УДК 629.735(075.8)
ББК 39.53 - 02 я73
П 76

Рецензент — доцент, кандидат технических наук, А.В. Колотвин

Припадчев, А.Д.,
П 76 Автоматизация расчета на прочность элементов конструкции воздушного судна : учебное пособие /А. Д. Припадчев,
А. А. Горбунов, И.С. Быкова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2014. – 171 с.
ISBN

В учебном пособии рассматриваются методы расчета на прочность элементов конструкции воздушного судна с использованием ЭВМ.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению 24.03.04 Авиастроение

Учебное пособие подготовлено в рамках проекта «Совершенствование подготовки кадров для приоритетных направлений развития экономики Оренбургской области на основе кластерной модели»

УДК 629.735(075.8)
ББК 39.53 - 02 я73

ISBN

© Припадчев А.Д., Горбунов А.А.,
Быкова И.С., 2014
© ОГУ, 2014

Содержание

Введение…………………………………………………………….…..	7

Обозначения и сокращения……………………………………………...	9

1 Определение геометрии сечений основных силовых элементов конструкции крыла………………………………………………………	14

1.1 Геометрические параметры крыла………………………………………	14

1.2 Определение перерезывающих сил, изгибающих и крутящих моментов…………………………………………………………………	17

1.2.1 Построение эпюр погонных нагрузок, перерезывающих сил и изгибающих моментов для не стреловидного крыла большого удлинения	17

1.2.2 Построение эпюр крутящих моментов……………………………..	20

1.2.2.1 Моментный профиль крыла………………………………………….	21

1.3 Выбор силовой схемы крыла………………………………………..	23

1.4 Подбор сечений элементов силовой схемы крыла………………...	25

1.4.1 Определение толщины обшивки лонжеронного крыла……………	25

1.4.2 Подбор элементов продольного набора…………………………….	26

1.4.2.1 Подбор поясов и стрингеров в растянутой зоне……………………..	27

1.4.2.2 Подбор поясов в сжатой зоне…………………………………………	29

1.4.3 Определение толщины стенок лонжеронов……………………..……	31

1.5 Подбор сечений силовых элементов моноблочного крыла………..	33

1.6 Подбор силовых элементов сечения стреловидного крыла……………	35

1.6.1 Лонжеронное крыло…………………………………………………….	36

1.6.1.1 Подбор обшивки………………………………………………………….	36

1.6.1.2 Подбор элементов продольного набора в растянутой зоне…………	36

1.6.1.3 Подбор поясов лонжеронов в сжатой зоне………………………...	38

1.6.1.4 Определение толщины стенок лонжеронов…………………………	38

1.6.2 Моноблочное крыло…………………………………………………	39

ŋqdqɐeɎ bɆ dedɆbɎɜe d ɕɔɑbɔɐ Ɉqddɏqɐè

1.6.2.1 Подбор элементов силовой схемы крыла при постоянной толщине обшивки…………………………………………………………………….. 39

1.6.2.2 Определение толщины стенок лонжеронов…………………………… 40

2 Проверочный расчет крыла воздушного судна………………………... 41

2.1 Определение нагрузок, действующих на крыло……………………... 41

2.2 Построение эпюр перерезывающих сил и изгибающих моментов для крыла большого удлинения……………………………………… 44

2.3 Определение нормальных напряжений при изгибе крыла…………….. 46

2.3.1 Определение нормальных напряжений в сечениях прямого крыла методом редукционных коэффициентов………………………………. 46

2.3.2 Определение нормальных напряжений в сечении стреловидного крыла……………………………………………………………………... 52

2.4 Определение касательных напряжений при простом изгибе крыла…... 55

2.5 Расчет касательных напряжений в корневом сечении стреловидного крыла……………………………………………………………………... 62

2.6 Определение координат центра жесткости сечения крыла……………. 63

2.7 Определение крутящего момента относительно центра жесткости сечения крыла……………………………………………………………. 64

2.8 Определение касательных напряжений при свободном кручении крыла……………………………………………………………………... 67

3 Оценка прочности силовых элементов сечения крыла…………...……… 69

4 Расчет шасси воздушного судна………………………………………… 71

4.1 Исходные данные для расчета шасси воздушного судна……………… 71

4.1.1 Схема расположения шасси на воздушном судне…………………… 71

4.1.2 Расположение амортизатора на стойке……………………………….... 71

4.2 Подбор параметров амортизационной системы………...……………… 73

4.2.1 Подбор колес воздушного судна……………………………………… 73

4.2.2 Подбор параметров жидкостно–газовой амортизации……………… 76

4.3 Расчет элементов шасси на прочность………………………………….... 88

ŋqdqɐeɎ bɆ dedɆbɎɜe d ɕɔɑbɔɐ Ɉqddɏqɐè

ӈqdqүеʏ рƎ dәрƎɓүзә d ɛɑɑɕɔɟ Ɉqqdүqүә

4.3.1 Расчет балочной схемы шасси воздушного судна…………………… 89
4.3.2 Расчет шасси с рычажной подвеской колеса………………………… 91
4.3.3 Порядок расчета шасси с тележкой……………………………………. 93
5 Расчет фюзеляжа воздушного судна……………………………………. 94
5.1 Определение внешних нагрузок на фюзеляж от оперения…………….. 95
5.1.1 Уравновешиваюшие нагрузки горизонтального оперения…………... 96
5.1.2 Маневренные нагрузки…………………………………………………….. 97
5.1.3 Нагрузка на горизонтальное оперение при полете в неспокойном воздухе………………………………………………………………………… 98
5.1.4 Несимметричное нагружение горизонтального оперения…………… 98
5.1.5 Определение внешних нагрузок на вертикальное оперение... ……… 99
5.1.6 Одновременное нагружение горизонтального и вертикального оперения…………………………………………………………………….. 100
5.2 Уравновешивание воздушного судна в вертикальной плоскости…….. 101
5.2.1 Действие на горизонтальное оперение уравновешивающей нагрузки 101
5.2.2 Действие на горизонтальное оперение уравновешивающей и маневренной нагрузки (случаи «$A^{/}$», «B», «C»)………………………….. 103
5.2.3 Действие на горизонтальное оперение второй маневренной нагрузки $P_M^Э = \Delta P_M^Э$ …………………………………………………...……… 105
5.3 Уравновешивание воздушного судна в плоскости, перпендикулярной плоскости симметрии воздушного судна…………………………………… 107
5.4 Построение эпюр перерезывающих сил, изгибающих и крутящих моментов для фюзеляжа……………………………………………………… 107
5.5 Подбор сечений силовых элементов фюзеляжа………………………... 112
5.5.1 Определение толщины обшивки хвостовой части фюзеляжа..……… 113
5.5.1.1 Погонные касательные силы в боковинах фюзеляжа……………… 114
5.5.1.2 Погонные касательные силы в боковинах и сводах………………... 114
5.5.1.3 Погонные касательные силы при действии несимметричной нагрузки……………………………………………………………...………… 115

ӈqdqүеʏ рƎ dәрƎɓүзә d ɛɑɑɕɔɟ Ɉqqdүqүә

5.5.2 Подбор элементов продольного набора…………………………….. 115
5.6 Оценка прочности элементов сечения фюзеляжа……………………. 120
6 Расчет на прочность элеронов……………………………………….... 123
6.1 Нагрузки, действующие на элерон. Работа элементов конструкции….. 123
6.2 Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов………….. 129
6.3 Построение эпюр крутящих моментов. Расчет сечения……………….. 130
7 Расчет на прочность механизации крыла………………………………. 134
7.1 Нагрузки, действующие на механизацию крыла……………………….. 134
7.2 Расчет простого щитка………………………………………………. 136
7.3 Расчет выдвижного закрылка………………………………………… 140
8 Расчет на прочность оперения………………………………………….... 144
8.1 Нагрузки, действующие на оперение…………………………….... 144
8.2 Построение эпюр поперечных сил, изгибающих и крутящих моментов……………………………………………………………………. 155
9 Глоссарий………………………………………………………………. 165
Список использованных источников……………………………………... 170