49
1.6.9. Метод коллокаций	51

Глава 2. Расчет стержневых систем	53
2.1. Ферменные, рамные и комбинированные системы	53
2.1.1. Определения. Расчетные схемы	53
2.1.2. Геометрическая неизменяемость системы	54
2.2. Расчет статически определимых стержневых систем	57
2.2.1. Статически определимые системы	57
2.2.2. Метод вырезания узлов	58
2.2.3. Метод моментных точек (для плоских ферм) и моментных осей (для пространственных)	59
2.2.4. Определение перемещений узлов статически определимых ферм	60
2.3. Расчет статически неопределимых стержневых систем методом сил	61
2.3.1. Определение усилий в стержнях	61
2.3.2. Определение перемещений узлов	63
2.3.3. Некоторые обобщения	63
2.3.4. Использование симметрии при расчете рам	65
2.3.5. Пример расчета комбинированной системы	66
2.4. Расчет шпангоутов	66
2.4.1. Определение усилий при нагружении в плоскости шпангоута	66
2.4.2. Определение перемещений шпангоута	70
2.4.3. О расчете шпангоутов, нагруженных перпендикулярно их плоскости	72
2.5. Расчет плоских рам методом перемещений	72
2.5.1. Определение числа неизвестных	72
2.5.2. Основная система и канонические уравнения	74
2.5.3. Определение коэффициентов канонических уравнений	75
2.5.4. Пример расчета рамы методом перемещений	76
2.6. Матричные методы расчета стержневых систем	78
2.6.1. Идеализированная расчетная схема	78
2.6.2. Метод сил в матричной форме	79
2.6.3. Учет температурных воздействий	88
2.6.4. Метод перемещений в матричной форме	90
2.6.5. Матрица жесткости стержневой системы	93
Глава 3. Расчет пластин	99
3.1. Основные гипотезы и уравнения	

3.1.1. Расчетная схема пластины. Гипотезы Кирхгофа	99
3.1.2. Вывод уравнений теории тонких пластин	101
3.2. Плоское напряженное состояние пластин	106
3.2.1. Исходные соотношения	106
3.2.2. Однородное плоское напряженное состояние	108
3.2.3. Концентрация напряжений в пластине с отверстием	109
3.3. Изгиб прямоугольных пластин	113
3.3.1. Уравнения теории изгиба пластин и граничные условия	113
3.3.2. Методы расчета прямоугольных пластин	119
3.4. Изгиб круглых пластин	133
3.4.1. Исходные соотношения	133
3.4.2. Осесимметричный изгиб круглых пластин	135
Глава 4. Расчет оболочек	137
4.1. Уравнения общей теории оболочек	137
4.1.1. Основные определения	137
4.1.2. Исходные соотношения в криволинейных координатах	139
4.1.3. Основные соотношения общей теории оболочек	140
4.1.4. Граничные условия	143
4.1.5. Полная энергия оболочки	144
4.2. Осесимметричная деформация цилиндрической оболочки	145
4.2.1. Вывод разрешающего уравнения	145
4.2.2. Краевой эффект и безмоментное состояние	147
4.3. Безмоментная теория оболочек вращения	150
4.3.1. Геометрия оболочки вращения	150
4.3.2. Основные соотношения для безмоментной оболочки вращения	151
4.4. Осесимметричная деформация оболочки вращения	154
4.4.1. Осесимметричная деформация	154
4.4.2. Безмоментное напряженное состояние	155
4.4.3. Краевой эффект	158
4.4.4. Граничные условия и условия сопряжения	163
4.4.5. Примеры расчета	167
4.5. Антисимметричная деформация оболочки	172

вращения	
4.5.1. Безмоментное решение	173
4.5.2. Краевой эффект	176
4.6. Теория пологих оболочек	177
4.6.1. Основные гипотезы и исходные соотношения	177
4.6.2. Расчет пологих оболочек	179
4.6.3. Техническая теория цилиндрических оболочек	182
4.7. Полубезмоментная теория цилиндрических оболочек	183
4.7.1. Основные гипотезы и исходные соотношения	183
4.7.2. Круговая цилиндрическая оболочка	186
Глава 5. Расчет подкрепленных тонкостенных конструкций по балочной теории	189
5.1. Основные определения и гипотезы	189
5.2. Определение нормальных напряжений	192
5.2.1. Редуцирование сечения по материалу	192
5.2.2. Вывод формулы для нормальных напряжений	194
5.2.3. Примеры определения нормальных напряжений	197
5.3. Определение касательных напряжений	201
5.3.1. Вывод формулы для потока касательных сил	201
5.3.2. Определение ПКС в оболочках с открытым контуром поперечного сечения. Центр изгиба	203
5.3.3. Определение ПКС при изгибе и кручении оболочки с однозамкнутым контуром сечения	208
5.3.4. Определение ПКС при изгибе и кручении оболочки с многозамкнутым контуром поперечного сечения	211
5.3.5. Примеры определения ПКС в оболочках с многозамкнутым контуром поперечного сечения	215
5.4. Определение центра изгиба сечения тонкостенной конструкции	223
5.5. Особенности расчета подкрепленных конических оболочек	225
Глава 6. Расчет тонкостенных конструкций с учетом деформации сечения	232
6.1. Изгиб и кручение призматической оболочки типа кессона прямого крыла	232
6.1.1. Основные определения	232
6.1.2. Решение задачи в перемещениях	233

6.1.3. Решение задачи в напряжениях	250
6.2. Взаимодействие стрингеров и обшивки	257
6.3. Изгиб и кручение тонкостенных стержней и оболочек с открытым контуром сечения	259
6.3.1. Основные гипотезы. Деформации удлинения и кривизны кручения	260
6.3.2. Полная потенциальная энергия. Уравнения равновесия. Граничные условия	264
6.3.3. Определение нормальных напряжений и потока касательных сил	267
6.3.4. Частный случай изгиба и кручения стержня	272
6.3.5. Пример стесненного кручения стержня	272
Глава 7. Расчет тонкостенных пространственных конструкций методом конечных элементов	280
7.1. Характеристика метода конечных элементов	280
7.2. Конечно-элементная модель конструкции	280
7.3. Составление уравнений МКЭ в перемещениях	285
7.4. Конечные элементы	289
7.5. Применение МКЭ к расчету типовых авиационных конструкций	297
7.5.1. Плоские подкрепленные конструкции	297
7.5.2. Конструкции типа крыла	299
7.5.3. Конструкции типа фюзеляжа	302
7.6. Оценка точности МКЭ	304
7.6.1. Источники погрешностей	305
7.6.2. Сходимость МКЭ	306
7.6.3. Погрешности вычислений	308
Глава 8. Основы системного анализа сложных авиационных конструкций	311
8.1. Конструктивно-силовая схема летательного аппарата как объект системного анализа	311
8.2. Основы метода подконструкций	312
8.2.1. Описание задачи	312
8.2.2. Декомпозиция системы	313
8.2.3. Уравнения для подконструкций	313
8.2.4. Условия связи подконструкций	314
8.2.5. Анализ подконструкций	315
8.2.6. Синтез (сочленение) подконструкций	316
8.3. Примеры расчета	320
8.3.1. Цилиндрические оболочки, соединенные в	320

отдельных узлах	
8.3.2. Система двух балок	322
8.3.3. Планер самолета с крылом малого удлинения	324
Глава 9. Статическая устойчивость элементов	327
летательных аппаратов	
9.1. Критерии устойчивости	327
9.1. Л. Основные понятия	327
9.1.1. Статический критерий устойчивости	327
9.1.2. Энергетический критерий устойчивости	330
9.2. Прикладные методы расчета на устойчивость	332
9.2.1. Устойчивость стержней	332
9.2.2. Метод Ритца— Тимошенко	335
9.2.3. Метод Бубнова—Галеркина	337
9.2.4. Метод конечных разностей	338
9.3. Устойчивость прямоугольных пластин	340
9.3.1. Основные соотношения	340
9.3.2. Устойчивость прямоугольной пластины, сжатой в одном направлении	343
9.3.3. Устойчивость пластин при сдвиге	347
9.3.4. Устойчивость пластин при комбинированном нагружении	350
9.4. Несущая способность систем, состоящих из пластин, работающих на устойчивость, и стержней	353
9.4.1. Панель, подкрепленная стрингерами	353
9.4.2. Балка с тонкой стенкой	356
9.5. Устойчивость оболочек	361
9.5.1. Уравнения устойчивости и постановка задачи	361
9.5.2. Уравнения устойчивости для цилиндрической оболочки	364
9.5.3. Устойчивость цилиндрической оболочки при осевом сжатии	365
9.5.4. Устойчивость цилиндрической оболочки при равномерном внешнем давлении	369
9.5.5. Устойчивость сферической оболочки при внешнем давлении	371
Глава 10. Колебания конструкций летательных аппаратов	374
10.1. Уравнения движения и прикладные методы динамики упругих систем	374
10.1.1. Расчетная схема конструкции	374

10.1.2. Принцип Даламбера—Лагранжа	375
10.1.3. Уравнения Лагранжа в обобщенных координатах	376
10.1.4. Уравнения малых колебаний системы с конечным числом степеней свободы	377
10.1.5. Дифференциальные уравнения колебаний упругих систем с непрерывно распределенными параметрами	381
10.1.6. Интегральные уравнения колебаний упругой системы	383
10.1.7. Уравнения колебаний систем с сосредоточенными массами	384
10.1.8. Редуцирование системы уравнений	386
10.1.9. Прикладные методы решения задач динамики упругих систем	386
10.2. Система с одной степенью свободы	388
10.2.1. Уравнение колебаний	388
10.2.2. Свободные колебания	389
10.2.3. Вынужденные гармонические колебания	390
10.2.4. Колебания при действии произвольной возмущающей силы	392
10.3. Система с конечным числом степеней свободы	394
10.3.1. Собственные колебания	394
10.3.2. Условия ортогональности	396
10.3.3. Уравнения в нормальных координатах	397
10.3.4. Учет демпфирования	398
10.3.5. Формула Рэлея	399
10.3.6. Пример	400
10.4. Колебания стержней	402
10.4.1. Уравнения поперечных колебаний	402
10.4.2. Собственные колебания	404
10.4.3. Вынужденные колебания	408
10.4.4. Метод Рэлея-Ритца	409
10.4.5. Метод Бубнова-Галеркина	411
10.4.6. Учет деформации сдвига и продольной силы в задачах о колебаниях балок	413
10.4.7. Метод конечных элементов	415
10.5. Колебания пластин и оболочек	418
10.5.1. Основные уравнения и некоторые точные решения	418

10.5.2. Методы Рэлея-Ритца и Бубнова-Галеркина	421
10.5.3. Метод конечных элементов (МКЭ)	423
10.6. Колебания нерегулярных тонкостенных конструкций	426
10.6.1. Метод суперэлементов	426
10.6.2. Метод отсеков	429
10.7. Аэроупругие колебания	433
10.7.1. Постановка задачи	433
10.7.2. Аэродинамическое давление	434
10.7.3. Упрощенные теории	436
10.7.4. Уравнения колебаний	439
10.7.5. Условия неустойчивости	442
10.7.6. Двухступенная расчетная модель	444
Глава 11. Особенности расчета элементов летательных аппаратов при неупругом поведении материала	448
11.1. Основные соотношения прикладной теории пластичности	448
11.1.1. Пластические деформации	448
11.1.2. Обобщенные инвариантные характеристики напряженного состояния	449
11.1.3. Обобщенные инвариантные характеристики деформированного состояния	455
11.1.4. Анализ обобщенного закона Гука	457
11.1.5. Условия пластичности	459
11.1.6. Физические соотношения деформационной теории пластичности	462
11.1.7. Физические соотношения теории течения	466
11.1.8. Определение остаточных напряжений и деформаций	468
11.2. Определение предельных нагрузок	468
11.3. Прикладные методы решения задач теории пластичности	477
11.3.1. Постановка задачи и методы решения	477
11.3.2. Метод упругих решений	480
11.3.3. Метод переменных параметров упругости	482
11.3.4. Метод редуцированных коэффициентов	483
11.3.5. Метод последовательных нагружений	485
11.3.6. Упругопластическая деформация баков и баллонов давления	486

11.4. Устойчивость за пределом упругости	492
11.4.1. Устойчивость стержней	492
11.4.2. Устойчивость прямоугольных пластин	496
Глава 12. Особенности расчета элементов из ортотропных слоистых и композиционных материалов	500
12.1. Элементы из слоистых композиционных материалов	500
12.1.1. Соотношения упругости для композиционного материала	500
12.1.2. Стержни из композиционного материала	507
12.1.3. Панели из композиционного материала	510
12.2. Особенности расчета многослойных и подкрепленных тонкостенных элементов	513
12.2.1. Соотношения упругости для слоистых оболочек	513
12.2.2. Соотношения упругости для подкрепленных оболочек	516
12.3. Трехслойные панели	517
Список литературы	524
Предметный указатель	526

11. Оболенский Е.П., Сахаров Б.И., Сибиряков В.А. Прочность летательных аппаратов. Учебник для вузов. -М.: Машиностроение, 1995. 504 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Введение	5
В.1. Основные понятия	5
В.2. Определение перегрузок, возникающих в полете, в скоростной системе координат	8
В.3. Определение перегрузок в связанных осях координат	10
В.4. Определение массовых сил	10
В.5. Изменения продольной и нормальной перегрузок центра масс летательного аппарата	11
 Раздел 1	
НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ	17
Глава 1. Продольные силы, действующие на корпус ракеты в полете, и их уравнивание	17
1.1. Характер изменения продольных сил	17
1.2. Уравнивание продольных поверхностных сил	22
1.3. Построение эпюры продольных сил	23
1.4. Эксплуатационные и расчетные нагрузки. Коэффициент безопасности, коэффициент запаса прочности	27
1.5. Примеры определения расчетных нагрузок	31
1.6. Выбор расчетного случая	33
Глава 2. Нормальные и поперечные нагрузки, действующие на корпус ракеты в полете, и их уравнивание	40
2.1. Нормальные силы и характер их изменения	40
2.2. Уравнивание нормальных поверхностных сил	43
2.3. Определение эксплуатационной нормальной суммарной перегрузки	45
2.4. Определение сил взаимодействия между	53

ступенями ракеты	
2.5. Построение эпюр нормальных нагрузок и их анализ	56
Глава 3. Нагрузки, действующие на ракету в условиях наземной эксплуатации	63
3.1. Общие сведения	63
3.2. Нагрузки при транспортировке	63
3.3. Нагрузки при хранении, погрузке и установке на стартовую позицию	69
3.4. Нагрузки при стоянке на стартовой позиции	72
3.5. Опрессовка баков и стендовые испытания	74
 Раздел 2	
МЕТОДЫ РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИЙ КОРПУСА РАКЕТЫ	76
Глава 4. Расчет каркасированного корпуса ракеты на прочность и устойчивость (продольный силовой набор)	76
4.1. Конструктивно-силовые схемы корпусов ракет	76
4.2. Расчет панелей	80
4.3. Методы определения нормальных и касательных напряжений в сечениях корпуса ракеты при заданных внешних нагрузках	96
4.4. Методы определения предельной несущей способности корпуса	107
4.5. Алгоритмы расчета корпуса на ЭВМ	116
4.6. Расчет подкреплений вырезов в корпусе	121
Глава 5. Расчет шпангоутов	133
5.1. Расчетные схемы и обозначения	133
5.2. Уравновешивание шпангоутов	134
5.3. Расчет жесткого шпангоута	138
5.4. Расчет шпангоута на произвольную нагрузку	142
5.5. Расчет упругого шпангоута на сосредоточенные нагрузки, действующие в его плоскости	143
5.6. Расчет шпангоута с произвольным поперечным сечением	149
Глава 6. Расчет баковых отсеков	157
6.1. Конструктивно-силовые схемы баков	157
6.2. Расчет гладких обечаяек и днищ по безмоментному напряженному состоянию	158

6.3. Расчет гладких обечаек и днищ на устойчивость (справочный материал)	171
6.4. Расчет гладких обечаек и днищ по моментному напряженному состоянию	175
6.5. Расчет бака на прочность в районе крепления днища и обечайки к шпангоуту	185
6.6. Расчет слабокаркасированной цилиндрической обечайки бака	190
6.7. Расчет корпуса РДТТ	198
 Раздел 3	
МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ АГРЕГАТОВ ОБОРУДОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	201
Глава 7. Расчет баллонов высокого давления	201
7.1. Общие сведения	201
7.2. Толстостенные сферы	201
7.3. Расчет толстостенного цилиндра	207
7.4. Расчет толстостенного цилиндрического баллона	210
7.5. Температурные напряжения в толстостенном цилиндре	212
7.6. Комбинированное нагружение	215
7.7. Температурные напряжения в толстостенном сферическом баллоне	216
7.8. Составные цилиндры	217
7.9. Теории прочности	222
Глава 8. Расчет прочности трубопроводов	229
8.1. Общие сведения	229
8.2. Нагрузки в трубопроводе от гидравлического удара	230
8.3. Расчет на прочность гладких тонкостенных трубопроводов	234
8.4. Расчет на прочность гладких толстостенных трубопроводов	239
8.5. Расчет гофрированных тоннельных труб	241
8.6. Расчет сильфонов	250
8.7. Определение напряжений в трубопроводе вблизи фланца	261
8.8. Колебания трубопровода	269

Глава 9. Расчет быстровращающихся дисков и валов	289
9.1. Общие сведения	289
9.2. Основные уравнения	290
9.3. Запасы прочности дисков. Масса дисков	304
9.4. Оси и валы	305
Глава 10. Расчет переходных отсеков и систем крепления	313
10.1. Общие сведения	313
10.2. Конструктивно-силовые схемы переходных отсеков	314
10.3. Нагрузки, действующие на переходной отсек	315
10.4. Расчет на прочность переходных отсеков оболочечной конструкции	318
10.5. Расчет на прочность переходных отсеков стержневой конструкции	326
10.6. Расчет на прочность стыковочных соединений	338
10.7. Расчет на прочность стыковочных узлов с проушинами	343
Глава 11. Расчет на прочность парашюта	354
11.1. Общие сведения	354
11.2. Области применения парашютов	355
11.3. Устройство парашюта	355
11.4. Физические законы, на которых основано действие парашюта	357
11.5. Нагрузки, действующие на купол парашюта	361
11.6. Факторы, влияющие на максимальную нагрузку, действующую при наполнении	364
11.7. Расчет купола парашюта на прочность. Определение напряжения в ткани купола	367
11.8. Определение опасного сечения в куполе	368
11.9. Распределение напряжения в ткани наполняющегося купола по вертикальному сечению. Выбор ткани купола	369
11.10. Расчет на прочность строп	372
11.11. Основные конструктивные соотношения парашюта	372
11.12. Перегрузки, возникающие при наполнении купола парашюта воздухом	374
11.13. Спуск грузов с большой высоты при помощи парашютной системы	374

11.14. Влияние температуры торможения на прочность ткани купола парашюта	379
Глава 12. Влияние условий эксплуатации на прочностные свойства конструкционных материалов	383
12.1. Общие сведения о материалах, применяемых в ракетах и КЛА	383
12.2. Воздействие условий космического пространства на материалы конструкций летательных аппаратов	394
12.3. Новые материалы в конструкциях ракет и космических летательных аппаратов	398
 Раздел 4	
НАДЕЖНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	412
Глава 13. Основные положения теории надежности конструкции и оборудования беспилотных ЛА	412
13.1. Общие сведения	412
13.2. Вероятностные методы в расчетах на прочность конструкций летательных аппаратов	413
13.3. Характер отказов элементов конструкции летательного аппарата	414
13.4. Вероятностные характеристики несущей способности конструкции	415
13.5. Распределение параметров системы объект – нагрузка – среда	418
13.6. Методы оценки распределения несущей способности конструкции	426
Глава 14. Оценка вероятности безотказной работы конструкции при внезапных отказах	435
14.1. Численные характеристики вероятности безотказной работы конструкции	435
14.2. Связь между уровнем надежности и коэффициентом безопасности	438
14.3. Проектирования оптимальной конструкции с точки зрения заданной надежности	451
14.4. Влияние рассеяния значений параметров в расчетах прочности и надежности конструкций	459
Глава 15. Оценка надежности конструкции по	468

надежности ее элементов	
15.1. Последовательное соединение элементов	468
15.2. Параллельное соединение элементов	471
15.3. Смешанное соединение элементов	474
15.4. Надежность конструкции при нескольких видах отказов	477
Приложение 1. Характеристики атмосферы Земли	489
Приложение 2. Некоторые характеристики ракет и ракет-носителей	491
Приложение 3. Число испытаний N без отказов в зависимости от надежности H и доверительного уровня γ	491
Приложение 4. Минимальный объем выборки N_{\min} для испытаний в течение времени $T_{\text{и}}$ с целью обеспечения средней наработки $t_{\text{ср}}$ при доверительном уровне γ и допустимом числе отказов $n_{\text{от}}$	492
Список литературы	494
Предметный указатель	497

12. Волчков О. Д. Прочность ракет-носителей. Часть I. –М.: Изд-во МАИ, 2007, 752 с., гриф УМО.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
От автора	3
Предисловие	6
ВВЕДЕНИЕ	8
ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КОНСТРУКЦИИ, КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ И ПРОЧНОСТИ РАКЕТ- НОСИТЕЛЕЙ	15
§ 1.1. Классификация ракет-носителей	15
§ 1.2. Краткие сведения об устройстве ракет- носителей	25
§ 1.3. Краткие сведения об основных этапах и условиях эксплуатации ракет-носителей	36
§ 1.4. Схематизация конструкции ракеты-носителя: некоторые понятия и определения	44
§ 1.5. Основные механические характеристики конструкционных материалов	52
§ 1.6. Общие принципы выбора конструкционных материалов, применяемых в конструкциях ракет- носителей	68
§ 1.7. Краткие сведения о конструкционных материалах, применяемых в конструкциях ракет- носителей	83
§ 1.8. Общие сведения о прочности элементов конструкций: основные понятия и определения	97
§ 1.9. Критерии оценки прочности элементов конструкции ракеты-носителя	109
§ 1.10. Обеспечение требований прочности на различных этапах разработки и создания ракеты- носителя	119
ГЛАВА 2. ВНЕШНИЕ СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА РАКЕТУ-НОСИТЕЛЬ	127
§ 2.1. Определение и классификация внешних сил	127
§ 2.2. Системы координат, используемые при исследовании нагружения и проведении прочностных расчетов	133

§ 2.3. Краткие сведения об атмосфере Земли	140
§ 2.4. Сила тяги ракетного двигателя	155
§ 2.5. Сила тяжести	176
§ 2.6. Аэродинамические нагрузки	187
§ 2.7. Инерционные силы. Понятие массовой силы	225
§ 2.8. Газостатические и гидростатические нагрузки	249
§ 2.9. Управляющие, возмущающие и стабилизирующие силы	260
§ 2.10. Вибрационные нагрузки	289
§ 2.11. Ударные нагрузки	304
§ 2.12. Акустические нагрузки	313
ГЛАВА 3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМАХ КОНСТРУКЦИЙ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ	325
§ 3.1. Краткие сведения о тепловых воздействиях на конструкцию ракеты-носителя	325
§ 3.2. Основы расчета температурных полей в конструкции ракеты-носителя	365
§ 3.3. Учет влияния температуры на прочность элементов конструкций ракет-носителей	387
ГЛАВА 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРЕННИХ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ В КОНСТРУКЦИИ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ	400
§ 4.1. Схематизация нагружения конструкции ракеты-носителя внешними силами	400
§ 4.2. Общие принципы определения внутренних силовых факторов в конструкции ракеты-носителя	408
§ 4.3. Определение внутренних силовых факторов в конструкции корпуса ракеты-носителя при статическом нагружении	417
§ 4.4. Определение внутренних силовых факторов в конструкции корпуса ракеты-носителя при динамическом нагружении	432
§ 4.5. О методах расчета собственных форм и частот упругих колебаний корпуса ракеты-носителя	477
§ 4.6. Определение нагрузок, действующих на навесное оборудование	508
ГЛАВА 5. РЕГЛАМЕНТИРОВАНИЕ	515

ПРОЧНОСТИ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ	
§ 5.1. Вероятностный характер внешних сил, механических характеристик конструкционных материалов и прочностных свойств элементов конструкций	515
§ 5.2. Нормирование прочности ракет-носителей. Случаи нагружения и коэффициенты безопасности	529
§ 5.3. Расчетные случаи нагружения и их определение. Расчетные нагрузки и нормирование несущей способности	543
ГЛАВА 6. ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЖЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ ПРИ НАЗЕМНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ	555
§ 6.1. Общие сведения о нагружении конструкции ракеты-носителя при наземной эксплуатации	555
§ 6.2. Нагружение конструкции ракеты-носителя при такелажных операциях	560
§ 6.3. Нагружение конструкции ракеты-носителя при транспортировке	574
§ 6.4. Нагружение конструкции ракеты-носителя в процессе предстартовой подготовки	599
ГЛАВА 7. ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЖЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ В ПОЛЁТЕ НА АКТИВНОМ УЧАСТКЕ ТРАЕКТОРИИ ВЫВЕДЕНИЯ	637
§ 7.1. Общие сведения о нагружении конструкции ракеты-носителя в полете на активном участке траектории выведения	637
§ 7.2. Реакция ракеты-носителя в полете на воздействие ветра	645
§ 7.3. Нагружение конструкции ракеты-носителя при старте	679
§ 7.4. Нагружение конструкции ракеты-носителя на начальном участке полета	691
§ 7.5. Нагружение конструкции ракеты-носителя максимальными аэродинамическими нагрузками	699
§ 7.6. Нагружение конструкции ракеты-носителя на конечном участке работы двигательной установки разгонной ракетной ступени и при ее выключении	714
§ 7.7. Нагружение конструкции ракеты-носителя	720

при разделении ракетных блоков	
ГЛАВА 8. ВИБРАЦИОННОЕ НАГРУЖЕНИЕ	737
КОНСТРУКЦИИ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ	
§ 8.1. Общие сведения о вибрационном нагружении	737
конструкции ракеты-носителя	
§ 8.2. Нормирование режимов вибрационного	752
нагружения навесного оборудования бортовых	
систем ракеты-носителя	
§ 8.3. Влияние вибрации на навесное оборудование	764
и аппаратуру бортовых систем ракеты-носителя	
§ 8.4. Общие принципы снижения вибрационного	769
нагружения навесного оборудования бортовых	
систем ракеты-носителя	
Библиографический список	775

Оглавления учебно-методических пособий

(нумерация согласно подраздела «Учебные пособия»
раздела «Библиография изданий кафедры»)

2. Власов В.В., Климов В.И., Коновалов Б.А., Сибиряков В.А.,
Феофанов А.Ф. Стесненный изгиб и кручение оболочек типа
кессона крыла. -М.: МАИ, 1965. 128 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Глава I. Стесненное кручение кессона с обшивкой, работающей на сдвиг	5
§ 1. Уравнение трех осевых сил	5
§ 2. Стесненное кручение кессона при непрерывной расположении поперечного набора	13
§ 3. Анализ напряженных состояний, полученных для случаев дискретного и непрерывного расположения поперечного набора	28
Глава II. Расчет стреловидных кессонов	40
§ II. Определение напряженного состояния в стреловидном кессоне	42
Глава III. Стеснённый изгиб и кручение оболочек типа кессона крыла. Решения в перемещениях	73
§ 5. Вариационный метод проф. В.З. Власова	76
§ 6. Стесненное кручение оболочек типа кессона крыла летательного аппарата	81
§ 7. Стесненное кручение прямоугольного кессона со стенками, работающими только на сдвиг. Решение в перемещениях	99
§ 8. Стесненный изгиб оболочек типа кессона крыла летательного аппарата	114
Литература	127

3. Ромашевский А.Ю., Климов В.И. Строительная механика самолета. -М.:МАИ, 1965. 298 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Введение	5
Глава I. Плоские и пространственные стержневые системы	15
§ 1. Ферменная конструкция и ее расчетная схема	15
§ 2. Плоские и пространственные фермы как механические системы. Зависимость между числом узлов фермы и числом стержней	16
§ 3. Способы образования плоских и пространственных ферм	21
§ 4. Прикрепление к опорам	26
§ 5. Методы исследования геометрической неизменяемости и неподвижности ферм	32
§ 6. Определение опорных реакций	45
§ 7. Методы определения усилий в стержнях плоских и пространственных ферм	49
§ 8. Рамы	73
§ 9. Комбинированные системы	74
§ 10. Системы, состоящие из стержней и пластин, работающих только на сдвиг	75
Глава II. Вариационные методы	86
§ 1. Некоторые сведения из вариационного исчисления	86
§ 2. Энергия упругих деформаций	92
§ 3. Начало возможных изменений деформированного состояния	97
§ 4. Начало возможных изменений напряженного состояния	104
§ 5. Начало наименьшей дополнительной потенциальной энергии деформации и начало наименьшей работы	109
§ 6. Основные соотношения плоской задачи	110
§ 7. Кручение бруса постоянного поперечного сечения	119

§ 8. Приближенный метод решения вариационных задач, основанный на начале возможных изменений деформированного состояния (метод Ритца—Тимошенко)	124
§ 9. Приближенный метод, основанный на начале изменения напряженного состояния (метод П. Ф. Папковича)	128
1. Случай заданных поверхностных сил	129
2. Случай заданных смещений на поверхности тела	130
§ 10. Определение перемещений в статически определимых стержневых системах	132
§ 11. Определение перемещений в статически неопределимых системах	139
§ 12. Применение начала наименьшей работы к расчету статически неопределимых стержневых систем	143
§ 13. Метод Бубнова—Галеркина	146
Глава III. Расчет стержневых систем с учетом пластических деформаций	152
§ 1. Изгиб балки	153
§ 2. Влияние перерезывающей силы на величину предельной несущей способности	163
§ 3. Учет влияния осевой силы на величину предельной несущей способности при изгибе	170
§ 4. Определение предельной несущей способности стержневых систем при произвольной зависимости между напряжением и деформацией	173
§ 5. Расчет простейших статически неопределимых систем при произвольной зависимости между напряжением и деформацией	180
Глава IV. Расчет пластин	192
§ 1. Изгиб плоской пластины поперечной нагрузкой. Основные гипотезы	192
§ 2. Перемещения и деформации пластины при изгибе	193
§ 3. Зависимости между геометрическими и статическими величинами	197
§ 4. Дифференциальное уравнение изгиба пластины	200
§ 5. Уравнения равновесия элемента срединной поверхности пластины	203

§ 6. Граничные условия	206
§ 7. Полная энергия изгиба пластины с учетом нагрузок, действующих в плоскости пластины	212
§ 8. Потеря устойчивости прямоугольных шарнирно-опертых по контуру пластин при сжатии	214
§ 9. Совместная работа пластины и подкрепляющих элементов после потери устойчивости пластины	220
Глава V. Расчет балочных конструкций с тонкими стенками	222
§ 1. Расчет балок с параллельными поясами до потери устойчивости стенки	224
§ 2. Расчет балок с параллельными поясами после потери устойчивости стенки	226
§ 3. Расчет тонкостенной балки при действии на нее одной сосредоточенной силы	229
§ 4. Определение угла наклона волн после потери устойчивости стенки	232
§ 5. Расчет тонкостенных балок с параллельными поясами при действии многих сосредоточенных сил	235
§ 6. Определение перемещений в тонкостенных балках	242
§ 7. Расчет тонкостенных балок с непараллельными поясами	245
Глава VI. Расчет оболочек типа авиационных конструкций	250
§ 1. Определение нормальных напряжений	252
§ 2. Определение касательных напряжений	255
§ 3. Определение координат центра изгиба	265
§ 4. Некоторые частные случаи	267
§ 5. Определение перемещений	271
§ 6. Расчет тонкостенных конструкций графоаналитическим методом и определение предельной несущей способности	288
Литература	299

28. Дудченко А.А. Методы решения задач теории пластичности. -М.: МАИ, 1979. 78 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Глава 1. Определение упруго-пластических деформаций в конструкции при отсутствии упрочнения материала	3
§ 1.1. Определение зон пластичности в балках при изгибе	3
§ 1.2. Определение прогибов в упруго-пластических балках	6
§ 1.3. Толстостенная сфера, нагруженная внутренним давлением	8
§ 1.4. Упруго-пластическое кручение круглого стержня	14
Глава 2. Теория предельного равновесия	16
§ 2.1. Основные понятия	16
§ 2.2. Кинематический метод	19
§ 2.3. Предельное состояние стержневых систем	21
§ 2.4. Предельное состояние балок	22
§ 2.5. Несущая способность шпангоутов и рам	29
§ 2.6. Несущая способность полигональных и круглых пластин	32
§ 2.7. Определение предельного крутящего момента в стержнях, имеющих произвольное поперечное сечение	36
§ 2.8. Предельное состояние толстостенных цилиндров и сфер	41
Глава 3. Методы решения задач на основе деформационной теории пластичности для тел с упрочнением	43
§ 3.1. Вариационные принципы	43
§ 3.2. Приближенные методы решения упруго-пластических задач с использованием вариационных принципов	45
§ 3.3. Метод упругих решений	48
§ 3.4. Связь метода упругих решений с методом редуционных коэффициентов	50
§ 3.5. Метод переменных параметров упругости	53

§ 3.6. Метод последовательного нагружения	55
Глава 4. Осесимметричные задачи пластичности безмоментных оболочек вращения	55
Глава 5. Устойчивость за пределами упругости	59
§ 5.1. Устойчивость стержней	59
§ 5.2. Устойчивость прямоугольной пластинки, сжатой в одном направлении	69
Литература	74

30. Власов В.В. Устойчивость упругих систем. Устойчивость стержней. –М.: МАИ. 1979 г. 74 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
1. Устойчивость прямолинейных стержней	4
1.1. Предварительные замечания	4
1.2. Дифференциальное уравнение устойчивости сжатого стержня второго порядка	9
1.3. Дифференциальное уравнение устойчивости сжатого стержня четвертого порядка	15
1.4. Сводка полученных результатов. Об определении критических напряжений в пластической области работы материала	21
1.5. Динамический метод решения задачи устойчивости стержня	23
1.6. Влияние начального прогиба на устойчивость стержня	28
1.7. Влияние эксцентриситета в приложении продольной нагрузки на устойчивость стержня	33
1.8. Влияние поперечной нагрузки на устойчивость стержня	34
1.9. Устойчивость прямолинейного стержня в нелинейной постановке	36
Более сложные задачи устойчивости стержней	43
2.1. Применение метода начальных параметров к задаче устойчивости прямолинейного стержня	43
2.2. Устойчивость стержня, лежащего на упругом основании	46
2.3. Устойчивость криволинейного стержня, представляющего собой круговое кольцо или его часть	53
3. Вариационные методы в теории устойчивости стержня	57
3.1. Приложение вариационного уравнения Лагранжа к задаче устойчивости стержня	57
3.2. Определение критической нагрузки методом Ритца-Тимошенко	64
3.3. Определение критической нагрузки методом	68

Бубнова-Галеркина
Литература

72

34. Хлызов И.П. Нагрузки, действующие на двухсредный аппарат. -М.: МАИ, 1981. 63 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
0.1. Задача расчета на прочность	3
0.2. Последовательность этапов расчета на прочность	4
0.3. Особенности нагружения ДСА	4
0.4. Классификация методов исследования прочности конструкции	5
1. Внешние нагрузки	6
1.1. Классификация сил	6
1.2. Определение перегрузок, действующих на двухсредный аппарат	8
1.3. Эксплуатационные и расчетные нагрузки, коэффициент безопасности и коэффициент запаса прочности	10
2. Внешние нагрузки на траектории	15
2.1. Нагрузки на воздушном участке траектории	15
2.2. Нагрузки при работе тормозной системы	15
2.3. Нагрузки при пересечении водной поверхности	16
2.4. Нагрузки при приводнении. Жидкость несжимаемая	17
2.5. Нагрузки при приводнении. Жидкость сжимаемая	22
2.6. Нагрузки при наклонном входе тел в воду	33
2.7. Нагрузки, действующие на аппарат при движении его в жидкости	34
3. Определение внутренних силовых факторов при действии осевых нагрузок	37
3.1. Осевая сила в стержне	38
3.2. Осевая сила при наличии жидкого наполнителя	40
3.3. Осевая сила при наличии твердого наполнителя	42
3.4. Осевая сила при движении аппарата в жидкости	44
4. Определение внутренних силовых факторов при действии поперечных нагрузок	46

4.1. Аналитический метод построения эпюр перерезывающих сил и изгибающих моментов	46
4.2. Табличный метод определения внутренних силовых факторов	52
4.3. Определение перерезывающих сил и нагибающих моментов	54
5. Выбор расчетного случая нагружения	57
Литература	61

39. Наринский В.И., Рыбаков Л.С., Шклярчук Ф.Н. Методы решения задач механики упругих конструкций ЛА. -М.: МАИ, 1983. 88 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
1. Краткие сведения из теории упругости	3
Основные уравнения	3
1.2. О решении краевых задач	5
1.2.1. Постановка краевых задач	5
1.2.2. Прямые и обратные задачи	7
1.2.3. Принцип Сен-Венана	8
1.2.4. Полуобратный метод Сен-Венана	9
2. Методы плоской задачи теории упругости	10
2.1. Плоская задача в декартовых координатах	10
2.1.1. Двумерные и плоские задачи теории упругости	10
2.1.2. Плоское напряженное состояние	12
2.1.3. Плоская деформация	13
2.1.4. Решение в напряжениях	14
2.1.5. Решение в полиномах	15
2.2. Плоская задача в полярных координатах	20
2.2.1. Основные соотношения	21
2.2.2. Некоторые решения в напряжениях	22
2.2.3. Решение осесимметричной плоской задачи в перемещениях	29
3. Методы теории изгиба тонких пластин	36
3.1. О модели тонкой пластины	36
3.2. Некоторые точные решения для прямоугольных пластин	42
3.2.1. Решение в полиномах	42
3.2.2. Решение Навье	45
3.2.3. Решение Леви	47
3.3. Вариационные методы решения для прямоугольных пластин	51
3.3.1. Метод Ритца – Тимошенко	53
3.3.2. Метод Бубнова – Галеркина	56
3.3.3. Метод Власова – Канторовича	59
3.4. Методы решения в полярных координатах	64
3.4.1. Основные соотношения	64

3.4.2. Решение в одинарных тригонометрических рядах	65
4. Решение осесимметричной задачи для оболочки вращения	69
4.1. Безмоментное решение	71
4.2. Краевой эффект	73
4.3. Граничные условия	74
4.4. Условия сопряжения	74
4.5. Напряжения. Упрощения	76
4.6. Пример расчета	77
Литература	85

44. Климов В.И., Булычев Л.А. Строительная механика оболочек вращения. -М: МАИ, 1984. 56 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Введение	4
0.1. Геометрия оболочки	4
0.2. Основные допущения. Деформированное и напряженное состояния оболочки	7
Глава 1. Безмоментная теория оболочек вращения	14
1.1. Общие замечания	14
1.2. Уравнения равновесия осесимметрично нагруженных оболочек вращения	16
1.3. Цилиндрические оболочки	20
1.4. Коническая оболочка	22
1.5. Сферические оболочки	26
1.6. Торговая оболочка	31
1.7. Физические и геометрические зависимости	32
Глава 2. Моментная теория осесимметрично нагруженных цилиндрических оболочек	38
2.1. Общие замечания	38
2.2. Уравнения равновесия	39
2.3. Геометрические соотношения	40
2.4. Физические зависимости	41
2.5. Дифференциальные уравнения равновесия в перемещениях	42
2.6. Решение задач	46
Литература	54

45. Фигуровский В.И. Расчет конструкций летательных аппаратов на прочность методом конечных элементов. М.: МАИ, 1984 г. 58 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
Глава I. Математическая основа метода перемещений	4
1.1. Матрицы и операции с ними	4
1.2. Общая схема реализации метода конечных элементов в перемещениях	4
1.3. Вывод общего уравнения метода конечных элементов в перемещениях вариационным методом	7
Глава 2. Расчет пластин на нагрузки, действующие в их плоскости	9
2.1. Матрица жесткости треугольной пластины	9
2.2. Расчетные уравнения для плоской задачи теории упругости	11
2.3. Матрица жесткости четырехугольной пластины	14
2.4. Определение узловых сил, эквивалентных внешним распределенным нагрузкам	17
Глава 3. Расчет крыла методом конечных элементов в перемещениях	20
3.1. Матрица жесткости панели обшивки, работающей в основном на сдвиг	21
3.2. Матрицы жесткости балочных элементов в местной системе координат	23
3.3. Матрица жесткости балочного элемента в общей системе координат	27
3.4. Определение узловых сил, эквивалентных внешней распределенной нагрузке, для балочных элементов	29
3.5. Вывод расчетных уравнений	31
3.6. Учет упругости крепления крыла на фюзеляже (корпусе)	35
3.7. Расчет крыла при нелинейной зависимости напряжений от удлинений	36
Глава 4. Задачи аэроупругости для крыла	37
4.1. Задачи статической аэроупругости	37

4.2. Определение собственных форм и частот колебаний крыла	41
4.3. Расчет крыла на флаттер	43
Глава 5. Расчет фюзеляжа (корпуса) методом конечных элементов в перемещениях	45
5.1. Матрицы жесткости элементов в местной системе координат	46
5.2. Матрицы жесткости элементов в общей системе координат	49
5.3. Расчетные уравнения для фюзеляжа (корпуса)	52
5.4. Метод суперэлементов (подструктур) при расчете сложных конструкций фюзеляжей (корпусов)	53
Литература	56

47. Фигуровский В.И. Расчет конструкций летательных аппаратов на прочность методом конечных элементов (метод перемещений). -М.: Изд-во МАИ, 1984. 58 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
Глава I. Математическая основа метода перемещений	4
1.1. Матрицы и операции с ними	4
1.2. Общая схема реализации метода конечных элементов в перемещениях	7
1.3. Вывод общего уравнения метода конечных элементов в перемещениях вариационным методом	7
Глава 2. Расчет пластин на нагрузки, действующие в их плоскости	9
2.1. Матрица жесткости треугольной пластины	9
2.2. Расчетные уравнения для плоской задачи теории упругости	11
2.3. Матрица жесткости четырехугольной пластины	14
2.4. Определение узловых сил, эквивалентных внешним распределенным нагрузкам	17
Глава 3. Расчет крыла методом конечных элементов в перемещениях	20
3.1. Матрица жесткости панели обшивки, работающей в основном на сдвиг	21
3.2. Матрицы жесткости балочных элементов в местной системе координат	23
3.3. Матрица жесткости балочного элемента в общей системе координат	27
3.4. Определение узловых сил, эквивалентных внешней распределенной нагрузке, для балочных элементов	29
3.5. Вывод расчетных уравнений	31
3.6. Учет упругости крепления крыла на фюзеляже (корпусе)	35
3.7. Расчет крыла при нелинейной зависимости напряжений от удлинений	36

Глава 4. Задачи аэроупругости для крыла	37
4.1. Задачи статической аэроупругости	37
4.2. Определение собственных форм и частот колебаний крыла	41
4.3. Расчет крыла на флаттер	43
Глава 5. Расчет фюзеляжа (корпуса) методом конечных элементов в перемещениях	45
5.1. Матрицы жесткости элементов в местной системе координат	46
5.2. Матрицы жесткости элементов в общей системе координат	49
5.3. Расчетные уравнения для фюзеляжа (корпуса)	52
5.4. Метод суперэлементов (подструктур) при расчете сложных конструкций фюзеляжей (корпусов)	53
Литература	56

49. Дудченко А.А. Основы теории ползучести. -М.: МАИ, 1985. 28 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
1. Введение	3
2. Простейшие модели упруго-вязкого тела	5
2.1. Модель Фойгта	5
2.2. Модель Максвелла	7
2.3. Более сложные модели	7
3. Ползучесть металлов при одноосном растяжении	8
3.1. Основные сведения о ползучести	8
3.2. Подобие кривых ползучести, изохронные кривые	9
3.3. Теории ползучести	11
3.4. Теория старения	11
3.5. Теория течения	12
3.6. Теория упрочнения	13
3.7. Сравнение теорий ползучести между собой и с экспериментом	14
3.8. Кратковременная ползучесть и длительная прочность	15
3.9. Примеры решения задач при установившейся ползучести	16
4. Теория ползучести при сложном напряженном состоянии	19
4.1. Теория старения	19
4.2. Теория течения типа Мизеса	20
4.3. Вариант установившейся ползучести типа Сен-Венана	22
5. Теория наследственности или линейная теория вязкоупругости	24
Литература	26

50. Дудченко А.А., Елпатьевский А.Н., Хворостинский А.И.
Учебное пособие по проектированию и расчету тонкостенных
конструкций из КМ. -М.: МАИ, 1985. 35 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
1. Введение	3
2. Расчет и проектирование тонкостенных авиационных конструкций из композиционных материалов	3
3. Программа расчета многозамкнутого сечения крыла из композиционного материала	14
3.1. Описание массивов. Блок АА1	14
3.2. Ввод исходной информации. Блок АА2	15
3.3. Задание управляющих параметров. Блок АА3	16
3.4. Расчет профиля сечения. Блок ВА1	16
3.5. Расчет геометрических характеристик сечения. Блок ВА2	18
3.6. Вычисление нормальных и касательных усилий. Блок ВА3	18
3.7. Определение толщин слоев панелей. Блок БА4	20
3.8. Определение погонного угла закручивания. Блок ВА5	21
3.9. Определение разноса несущих слоев и поверочный расчет. Блок ВА6	22
4. Текст программы	23
5. Пример расчета	32
Литература	33

66. Оболенский Е.П., Сквиренко С.М. Оценка долговечности элементов авиационных конструкций. - Ташкент: Ташк. политехн. ин-т. 1989. 76 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
1. Анализ методов систематизация внешних нагрузок, действующих на конструкцию	5
1.1. Систематизация нагрузок методами случайных величин	6
1.2. Систематизация нагрузок методами случайных процессов	7
1.3. Характеристики повторяемости нагружения конструкции	10
1.4. Анализ методов систематизации внешних нагрузок	11
2. Определение характеристик сопротивления усталостному разрушению	12
2.1. Испытания для определения усталостных характеристик	12
2.2. Математическая модель усталостной долговечности	13
2.3. Применение методов математической статистики при определении характеристик усталостной долговечности	16
2.4. Определение предела усталости	19
2.5. Оценка закона распределения усталостной долговечности	25
2.6. Вероятностная модель усталостной долговечности	27
2.7. Анализ результатов повторно-статических испытаний	28
3. Анализ методов суммирования повреждений при действии переменных нагрузок	31
3.1. Гипотеза линейного суммирования усталостных повреждений	31
3.2. Нелинейные теории суммирования усталостных повреждений	33
3.3. Анализ методов суммирования усталостных	36

повреждений	
4. Расчетно-экспериментальные методы оценки срока службы конструкции	37
4.1. Применение линейной теории суммирования усталостных повреждений	38
4.2. Применение теории суммирования повреждений Кортена	39
4.3. Применение теории случайных процессов для оценки срока службы	40
4.4. Оценка срока службы конструкции на основе кривой повторяемости нагрузок	43
5. Экспериментальные методы определения срока службы конструкции	45
5.1. Определение срока службы при программной нагрузке	46
5.2. Определение срока службы при случайном нагружении	47
5.3. Выбор коэффициента надежности при назначении гарантированного срока службы	48
5.4. Анализ методов оценки срока службы конструкции по условиям усталостной прочности	49
Библиографический список литературы	50
Приложения	51

68. Наринский В.И., Сергеев В.Н. Устойчивость тонкостенных стержней и плоских элементов конструкций ЛА. -М.: МАИ, 1989. 108 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Глава I. Устойчивость стержней сплошного сечения	5
§ 1.1. Постановка задачи	5
§ 1.2. Общее решение для случая постоянных коэффициентов	7
§ 1.3. Решение методом склейки для случая кусочно-постоянных коэффициентов	10
§ 1.4. Решение методом Ритца для общего случая переменных коэффициентов	14
§ 1.5. Устойчивость стержней на упругом основании	17
Глава 2. Устойчивость тонкостенных стержней	24
§ 2.1. Постановка задачи	24
§ 2.2. Дифференциальные уравнения равновесия	26
§ 2.3. Линеаризованные уравнения устойчивости стержней открытого профиля	30
§ 2.4. Устойчивость при центральном сжатии	31
§ 2.5. Устойчивость при внецентренном нагружении	34
§ 2.6. Устойчивость плоской формы изгиба	38
§ 2.7. Устойчивость стержней на упругом основании	42
§ 2.8. Устойчивость стержней замкнутого профиля	44
§ 2.9. Местная устойчивость тонкостенных стержней	46
Глава 3. Устойчивость тонких ортотропных пластин	47
§ 3.1. Постановка задачи	47
§ 3.2. Решение методом Бубнова – Галеркина	52
§ 3.3. Решение в одинарных тригонометрических рядах для случая двухосного растяжения-сжатия	63
§ 3.4. Решение методом Ритца – Тимошенко	68
§ 3.5. Обобщение решения в двойных	70

тригонометрических рядах	
Глава 4. Устойчивость орребренных пластин	74
§ 4.1. Постановка задачи	74
§ 4.2. Решение методом склейки	75
§ 4.3. Решение методом Ритца – Тимошенко	78
Глава 5. Устойчивость трехслойных панелей	79
§ 5.1. Постановка задачи	80
§ 5.2. Решение методом Бубнова – Галеркина	82
Приложение. ФОРТРАН-программы для определения критической нагрузки на стержни и пластины	86
Литература	105

70. Волчков О.Д., Матюшев Ю.С. Выбор расчетных схем и расчет на прочность элементов конструкций летательных аппаратов. -М.: МАИ, 1990. 46 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
1. Схематизация условий нагружения летательного аппарата при расчете нагрузок	5
1.1 Расчетные условия нагружения летательных аппаратов и их нормирование. Коэффициенты безопасности	5
1.2. Принципы выбора расчетных силовых схем при расчете нагрузок и прочности конструкции	15
2. Расчет нагрузок на конструкцию летательного аппарата в некоторых частных случаях эксплуатации	22
2.1. Предварительные замечания	22
2.2. Расчет нагрузок при такелажных операциях и транспортировке	25
2.3. Расчет нагрузок при предстартовой подготовке	32
2.4. Расчет нагрузок на летательный аппарат в полете	35
3. Некоторые задачи по расчету нагрузок на конструкцию летательного аппарата	42
3.1. Рекомендации и требования к оформлению расчетов	42
3.2. Задачи для расчета	44
Литература	47

75. Рыбаков Л.С. Практикум по строительной механике ЛА
«Плоская задача теории упругости». -М.: МАИ, 1991. 52 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
1. Содержание задач	4
Задачи 1-50	4
Задачи 51-60	7
Задачи 61-85	9
Задачи 86-90	12
Задачи 91-132	13
2. Методические указания	16
Общие указания	16
Указания к задачам 1-50	19
Указания к задачам 51-60	26
Указания к задачам 61-85	31
Указания к задачам 86-90	38
Указания к задачам 91-132	44
Литература	49

76. Дудченко А.А., Елпатьевский А.Н., Лурье С.А., Фирсанов В.В. Анизотропные панели - плоская задача. -М.: МАИ, 1991. 96 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
1. Перспективные конструкционные материалы	4
1.1. Физико-механические свойства основных конструкционных материалов	4
1.2. Физическая модель композиционного материала	11
2. Плоская задача в прямоугольных координатах	24
2.1. Плоское напряженное состояние	24
2.2. Плоская деформация	26
2.3. Решение плоской задачи в напряжениях	28
2.4. Определение напряжений в волокнах слоя	30
2.5. Решение плоской задачи в полиномах	33
2.6. Решение плоской задачи в рядах Фурье	36
3. Плоская задача в полярных координатах	40
3.1. Общие уравнения	40
3.2. Решение в напряжениях	44
3.3. Осесимметричная задача	45
3.4. Толстостенная труба под постоянным внутренним давлением	47
3.5. Концентрация напряжений вокруг малого отверстия в бесконечном диске	49
3.6. Клин, нагруженный в вершине (задача Митчела)	50
3.7. Действие сосредоточенной силы на упругую среду (задача Фламана - Буссинеска)	52
4. Вариационная постановка задач теории упругости. Вариационные методы расчета в строительной механике	53
4.1. Некоторые общие замечания	53
4.2. Основные вариационные принципы	54
4.3. Применение преобразования Лежандра для построения смешанных потенциалов	60
4.4. Экстремальные свойства функционалов	62

4.5. Прямые вариационные методы	63
5. Расчет панелей из композиционных материалов, находящихся в условиях плоского напряженного состояния, в перемещениях методом Власова	64
6. Примеры решения статически неопределимых плоских задач в напряжениях	76
6.1. Задача о включении в работу многослойного ортотропного композиционного материала при его растяжении [10]	76
6.2. Панель, состоящая из ортотропной обшивки и продольных стрингеров и нагруженная системой самоуравновешенных сил	81
6.3. Определение температурных напряжений в плоских многослойных пластинах [11]	88
Литература	94

79. Зотов А.А., Туркина А.И. Сборник задач по строительной механике ЛА. -М.: МАИ, 1992. 56 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
1. Основы теории упругости	5
2. Плоская задача теории упругости	9
3. Изгиб тонких пластин	13
4. Энергетические принципы и вариационные методы	20
5. Фермы и комбинированные системы	27
6. Тонкостенные балочные системы	34
7. Устойчивость упругих систем	40
8. Балочная теория оболочек	45
9. Теория тонких оболочек	48
Литература	53

80. Шклярчук Ф.Н., Гришанина Т.В. Нелинейные и параметрические колебания упругих систем. -М.: МАИ, 1993. 68 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
1. Нелинейные уравнения колебаний упругих систем	4
1.1. Типы нелинейностей	4
1.2. Конечные деформации	7
1.3. Составление нелинейных уравнений колебаний	11
1.4. Уравнения нелинейных колебаний стержней	15
1.5. Применение метода Рунге к расчету нелинейных колебаний стержня	19
1.6. Применение метода конечных элементов к расчету нелинейных колебаний стержня	22
1.7. Нелинейные колебания пластин и пологих оболочек	24
2. Вынужденные колебания нелинейной системы при гармоническом возбуждении	32
2.1. Система с одной степенью свободы	32
2.2. Консервативная система с одной степенью свободы	33
2.3. Установившиеся периодические колебания	35
2.4. Метод возмущений	38
2.5. Колебания системы с конечным числом степеней свободы	41
3. Линеаризованные уравнения и параметрические колебания	43
3.1. Линеаризованные уравнения колебаний	43
3.2. Параметрические колебания при гармоническом возбуждении	47
3.3. Определение амплитуд параметрических колебаний	50
4. Нелинейная динамика больших упругих космических конструкций	51
4.1. Формулировка задачи. Основные соотношения	52
4.2. Нелинейные уравнения движения	56

4.3. Силы тяготения	58
4.4. Типы задач	58
4.5. Линеаризованные уравнения движения	59
4.6. Тросовые и гибкие стержневые системы	62
Литература	66

85. Дудченко А.А., Елпатьевский А.Н., Лурье С.А., Фирсанов В.В. Расчет пластин из композиционных материалов. -М.: МАИ, 1993. 68 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
1. Расчет ортотропных пластин в рамках модели Кирхгофа	4
1.1. Изгиб прямоугольной ортотропной пластинки	6
1.2. Расчет шарнирно опертой по контуру прямоугольной пластинки в двойных тригонометрических рядах	11
1.3. Расчет прямоугольной пластинки в одинарных тригонометрических рядах	15
1.4. Расчет прямоугольной пластинки на температурное воздействие	19
1.5. Круглая цилиндрическая ортотропная пластинка	23
2. Изгиб анизотропной пластинки с несимметричной по толщине структурой слоев	32
3. Неклассические модели теории тонких пластин	41
3.1. Теория многослойных пластин с учетом сдвига (модель С.П. Тимошенко)	41
3.2. Уточненный вариант расчета пластин в смешанной форме	46
3.3. О построении неклассических уточненных теорий пластин	54
Литература	67

97. Дудченко А.А. Строительная механика пространственных композиционных конструкций. -М.: МАИ, 1997. 60 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Введение	4
1. Расчет многозамкнутых оболочек типа кессонов крыла	11
1.1. Постановка вариационной задачи расчета тонкостенных оболочек и пластин	11
1.2. Расчетные соотношения для многозамкнутых оболочек	23
2. Расчет цилиндрических оболочек	36
2.1. Оценка величин напряженного и деформированного состояний	36
2.2. Расчет кессонных конструкций в случае общей анизотропии свойств материала	43
2.2.1. Расчетные соотношения	43
2.2.2. Исследование влияния анизотропии свойств материала на перемещения в конструкции	44
3. Расчет слабokonического кессона крыла	50
Литература	56

104. Дудченко А.А. Оптимальное проектирование элементов авиационных конструкций из композиционных материалов. -М.: МАИ, 2002. 84 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
1.Основные этапы проектирования	4
1.1. Введение	4
1.2. Параметрический анализ массы конструкции	5
1.3. Постановка задачи о проектировании конструкций минимальной массы	7
1.4. Модели оптимизации конструкций	12
1.5. Коэффициент безопасности при проектировании конструкций из композиционных материалов	16
2.Оптимальное армирование при плоском напряженном состоянии	17
2.1. Оптимальное армирование в точке	18
2.2. Общий случай оптимального армирования при плоском напряженном состоянии с учетом связующего	27
3. Проектирование тонкостенных стержней	33
4. Оптимальное армирование пластин	37
5. Оптимальное армирование балочных конструкций (лопасть вертолета)	42
6. Проектирование крыла кессонного типа	46
6.1. Проектирование с использованием условия равнопрочности	46
6.2. Метод штрафных функций	64
7. Оптимальное подкрепление отверстий	67
8. Проектирование соединений	75
8.1. Механические соединения	75
8.2. Расчет игольчатых соединений	78
Библиографический список	82

109. Далин В.Н., Михеев С.В. Конструкция вертолетов: учебник. –М.: Изд-во МАИ, 2001.-352с.:ил.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Основные обозначения и сокращения	3
Предисловие	4
Введение	5
Глава 1. Основное содержание процесса конструирования агрегатов вертолетов	11
1.1. Формирование КСС и ККС агрегатов вертолета	11
1.2. Формирование массы элементов конструкции	18
Глава 2. Несущий винт	26
2.1. Выбор параметров несущего винта и его элементов	28
2.2. Общие требования к элементам несущего винта	28
2.3. Лопасти несущего винта	30
2.3.1. Выбор материала элементов конструкции лопасти	30
2.3.2. Формирование упруго-массовых характеристик лопасти НВ	43
2.3.3. Влияние формы лонжерона на собственные частоты колебаний лопасти в плоскости взмаха и вращения	49
2.3.4. Связь между массовыми и жесткостными характеристиками лопасти и ее собственными частотами	51
2.3.5. Отстройка от резонанса	51
2.3.6. Отстройка от флаттера лопастей	53
2.3.7. Последовательность формирования упруго- массовых характеристик лопасти НВ	56
2.3.8. Конструирование узлов стыка лопасти с втулкой	57
2.4. Втулки несущего винта	65
2.4.1. Формирование конструктивно- кинематических схем втулки	65
2.4.2. Выбор основных параметров элементов шарнирных втулок НВ	70

2.4.3. Выбор параметров сферических эластомерных подшипников	86
2.4.4. Выбор параметров V-образного торсиона	95
2.4.5. Выбор характеристик демпфера ВШ	98
2.5. Рулевые винты	103
2.5.1. Требования, предъявляемые к элементам рулевого винта	103
2.5.2. Конструктивно-кинематические схемы втулок рулевого винта	111
Глава 3. Система механического управления вертолета	111
3.1. Требования, предъявляемые к системе управления вертолета	113
3.2. Тенденция развития системы управления	118
3.3. Конструктивно-кинематические схемы управления вертолета	120
3.4. Кинематическая связь командных рычагов с автоматом перекося	129
3.5. Регулятор взмаха	129
3.6. Конструктивно-кинематические схемы автоматов перекося	130
3.7. Включение автопилота в систему управления	142
3.8. Выбор параметров силовых гидроусилителей системы управления	143
3.9. Выбор выходных параметров малого гидроусилителя в двухкаскадных системах управления	149
3.10. Управление циклическим шагом несущего винта	153
3.11. Объединенное управление общим шагом несущего винта и двигателями	157
3.12. Путевое управление	162
3.13. Выбор параметров элементов проводки управления	163
Глава 4. Трансмиссия вертолета	185
4.1. Общие требования	185
4.2. Конструктивно-кинематические схемы трансмиссии вертолетов	186
4.3. Главный редуктор	191
4.4. Редукторы промежуточные и рулевого винта	201

4.5. Выбор подшипников элементов трансмиссии	204
4.6. Уплотнения подшипниковых узлов	205
4.7. Тормоз несущего винта	205
4.8. Валы трансмиссии	206
4.9. Муфты	213
4.10. Система трансмиссии	234
Глава 5. Силовая установка	237
5.1. Конструктивно-силовые схемы крепления двигателей на вертолетах	237
5.2. Воздухозаборники	242
5.3. Выходные устройства и капоты двигателей	246
5.4. Системы запуска двигателей	248
5.5. Топливная система	248
5.6. Топливные баки	250
5.7. Трубопроводы и арматура топливной системы	251
5.8. Масляная система	251
5.9. Пожарная защита вертолета	251
Глава 6. Шасси вертолета	252
6.1. Требования к шасси	252
6.2. Нагружение шасси при посадке	253
6.3. Посадочные устройства и их элементы	254
6.4. Конструктивно-силовые схемы шасси	258
6.5. Выбор параметров элементов стойки шасси	264
6.6. Колеса шасси	265
6.7. Характеристики пневматиков колес шасси	267
6.8. Амортизаторы шасси	273
6.9. Корректировка параметров и характеристик шасси	284
6.10. Схема уборки шасси	291
Глава 7. Каркасные агрегаты	298
7.1. Фюзеляж	298
7.1.1. Формирование КСС фюзеляжа	298
7.1.2. Элементы конструкции фюзеляжа балочного типа	311
7.1.3. Конструктивные мероприятия по уменьшению вибраций в кабине фюзеляжа	321
7.1.4. Минимизация массы конструкции фюзеляжа	324
7.2. Крыло	324
7.2.1. Требования, предъявляемые к крылу	324
7.2.2. Формирование КСС крыла	325

7.2.3. Выбор параметров силовых элементов крыла	334
7.2.4. КСС разъемов крыла	338
7.2.5. Эксплуатационные вырезы в панелях крыла	341
7.2.6. Выбор материала	342
7.2.7. Типы соединений и крепежных элементов	343
7.3. Оперение	343
Литература	346

110. Образцов И.Ф. и др. Прочность, устойчивость и колебания тонкостенных конструкций летательных аппаратов. Тематический сборник научных трудов института. -М.: Изд-во МАИ, 1981. 85с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Плихунов В.В. К расчету на прочность пластинчатых элементов конструкции	6
Жеков К.А. Расчет конструкций, приводящихся к изгибу пластин на упругом основании, имеющем вырез	10
Рафаилов А.Г., Костриченко А.Б., Угненко И.Г. Использование метода конечных элементов в анализе несущей способности элементов конструкций типа подкрепленных пластин, ослабленных отверстием	15
Лурье С.А. Об изгибе пластин, частично защемленных по краю	20
Матюшев Ю.С., Шклярчук Ф.Н. Уравнения тонкостенного кругового шпангоута	24
Булычев Л.А. Расчет на прочность регулярного шпангоута переменной жесткости	28
Антуфьев Б.А. К расчету оболочечной конструкции, находящейся под действием локальных температурных полей	32
Морозов В.С. О бифуркации напряженного состояния локально нагретой оболочечной конструкции	36
Власов В.З., Бокучава М.Б. Расчет цилиндрических оболочечных конструкций на сосредоточенные нормальные нагрузки, передающиеся через упругий шпангоут	40
Кузьмин В.В. К расчету на прочность конических отсеков корпуса	45
Дудченко А.А., Инфлянскас В.В. Об определении остаточных напряжений и деформаций в элементах конструкции, выполненных из композиционного материала с металлической	51

матрицей	
Елпатьевский А.Н., Белов П.А. Расчет подкрепленных панелей со стрингерами, усиленными жгутами из высокомолекулярного материала	55
Коновалов Б.А, Свердлов А.И. Несущая способность корпуса, выполненного из композиционного материала и имеющего дефект	59
Каплун А.Б. «Мельников Б.Е. Акустическая эмиссия и кинетика роста трещин в элементах конструкций из алюминиевого сплава 1201	63
Смольский В.М. К оценке времени до разрушения элемента конструкции при нецентрированном случайном нагружении	69
Мовчан А.А. О расчете на ресурс элементов конструкций, подверженных малоциклового деформированию со сдвигом фаз.	72
Михеев Р.А. К вопросу оптимизации розеток тензорезисторов, используемых при экспериментальных исследованиях	76
Дворников А.Г. Оценка влияния погрешностей нагружения на определение напряжений в натурных конструкциях	80

111. Липин Е.К. Современные методы расчета на прочность и оптимизация авиационных конструкций: Тексты лекций. -М.: МАИ, 1987.-43с., ил.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
1. Дискретные расчетные модели конструкций	4
2. Конечные элементы, моделирующие жесткостные свойства конструкций	10
3. Определение перемещений упругой конструкции	18
4. Применение метода конечных элементов к расчету конструкций	21
5. Общие вопросы оптимизации конструкций	25
6. Прямые методы оптимизации конструкций	30
7. Непрямые методы оптимизации конструкций	38
Литература	42