

Воронежский государственный технический
университет
Кафедра самолетостроения



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к самостоятельной подготовке по дисциплине
«Конструирование агрегатов планера» для студентов
специальности 160100 «Самолето- и вертолетостроение»
очной формы обучения и дисциплине «Основы
проектирования летательных аппаратов» для студентов
специальности 160700.65 «Проектирование авиационных и
ракетных двигателей».

Воронеж 2021

Составители: канд. техн. наук. С.К. Кириакиди

УДК 629.735.33

Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Конструирование агрегатов планера» для студентов специальности 160100 «Самолето- и вертолетостроение» очной формы обучения и дисциплине «Основы проектирования летательных аппаратов» для студентов специальности 160700.65 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей»./Воронеж. гос. техн. ун-т; Сост. С.К. Кириакиди. Воронеж, 2016. 15 с.

Настоящие методические указания предназначены для выполнения курсового проекта по дисциплине «Конструкция технических систем», отдельные вопросы могут быть использованы при выполнении дипломного проекта.

Табл.1. Ил. 10. Библиогр.: 1 назв.

Рецензент канд. техн. наук, доц. Н.В. Лосев
Ответственный за выпуск зав. кафедрой
профессор В.И. Корольков

Печатается по решению редакционно- издательского совета Воронежского государственного технического университета

© ГОУВПО "Воронежский
государственный технический
университет", 2021

Целью данных методических указаний является подробное знакомство с методикой расчета одного из важнейших узлов системы управления самолетом - узла управления рулем высоты.

Основные приемы проектирования, с учетом конструктивных особенностей, остается теми же и для узлов управления рулем направления, элеронами и т.д.

В каждом конкретном случае учитываются свои требования к проектируемому узлу, местные условия работы и особенности нагружения.

Основные требования к проектируемому узлу - прочность, жесткость, минимальный вес. Требования прочности и минимума веса - противоречивые требования, они выполняются с учетом норм проектирования авиационной техники, норм летной годности с учетом типа воздушного судна и условий его эксплуатации.

Данные методические указания могут быть использованы для самостоятельной подготовки студентов при изучении конструкции ЛА, а так же в дипломном проектировании и других инженерных расчетах.

Технические расчёты должны быть оформлена с учетом СТП ВГТУ 004 - 2003.

Методика проектирования узла системы управления рулем высоты

Исходные данные

Известна конструкция и размеры поперечных сечений силовых элементов лонжерона и нервюры, к которым крепится проектируемый узел и на которые передаются нагрузки при работе руля высоты. Известны координаты оси вращения качалки (т. А) управления рулем (а и в)

относительно указанного лонжерона и нервюры.

Заданы габариты плеч качалки r_1 и r_2 , угол раствора качалки α (или, по-другому, угол между плечами качалки), а также отклонение качалки под действием сил P_1 и P_2 от нейтрального положения - угол β (Силы P_1 и P_2 перпендикулярны нейтральному положению качалки. Нейтральное положение качалки дано на рис.2 (штрих пунктирными линиями).

Необходимо выполнить расчеты и дать чертежи для отклоненного, рабочего положения качалки.

В задание на курсовую работу входит следующее:

Задание

1. Спроектировать качалку и кронштейн для ее установки на лонжероне стабилизатора.
2. Предусмотреть усиление лонжерона и нервюры стабилизатора.
3. Провести проверочные расчеты элементов узла и элементов крепления.
4. Выполнить сборочный чертеж узла и рабочие чертежи качалки, кронштейна, фитингов.

На рис.1 дан общий вид стабилизатора, а на рис.2 - узел I - узел управления рулем высоты.

Рекомендована следующая последовательность проектирования.

1 ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАЧАЛКИ

Определение нагрузок, действующих на качалку

Известно, что силы P_1 и P_2 перпендикулярны нейтральному положению качалки.

Принята следующая расчетная схема - рис.3.

На качалку действуют нагрузки P_1 P_2 и их реакции R_{Ax} R_{Ay} неизвестными являются P_2 , R_{Ax} , R_{Ay} они определены таким образом.

Плечи сил P_1 и P_2 относительно точки А соответственно

h_1 и h_2

Определение плеч h_1 и h_2 .

И сумма проекций всех действующих сил на ось АУ
равна нулю.

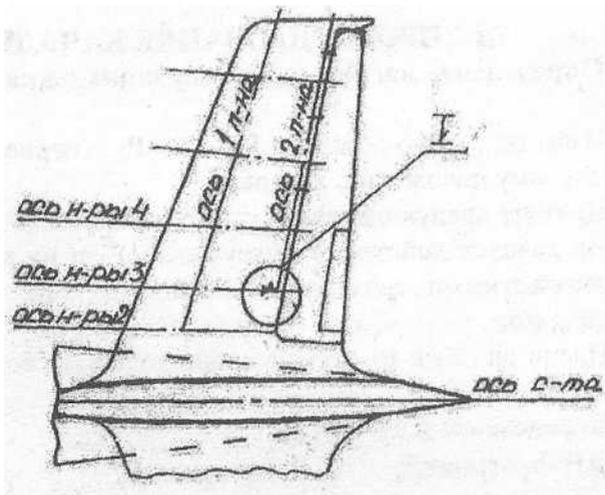


Рисунок I – Общий вид стабилизатора

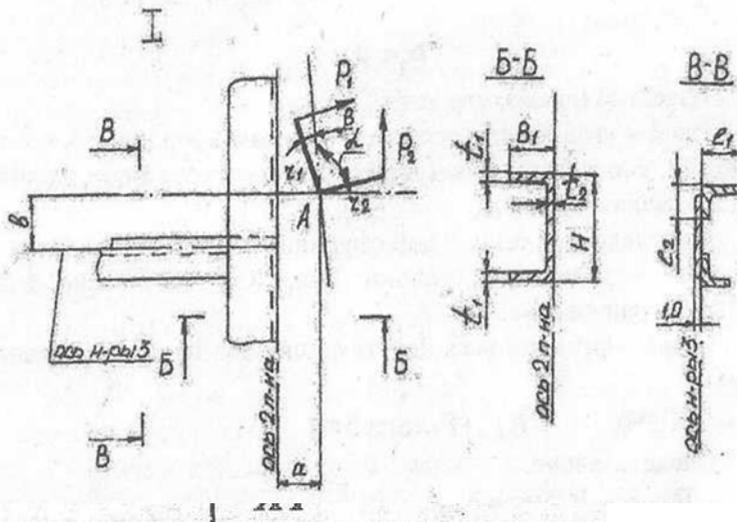


Рисунок 2 – Узел управления рулем высоты

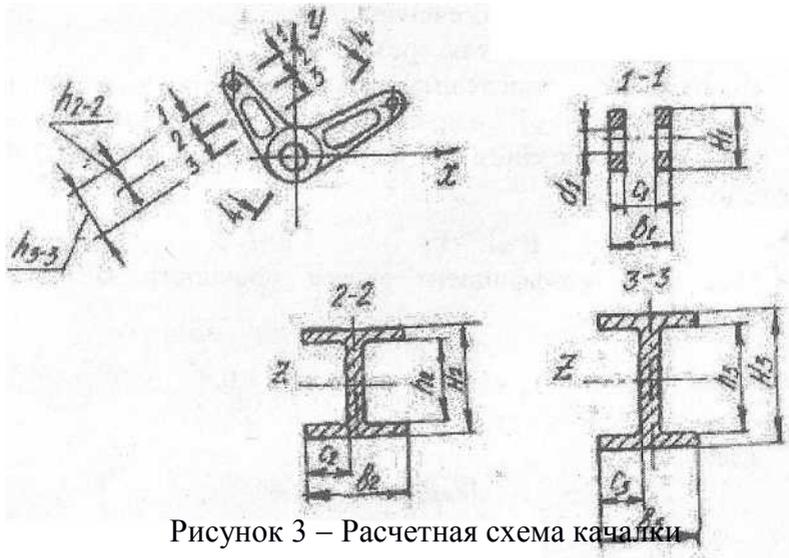


Рисунок 3 – Расчетная схема качалки

Рисунок 4 – Типовая качалка системы управления
/ сечение I-I, 2-2, 3-3 повернуты/

$$\sum F_y = 0$$

Откуда можно найти неизвестную реакцию R_{AY} :

$$P_2 + P_1 \times \cos \delta + R_{AY} = 0,$$

$$R_{AY} = -P_2 - P_1 \times \sin \delta$$

По знакам R_{AX} и R_{AY} (2) и (3) определено, что эти реакции направлены в сторону, противоположную положительному направлению соответствующих осей AX и AY , (рис.3). Показанные на рис.3 реакции имеют знак «минус».

Определив нагрузки, необходимо перейти к проектированию качалки.

Типовой вид качалки представлен на рис.4

Каждое плечо качалки необходимо рассчитать по трем сечениям: 1-1, 2-2, 3-3.

Сечение 1-1 проходит по оси болта крепления качалки и тяги. Сечение 2-2 дано в середине плеча качалки. Сечение 3-3 - максимально удаленное от линии действия силы (оси болта крепления качалки и тяги) сечение.

Сечение 1-1 работает на срез.

Необходимо определить максимально допустимую нагрузку по срезу $[P_{CP}]^{1-1}$ и сравнить ее с действующей.

При проектировании проушины качалки (сечение 1-1) необходимо чтобы:

$$[P_{cp}]^{1-1} > P_i \quad (i=1,2) .$$

При этом коэффициент запаса прочности по срезу должен составлять:

коэффициента запаса прочности.

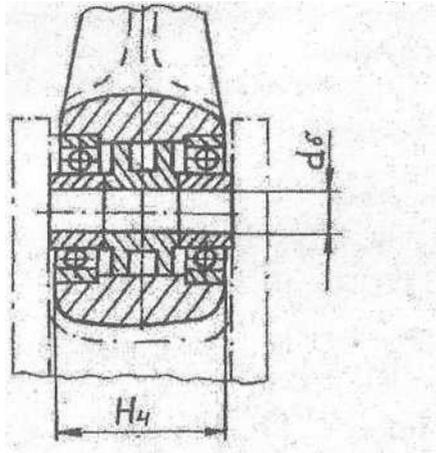


Рисунок 5 - Сечение ступицы качалки системы управления. Болт крепления качалки и кронштейна условно не показан

$$H_5 = (3,5 \div 4,0) d_6$$

Размер c_5 может быть определен из расчета качалки (по размерам ступицы качалки):

$$c_5 = H_4 + (1,5 \div 2,0) \text{ мм.}$$

Размер b_5 выбирается из двух соотношений как большая величина.

Первое соотношение:

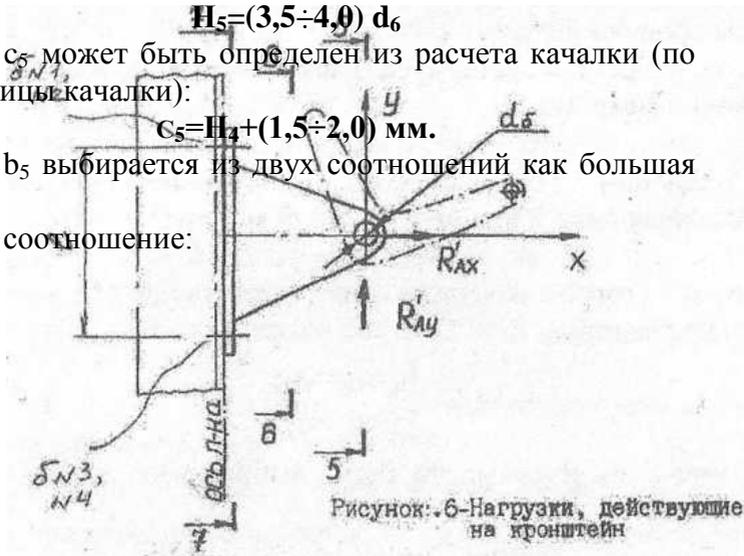


Рисунок: 6-Нагрузки, действующие на кронштейн

Сечение 6-6 расположено на расстоянии равном половине высоты кронштейна, т.е. на расстоянии $a/2$ от подошвы кронштейна.

В сечении 6-6 действует растягивающая сила R'_{ax} и изгибающий момент:

$$M_{и}^{6-6} = R'_{ay} \cdot a/2$$

В сечении 7-7 действуют следующие нагрузки - растягивающая сила R'_{ax} и изгибающий момент:

$$M_{и}^{7-7} = R'_{ay} \cdot a$$

Кроме того, известны из предыдущих расчетов следующие размеры:

$$b_5 = b_6 = b_7;$$

$$c_5 = c_6 = c_7;$$

Размеры e_6 и e_7 могут быть выбраны из следующих соотношений:

$$e_6 = e_7 = (b_5 - c_5)/2 - [0 \div 1.5 \text{ мм}]$$

Проведем расчет сечения 7-7 (определим размер H_7). Сечение 7-7 рассчитывается аналогично.

Размер H_7 определяется проектировочным расчетом с

учетом следующего:

$$\sigma_{и}^{7-7} = M_{и}^{7-7} / W_z^{7-7};$$

$$\sigma_p^{7-7} = R'_{ax} / F^{7-7}$$

где: W_z^{7-7} - момент сопротивления сечения 7-7 относительно оси z (см.рис.9).

F^{7-7} - площадь сечения 7-7.

приходящаяся на болт №3 и №4 от изгибающего момента.

Так как болты №1 и №2 разгружаются на разрыв от момента $M = R'_{ay} \cdot a$, то далее рассмотрены более нагруженные болты №3 и №4.

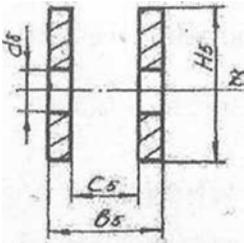


Рисунок 7-Сечение проушины кронштейна

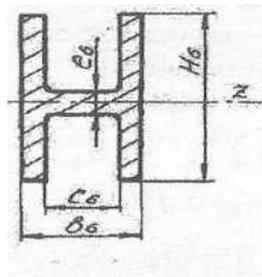


Рисунок 8-Сечение 6-6

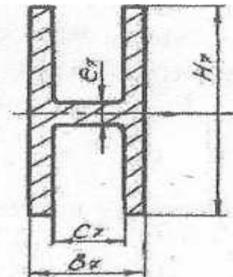


Рисунок 9-Сечение 7-7

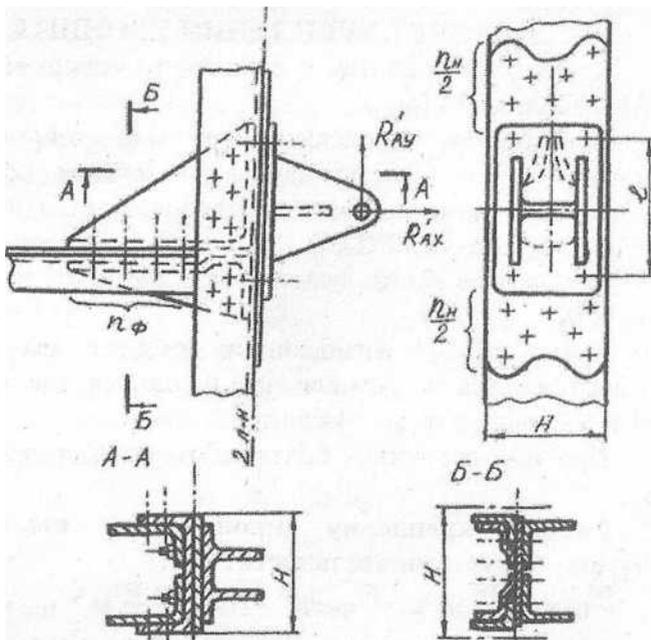


Рисунок 10-Усиление
арная нагрузка на разрыв болта и серверы

$$P_{(разг)3}^{\Sigma} = P_{(разг)4}^{\Sigma} = R'_{ax}/4 + R'_{ay} \cdot a/2 \cdot l$$

где l - расстояние между болтами вдоль лонжерона (рис.6). Нагрузка от силы среза:

$$P_{(ср)1} = P_{(ср)2} = P_{(ср)3} = P_{(ср)4} = R'_{ay}/4$$

По двум нагрузкам - $P_{(разг)}^{\Sigma}$ и $P_{(ср)3}$ из справочника определяют диаметр б.№3 и б.№4. Диаметры болтов №1 и №2 выбираются аналогично б.№3 и б.№4.

4 УСИЛЕНИЕ ЛОНЖЕРОНА И НЕРВЮРЫ СТАБИЛИЗАТОРА

Для усиления лонжерона от местных нагрузок, приходящихся на кронштейн и передаваемых на лонжерон установлена накладка, толщина которой равна толщине стенки лонжерона.

Для усиления нервюры и корректной передачи нагрузок на нее от кронштейна использованы четыре фитинга - по два от оси нервюры, (см. рис. 10).

Расчет крепления накладки к лонжерону

Крепление накладки к стенке лонжерона рассчитывается от действующей вдоль оси лонжерона нагрузки - в данном случае от силы R'_{ay} .

Крепление осуществляется заклепками, которые частично могут быть установлены впотай под подошвой кронштейна и равными частями перед подошвой кронштейна и за ней.

Общее количество заклепок крепления накладки к стенке лонжерона (пн) рис.10 может быть определено следующим образом:

$$П_{н} = R'_{ay} / [P_{ср}]$$

где $[P_{ср}]$ - максимальная нагрузка на срез, которую может выдержать заклепка данного диаметра.

Для заклепки диаметром $d=3$ мм - $[P_{ср}]_{\emptyset 3} = 170$ кг

Для заклепки диаметром $d=3,5$ мм - $[P_{cp}]_{\emptyset 3,5} = 270$ кг

Для заклепки диаметром $d=4$ мм - $[P_{cp}]_{\emptyset 4} = 339$ кг

Для заклепки диаметром $d=5$ мм - $[P_{cp}]_{\emptyset 5} = 471$ кг

Минимальное количество заклепок $n_n = 14$ шт.

Крепление фитингов

Фитинги (4 шт.) крепятся одной полкой (вдоль оси лонжерона) к стенке лонжерона (болтами крепления кронштейна и совместно - заклепками крепления усиливающей накладки и стенки лонжерона), другой полкой (вдоль оси нервюры) к полке и стенке нервюры.

Крепление фитингов к полке и стенке нервюры рассчитывается от нагрузки R'_{ax} .

В первом приближении можно принять, что на каждую полку фитинга вдоль оси нервюры приходится сила $R'_{ax} / 4$.

Количество заклепок (n_{\emptyset}) рис.10 крепления данной полки фитинга (каждого) к нервюре может быть подсчитано следующим образом:

$$n_{\emptyset} = R'_{ax} / 4 [P_{cp}]$$

Минимальное количество $n_0 = 5$ шт. Кроме того, полка фитинга, приходящаяся под горизонтальную полку пояса лонжерона (рис. 10), крепится (в данном месте) совместно с полкой лонжерона и обшивкой с помощью заклепок установленных по обшивке.

Толщины полок фитингов приравниваются к соответствующим толщинам полок нервюры и лонжерона (к которым они прилегают), а общие габариты определяются исходя из габаритов кронштейна и количества заклепок крепления к нервюре по с учетом стандартного шага между заклепками:

$$t = (4 \div 5) d$$

Определив все толщины и габариты деталей, выполняют сборочный чертеж узла и далее - рабочие чертежи входящих деталей и спецификацию.

Варианты заданий

№	α°	β°	P_1 (дан)	r_1 мм	r_2 мм	a мм	b мм	B_1 мм	t_1 мм	t_2 мм	H_1 мм	e_1 мм	e_2 мм	e_3 мм
1.	90	16	700	140	150	60	0	25	3,0	2,0	100	18	18	1,5
2.	96	16	800	130	130	70	10	20	2,5	1,8	120	16	16	1,8
3.	94	15	900	140	140	50	20	24	2,5	1,8	110	18	16	2,0
4.	90	14	1000	140	140	50	10	27	3,0	2,0	115	16	16	2,0
5.	94	15	1000	120	140	70	0	25	2,5	1,8	118	18	16	1,8
6.	91	12	950	125	140	60	15	24	2,5	2,0	116	18	15	1,8
7.	95	14	860	140	135	55	10	20	2,5	1,8	115	16	16	2,0
8.	96	18	960	135	145	60	20	26	2,5	1,5	124	18	16	1,8
9.	102	21	920	125	135	70	5	23	2,5	1,8	118	16	16	1,8
10	98	16	810	120	140	50	0	27	2,5	2,0	114	18	18	2,0
11	95	10	900	125	135	55	15	25	2,5	1,8	108	16	15	1,8
12	96	16	920	135	145	75	15	24	2,5	2,0	120	16	16	1,8
13	95	1.4	950	110	125	70	10	25	2,5	1,8	120	18	16	2,0
14	97	16	910	125	140	65	15	23	3,0	2,0	118	18	18	1,5
15	96	19	920	140	150	75	20	25	2,5	2,0	110	16	15	1,8
16	93	16	950	150	140	70	15	27	2,5	1,8	105	18	15	1,8
17	91	18	1100	135	150	65	15	20	2,5	1,8	114	16	16	2,0
18	95	14	890	150	165	70	20	26	3,0	2,0	118	16	15	1,5
19	92	17	1150	160	170	90	20	25	2,5	1,8	115	16	16	2,0
20	95	19	1060	150	160	86	15	24	2,5	1,8	116	18	16	2,0
21	92	16	970	125	160	87	10	23	3,0	2,0	110	18	18	1,8
22	91	18	960	160	125	86	15	25	2,5	2,0	108	16	16	1,8
23	95	15	870	120	150	87	10	27	3,0	1,8	118	18	16	1,5
24	92	18	910	140	155	82	10	24	2,5	2,0	116	18	16	1,8
25	94	15	920	125	155	85	15	26	3,0	2,0	114	16	16	2,0
26	93	16	1040	135	160	87	10	25	2,5	2,0	118	16	16	2,0

27	95	14	1010	160	125	86	15	17	3,0	2,0	118	18	16	2,0
----	----	----	------	-----	-----	----	----	----	-----	-----	-----	----	----	-----

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к самостоятельной подготовке по дисциплине
«Конструирование агрегатов планера» для студентов
специальности 160100 «Самолето- и вертолетостроение» очной
формы обучения и дисциплине «Основы проектирования
летательных аппаратов» для студентов специальности 160700.65
«Проектирование авиационных и ракетных двигателей».

Составители:

Кириакиди Сергей Константинович

В авторской редакции

Подписано в печать

Формат 60×84/16. Бумага для множительных аппаратов.

Усл. печ. л. 1,1. Уч.-изд. л. 0,9. Тираж 30 экз. «С» 398.

Зак. №

Воронежский государственный технический университет
394026 Воронеж, Московский просп.,

14