

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уфимский государственный авиационный технический университет»**

Кафедра \_\_\_\_\_ Информатики \_\_\_\_\_

100	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
90												
80												
70												
60												
50												
40												
30												
20												
10												
0												

## ОТЧЕТ

по лабораторной работе №10

«Расчет шасси на прочность и жесткость»

по дисциплине **Основы конструкции объектов ОТС**

**1306.5581008.000 ПЗ**

(обозначение документа)

Группа	СТС-407	Фамилия И.О.	Подпись	Дата	Оценка
Студент		Гараев Д.Н..			
Консультант		Минасов Ш. М.			
Принял					

Уфа – 2021 г.

## Содержание

Введение .....	3
1 Основные расчётные случаи нагружения шасси.....	6
2 Расчёт шасси балочного типа с подкосом.....	10
3 Расчет шасси балочного типа с рычажной подвеской колеса.....	13
4 Подбор колёс для основных и носовой опор шасси .....	15
5 Проектировочный расчёт амортизатора основной опоры шасси .....	18
Заключение.....	20
Список литературы.....	21

					1306.5581008.000 ПЗ		
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата			
Разраб		Гараев Д.Н.			<b>Лабораторная работа №10</b> <b>«Расчет шасси на прочность и жесткость»</b>		
Провер.		Минасов Ш. М.					
Н. контр							
Утв							
						Лит	Лист
							2
							21
						УГАТУ, СТС-407	

## Введение

В данной лабораторной работе необходимо ознакомиться с порядком расчета шасси на прочность и жесткость.

Шасси воспринимает нагрузки, действующие на ЛА при его приземлении и движении по земле, а также за короткое время целиком поглощает энергию посадочного удара ЛА, которая переходит в работу совместного обжатия амортизаторов и пневматиков колёс. Эта работа определяется по формуле

$$A = \frac{G_{\text{нос}} V_{y1}^2}{2g} + 0,25 G_{\text{нос}} H_{\text{цм}},$$

где  $G_{\text{нос}}$  – посадочный вес ЛА;  $V_{y1}$  – скорость ЛА, нормальная к поверхности взлётно-посадочной полосы (ВПП) в момент удара;  $H_{\text{цм}}$  – вертикальное перемещение ц.м. ЛА из-за обжатия амортизаторов и пневматиков в процессе удара; 0,25 – коэффициент, учитывающий, что в момент удара  $Y_{\text{кр}} \approx 0,75 G_{\text{нос}}$ .

С другой стороны, эту же работу удара при посадке можно выразить через эквивалентную высоту падения в пустоте  $H_{\text{экв}}$  или через приведенную вертикальную скорость падения ЛА в пустоте  $V_{y \text{ пр.}}$ .

$$A = G_{\text{нос}} H_{\text{экв}} = \frac{G_{\text{нос}} V_{y \text{ пр.}}^2}{2g}.$$

Совместно решая два последних уравнения, получим

$$V_{y \text{ пр.}} = \sqrt{V_{y1}^2 + 4,9 H_{\text{цм}}}.$$

Каждая опора шасси является самостоятельной амортизационной системой, которая воспринимает работу:

$$A = \frac{m_{\text{ред}} V_{y \text{ пр.}}^2}{2},$$

где  $m_{\text{ред}}$  – масса ЛА, приведенная к линии равнодействующей удара.

$$V_{y1} = V_y + V_{\text{нос}} \cdot \text{tg} \nu,$$

где  $V_{\text{нос}}$  – посадочная скорость ЛА;  $\nu$  – местный угол наклона ВПП.

Вертикальное перемещение ц.м. ЛА в процессе удара

$$H_{цм} = \psi h_{ам} + \delta_{пн},$$

где  $\psi$  – передаточный коэффициент, зависящий от геометрии стойки шасси;  $h_{ам}$  – обжатие амортизационной стойки;  $\delta_{пн}$  – обжатие пневматика.

Подставляя последние два выражения, получим

$$V_{ynp} = \sqrt{(V_y + V_{noc} \operatorname{tg} v)^2 + 4,9(\psi h_{ам} + \delta_{пн})}.$$

Обычно рассматривают два расчётных варианта, определяющих величину  $V_{ynp}$ , и работу, которая должна поглощаться амортизацией ЛА при нормальной и грубой посадках:

- 1) Нормальная посадка ЛА происходит с высоты 1м с вертикальной скоростью  $V_y = 1,5$  м/с на ВПП с уклоном 0,03 при этом

$$A^{\vartheta} = \frac{m_{ред} (V_{ynp}^{\vartheta})^2}{2};$$

- 2) Грубая (динамическая) посадка ЛА происходит с предельно допустимой высоты 2 м с вертикальной скоростью  $V_y = 3,0$  м/с на ВПП

$$\text{с уклоном } 0,03 \text{ при этом } A^{\max} = \frac{m_{ред} (V_{ynp}^{\max})^2}{2}.$$

Формула для нормальной посадки имеет вид

$$V_{ynp}^{\vartheta} = \operatorname{MIN} \left[ 2,8; \sqrt{0,5(0,28V_{noc} + 0,01\sqrt{G_{noc}} + 8)} \right],$$

где  $V_{noc}$  – посадочная скорость, м/с;  $G_{noc}$  – посадочный вес, даН.

Для трёхточечной схемы шасси с передней опорой:

$$m_{ред} = m_{noc} - \text{ для основных опор; } m_{ред} = \frac{m_{noc}}{1 + \frac{a^2}{i_z^2}} - \text{ для носовой опоры. Здесь}$$

$$m_{noc} = \frac{G_{noc}}{g} - \text{ посадочная масса ЛА; } i_z = \sqrt{\frac{J_z}{m_{noc}}} - \text{ радиус инерции самолета на}$$

посадке;  $J_z$  – осевой момент инерции ЛА;  $a$  – вынос носовой опоры относительно центра масс ЛА (Рисунок 7).

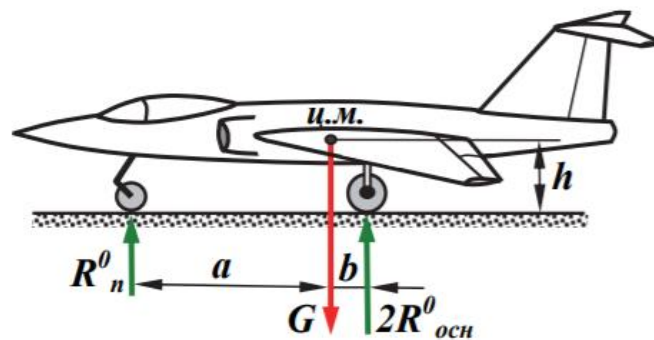


Рисунок 1 – Стояночные нагрузки на шасси

Максимальную работу, которую должна воспринять амортизационная система (стойки + пневматики) при динамическом приложении нагрузки (грубая посадка), определяем по формуле

$$A^{\max} = \text{MAX} \left[ 1,5 A^{\text{э}}; \frac{G_0}{G_{\text{нос}}} A^{\text{э}} \right].$$

Из уравнений равновесия найдём стояночные усилия на опоры для схемы шасси с носовой стойкой

$$\begin{cases} R_n^0 = G \cdot \frac{b}{a+b}; \\ R_{\text{осн}}^0 = G \cdot \frac{b}{2(a+b)}. \end{cases}$$

## 1 Основные расчётные случаи нагружения шасси

Все расчётные случаи нагружения шасси различных схем приведены в нормах прочности. Рассмотрим основные расчётные случаи нагружения применительно к трёхопорной схеме шасси с носовой стойкой.

**Случай  $E_{ш}$**  – нормальная посадка на три опоры (**Случай  $E'_{ш}$**  – нормальная посадка на две опоры). Нормальной считается посадка, когда в момент касания колёсами ВПП продольная ось ЛА  $Ox$  совпадает с направлением его движения, а поперечная ось  $Oz$  параллельна поверхности ВПП, т.е. посадка происходит без сноса и крена. При этом могут иметь место два положения ЛА относительно ВПП:

- 1) произошло одновременное касание ВПП всеми колёсами шасси (посадка на три точки);
- 2) произошло касание ВПП колёсами основных опор расположенных позади ц.м. ЛА (посадка на две точки).

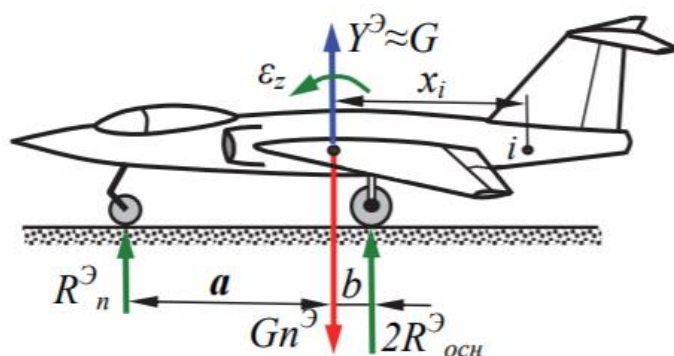


Рисунок 2 – Посадка на три точки

При посадке ЛА на три точки (Рисунок 3) на него действуют нагрузки, показанные на рисунке. ЛА участвует в поступательном и вращательном движениях, при этом уравнения равновесия примут вид

$$\begin{cases} \sum F_y = 0 \Rightarrow G_{\text{нос}} n^э = 2R_{\text{осн}}^э + R_n^э + Y^э; \\ \sum M_z = 0 \Rightarrow J_z \varepsilon_z = 2R_{\text{осн}}^э b + R_n^э a. \end{cases}$$

Перегрузка в  $i$ -й точке конструкции

$$n_i^э = \frac{2R_{\text{осн}}^э + R_n^э + Y^э}{G_{\text{нос}}} \pm \frac{\varepsilon_z x_i}{g}.$$

При нормальной посадке на две точки в уравнениях равновесия и в (1.5) принимают  $R_n = 0$ .

Эксплуатационную посадочную перегрузку определяют как минимум трёх значений

$$n_i^{\text{э}} = \text{MIN} \left\{ \frac{P_{\text{max}}^{\text{э}}}{i \cdot P_{\text{к.ст.нос}}}; \frac{P_{\text{мд}}}{P_{\text{к.ст.нос}}}; 2,6 + \frac{4500}{G_{\text{нос}} + 2500} \right\},$$

где  $P_{\text{max}}^{\text{э}}$  – максимальное усилие в опоре при поглощении амортизацией эксплуатационной работы АЭ;  $i$  – количество колёс на опоре;  $P_{\text{к.ст.нос}}$  – стояночная нагрузка на колесо при посадке;  $P_{\text{мд}}$  – максимально допустимая нагрузка на пневматик, гарантируемая его изготовителем.

Максимальная перегрузка при поглощении амортизационной системой (стойки + пневматики) максимально определяется из выражения

$$n^{\text{max}} = \text{MIN} \left\{ \frac{P_{\text{max}}^{\text{max}}}{i \cdot P_{\text{к.ст.нос}}}; \frac{P_{\text{пред}}}{P_{\text{к.ст.нос}}} \right\},$$

где  $P_{\text{max}}^{\text{max}}$  – максимальное усилие в опоре при поглощении амортизацией максимальной работы  $A_{\text{max}}$ ;  $P_{\text{пред}}$  – предельная нагрузка на колесо, гарантируемая его изготовителем.

Способность амортизационной системы поглощать эксплуатационную максимальную  $A^{\text{э}}$  и максимальную  $A^{\text{max}}$  работы в соответствии с установленными требованиями должна быть подтверждена динамическими испытаниями на копре.

Коэффициент безопасности по отношению к эксплуатационной перегрузке при поглощении амортизацией эксплуатационной работы АЭ принимается равным  $f = 1,5$  для шасси и 1,65 для других агрегатов ЛА, а по отношению к перегрузке при поглощении максимальной работы  $f = 1,3$  для всего ЛА.

Расчётное усилие на основную опору

$$R_{\text{осн}}^P = \text{MAX} \left[ R_{\text{осн}}^0 n^{\text{э}} f; R_{\text{осн}}^0 n^{\text{max}} f \right].$$

Этот случай является расчётным для проверки прочности цилиндра, штока, других элементов амортизации.

					1306.5581026.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата		7

**Случай  $G_{ш}$**  – посадка ЛА с передним ударом в основные опоры шасси. Большие лобовые нагрузки на шасси имеют место не только из-за раскрутки колёс в первый момент посадки. При пробеге по неровной поверхности аэродрома и в процессе торможения после посадки также возникают значительные нагрузки на шасси, направленные назад.

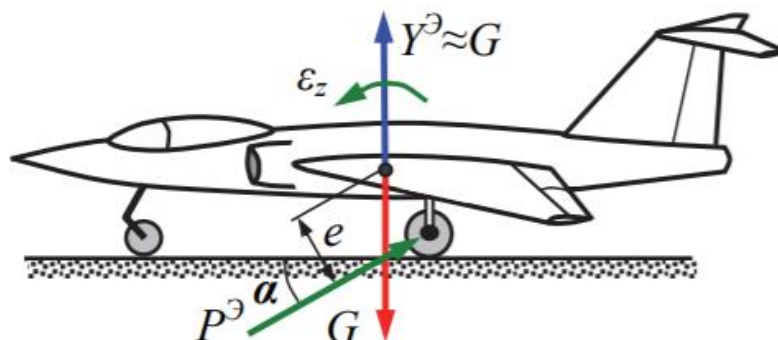


Рисунок 3 – Посадка с основным ударом в основные опоры шасси

ЛА считается находящимся в положении, соответствующем стоянке на земле (Рисунок 3). Нагрузка проходит через ось колеса и направлена спереди и снизу под углом к горизонту. Уравнение моментов примет вид

$$\sum M_z = 0 \Rightarrow J_z \varepsilon_z = P^3 e.$$

Величины угла  $\alpha$ ,  $n_G^3$  па задаются в зависимости от схемы шасси и размеров его элементов. Например, для трёхопорной схемы шасси с носовой стойкой,  $\alpha^0 = 20^\circ + 0,025D$ , где  $D$  – диаметр основных колёс, мм;

$$n_G^3 = 1,5;$$

$$P^3 = n_G^3 \frac{G_{нос}}{2}.$$

Коэффициент безопасности для шасси  $f = 1,5$ , для остальных агрегатов ЛА  $f = 1,65$ .

Этот случай введён для проверки прочности задних подкосов основных опор шасси.

**Случай  $R_{лш}$**  – посадка ЛА с боковым ударом в основные опоры шасси. При наличии бокового ветра посадка происходит с углами сноса и крена, при этом имеет место несимметричное нагружение шасси и ЛА в ударом в основные опоры целом (Рисунок 4).



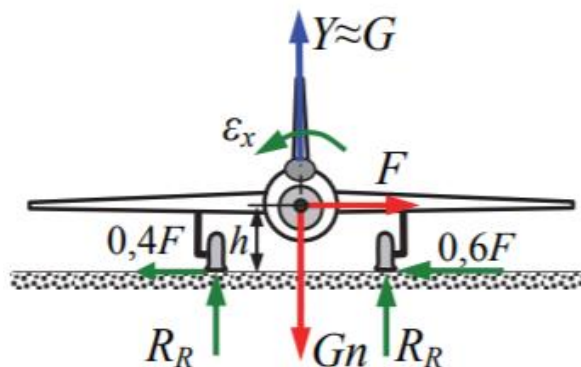


Рисунок 4 – Посадка с боковым ударом в основные опоры

Уравнения равновесия имеют вид

$$\begin{cases} \sum F_y = 0 \Rightarrow G_{noc} n^{\vartheta} = 2R_R^{\vartheta} + Y^{\vartheta}; \\ \sum F_z = 0 \Rightarrow G_{noc} n_{R1}^{\vartheta} = F; \\ \sum M_x = 0 \Rightarrow J_x \varepsilon_x = F \cdot h. \end{cases}$$

Расчётная вертикальная реакция на каждой основной опоре

$R_R^P = 0,375 R_E^P$ , боковая сила (сила трения) по направлению оси  $z$   $F^P = G \cdot n_{R1}^{\vartheta} \cdot f$ , боковая перегрузка

$$n_{R1}^{\vartheta} = \text{MAX} \left\{ 0,32; \frac{V_{noc}}{67} \right\},$$

где  $V_{noc}$  – посадочная скорость, м/с.

Этот случай является расчётным для проверки прочности боковых подкосов основных опор шасси.

Существуют и другие случаи нагружения шасси, например,  $R_{2ш}$  – разворот при рулёрке,  $T_{ш}$  – посадка с торможением, а также комбинации рассмотренных случаев, например,  $E'_{ш} + G_{ш}$  – посадка на две опоры с не раскрученными колесами.

Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата

1306.5581026.000 ПЗ

Лист

9

## 2 Расчёт шасси балочного типа с подкосом

Во всех расчётных случаях нагружения, согласно нормам прочности, исследуются стойки шасси с обжатыми амортизатором и пневматиками. Величина обжатия определяется действующими нагрузками и схемой шасси.

Рассмотрим, например, случай нагружения  $E_{ш}$  для основной опоры шасси балочного типа с подкосом. Здесь амортизатор находится в стойке опоры. Реакцию ВПП  $R_{осн}$ , действующую на колесо основной опоры, переносят на ось колеса и раскладывают на две составляющие: вдоль оси стойки  $R_y = R_{осн} \cdot \cos \alpha$  и перпендикулярно к ней  $R_x = R_{осн} \cdot \sin \alpha$  (Рисунок 5).

**Нагрузки от составляющей  $R_y$ .** Полуось работает на изгиб в вертикальной плоскости. Шток работает на сжатие и изгиб. Цилиндр работает на изгиб и внутреннее давление. В сечении 3 к цилиндру крепится подкос, усилие в котором  $S_n$  на плече  $t$  создаёт момент, уравновешивающий в сечении 5 внешний момент  $R_y \cdot c$ .

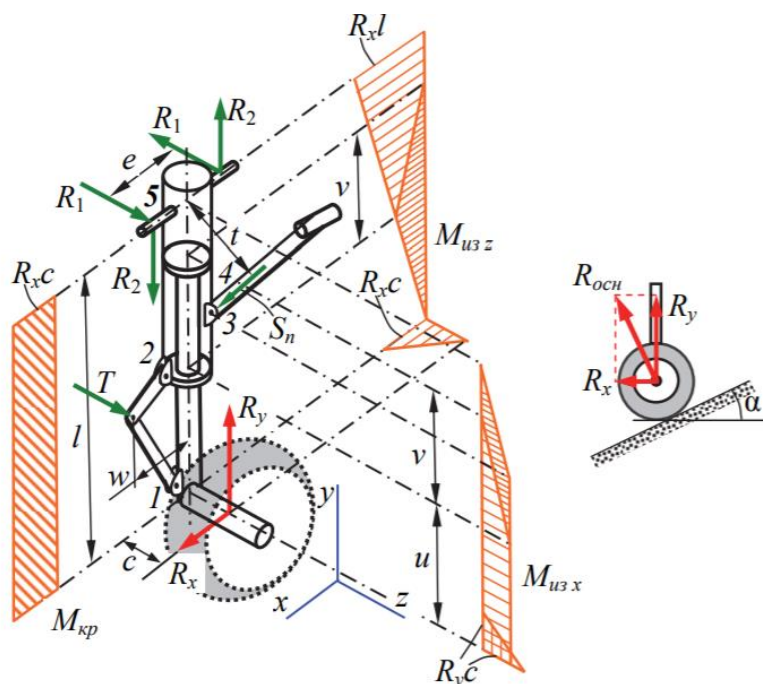


Рисунок 5 – Эпюры моментов для шасси балочного типа с подкосом

**Нагрузки от составляющей  $R_x$ .** Полуось работает на изгиб в горизонтальной плоскости. Шток работает на сжатие и изгиб. Крутящий момент воспринимает траверса (двухзвенник) и передает его на цилиндр и далее на опору.

Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата
-----	------	---------	------	------

1306.5581026.000 ПЗ

Лист

10

Цилиндр работает на изгиб и кручение. В опорах сечения 5 возникают реактивные пары сил  $R_{1e}$  и  $R_{2e}$ .

Каждое звено траверсы рассчитывают на изгиб как консоль, нагруженную на конце силой  $T$

$$R_x \cdot c = T \cdot w \Rightarrow T = R_x \cdot \frac{c}{w}.$$

Рассматривая эпюры для всех посадочных случаев нагружения, проводят сначала проектировочный, а затем проверочный расчёт на прочность всех стержневых элементов опоры шасси.

Каждый элемент шасси рассчитывают как стержень, работающий, как правило, в условиях сложного сопротивления. Трубчатую полуось рассчитывают на изгиб в корневом сечении 1

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\text{из max}}}{W} = \frac{\left(\sqrt{(R_x)^2 + (R_y)^2}\right) \cdot c}{W} = \frac{R_{\text{осн}} \cdot c}{W} \leq k_1 k_2 \sigma_b,$$

где  $W = \frac{\pi}{32D}(D^4 - d^4)$  – осевой момент сопротивления сечения 1,  $D$  и  $d$  – внешний и внутренний диаметры кольцевого сечения соответственно.

Максимальные нормальные напряжения в точке амортизатора наблюдаются в сечении 2 на наружной поверхности от изгиба и сжатия

$$\sigma_{\max} = \pm \frac{M_{\text{из max}}}{W} - \frac{N}{F} = \pm \frac{\sqrt{(R_x \cdot u)^2 + (R_y \cdot c)^2}}{W} - \frac{R_y}{F} \leq k_1 k_2 \sigma_b,$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения штока.

Максимальные нормальные напряжения в цилиндре амортизатора наблюдаются в сечениях 4 или 5 на наружной поверхности от изгиба и сжатия. Например, в сечении 5

$$\sigma_{\max} = \pm \frac{M_{\text{из max}}}{W} - \frac{N}{F} = \pm \frac{\sqrt{(R_x \cdot (u + v))^2 + (R_y \cdot c)^2}}{W} - \frac{R_y}{F}.$$

К ним необходимо добавить нормальные растягивающие напряжения от избыточного давления внутри цилиндра амортизатора.

Максимальные касательные напряжения в цилиндре амортизатора наблюдаются на его наружной поверхности

$$\tau_{\max} = \frac{M_{\kappa p}}{W_p} = \frac{R_x c}{W_p},$$

где  $W = \frac{\pi}{32D}(D^4 - d^4)$  – полярный момент сопротивления сечения.

Общую оценку прочности проводят по третьей теории прочности

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma_{\max}^2 + 4\tau_{\max}^2} \leq \kappa_1 \kappa_2 \sigma_b.$$

					1306.5581026.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата		12

### 3 Расчет шасси балочного типа с рычажной подвеской колеса

Рассмотрим расчёт основной опоры шасси с рычажной подвеской колеса и вынесенным амортизатором, например, в случае нагружения  $E_{ц}$ . В отличие от предыдущей схемы здесь амортизатор работает только на сжатие (Рисунок 6). Реакцию ВПП  $R_{осн}$  удобно раскладывать по осям  $x$  и  $y$ , связанным со стойкой, а также по осям  $x_1$  и  $y_1$ , связанным с рычагом. Из уравнения моментов относительно оси 3 определяют сжимающее усилие в амортизаторе  $S_{ам}$ .

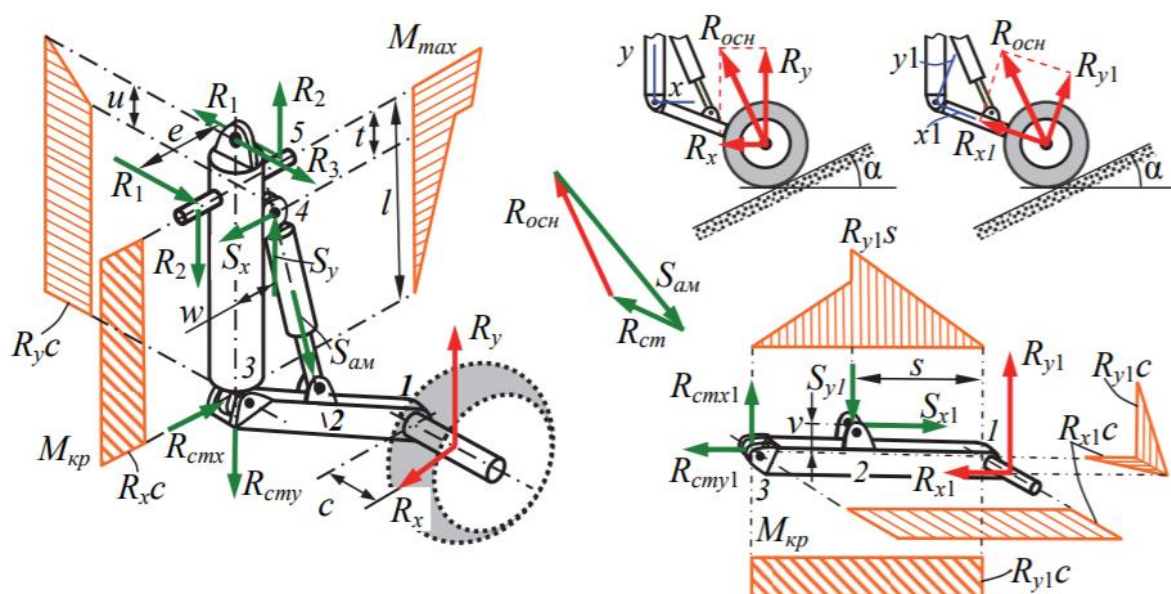


Рисунок 6 – Эпюры моментов для шасси с рычажной подвеской колеса

Зная  $R_{осн}$  и  $S_{ам}$ , из силового треугольника находят реакцию стойки  $R_{ст}$ . После этого, последовательно рассматривая полуось, рычаг и стойку, строят эпюры моментов. Так, в сечении 5 стойки в плоскости  $xu$

$$M_{\max} = R_{cm}l + S_v w - S_x t.$$

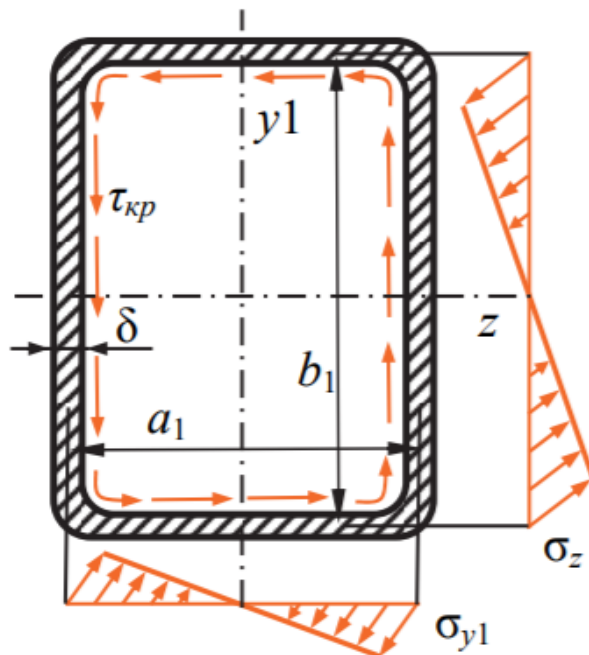


Рисунок 7 – Поперечное сечение рычага

Обычно рычаг представляет собой коробчатый тонкостенный стержень прямоугольного поперечного сечения (Рисунок 7). Максимальные нормальные напряжения возникают по углам сечения 2

$$\sigma_{\max} = \frac{R_{y1}s}{W_z} + \frac{R_{x1}c}{W_{y1}} + \frac{R_{x1}}{2(a_1 + b_1) \cdot \delta}.$$

Касательные напряжения от кручения:

$$\tau_{кр} = \frac{R_{y1}c}{2a_1b_1\delta}.$$

Для общей оценки прочности используют третью теорию прочности.

#### 4 Подбор колёс для основных и носовой опор шасси

Конструкция и номенклатура авиаколёс являются стандартными, все данные по ним содержатся в каталогах авиаколёс. Авиационное колесо состоит из авиационной пневматики, барабана и тормоза. Колёса носовых, хвостовых и подкрыльных опор обычно не имеют тормозов. Прочность колёс, их надёжность и ресурс проверяются испытаниями на заводе-изготовителе.

Стойная нагрузка на колесо основной опоры при взлете ЛА

$$P_{к.ст.взл} = \frac{G_0}{n \cdot i} \cdot \frac{a}{a+b},$$

где  $n$  – количество основных опор шасси;  $i$  – количество колёс на каждой из основных опор;  $a$  – расстояние от передней опоры до ц.м. ЛА (Рисунок 7);  $a + b$  – база шасси.

Стойная нагрузка на колесо основной опоры при посадке ЛА

$$P_{к.ст.нос} = \frac{G_{нос}}{n \cdot i} \cdot \frac{a}{a+b}.$$

При подборе колёс для основных опор необходимо выполнить следующие четыре условия:

$$\begin{cases} P_{к.ст.взл} \leq P_{к.ст.взл.кат}; \\ P_{к.ст.нос} \leq P_{к.ст.нос.кат}; \\ V_{отр} \leq V_{отр.кат}; \\ V_{нос} \leq V_{нос.кат}. \end{cases}$$

Здесь в правой части неравенств указаны значения характеристик колеса по каталогу;  $V_{отр}$  и  $V_{нос}$  – соответственно скорость отрыва и посадочная скорость исследуемого ЛА.

Если для выбранного колеса  $P_{к.ст.взл}$  существенно меньше  $P_{к.ст.взл.кат}$ , то для сохранения стойкого обжатия, указанного в каталоге, необходимо уменьшить давление в пневматике  $p_0$  до величины:

$$p_0 = p_{0\text{кат}} \frac{P_{к.ст.взл}}{P_{к.ст.взл.кат}}.$$

Для полученного  $p_0$  корректируются каталожные значения максимальной допустимой ударной нагрузки  $P_{мд}$  и соответствующее ей значение работы пневматика  $A_{мд}$ :

$$P_{мд} = P_{мб\ кат} \frac{P_0}{P_{0кат}};$$

$$A_{мд} = A_{мб\ кат} \frac{P_0}{P_{0кат}}.$$

Тормоза авиаколёс воспринимают и рассеивают значительную часть кинетической энергии при после посадочном пробеге ЛА по ВПП. Они также используются при опробовании двигателей, на стоянке с уклоном, при маневрировании на земле, для достижения максимального ускорения ЛА в момент старта.

В каталоге авиаколёс задают величину максимального тормозного момента  $M_{т.кат}$  максимальную энергоёмкость тормозов  $A_{т.кат}$ .

При проверке тормоза колеса на энергоёмкость должно выполняться условие:

$$A_{т.кол} \leq A_{т.кат},$$

где  $A_{т.кол} = \frac{k_m P_{к.ст.пос} V_{пос}^2}{2g}$  – энергия, которую необходимо поглотить тормозу колеса при пробеге. Здесь  $k_m$  - коэффициент, учитывающий долю кинетической энергии ЛА, поглощаемую при его пробеге только тормозами колес.

Проверка тормоза колеса по тормозному моменту проводится для трёх случаев:

- 1) реализации предельного коэффициента трения (сцепления) авиашины с поверхностью ВПП;
- 2) предотвращения проворачивания заторможенных колёс при работе всех двигателей на взлётном режиме;
- 3) удержания ЛА на стоянке с максимальным уклоном  $tg \nu = 0,1 G_0 R \cdot tg \nu \leq n i M_{т.кат}$ .

Стояночная нагрузка на колесо передней опоры при взлете ЛА

					1306.5581026.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата		16



$$P_{к.ст.взл} = \frac{G_0}{i} \cdot \frac{b}{a+b},$$

где  $i$  – количество колёс на передней опоре.

Динамическая нагрузка на колесо передней опоры при посадке ЛА

$$P_{к.дин} = \frac{G_{нос}}{i} \cdot \left( \frac{b}{a+b} + \frac{a_z}{g} \cdot \frac{h}{a+b} \right) \cdot \frac{b}{a+b},$$

где  $a_z$  – горизонтальное замедление при торможении ЛА.

При подборе колёс для носовой опоры также необходимо выполнить следующие четыре условия:

$$\begin{cases} P_{к.ст.взл} \leq P_{к.ст.взл.кат}; \\ P_{к.дин} \leq P_{к.дин.кат}; \\ V_{отр} \leq V_{отр.кат}; \\ V_{нос} \leq V_{нос.кат}. \end{cases}$$

Если для выбранного колеса  $P_{к.дин}$  существенно меньше  $P_{к.дин.кат}$ , то для сохранения стояночного обжатия, указанного в каталоге, необходимо уменьшить давление в пневматике  $p_0$  до величины:

$$p_0 = p_{0\text{ кат}} \frac{P_{к.дин}}{P_{к.дин.кат}}.$$

Для полученного  $p_0$  корректируются каталожные значения максимальной допустимой ударной нагрузки  $P_{мд}$  и соответствующее ей значение работы пневматика  $A_{мд}$ .

## 5 Проектировочный расчёт амортизатора основной опоры шасси

Максимальная энергия, приходящаяся на амортизатор,

$$A_{ам}^{max} = A^{max} - n \cdot i \cdot A_{n.o.},$$

где  $A_{n.o.} \approx 1,1 A_{м0}$  – энергия, воспринимаемая пневматиком при его полном обжатии.

Максимальный ход амортизатора при восприятии им энергии  $A_{ам}^{max}$  определим по формуле:

$$s_{max} = \frac{A_{ам}^{max}}{P_{ам}^{max} \eta},$$

где  $\eta = 0,65 \dots 0,75$  – коэффициент полноты диаграммы обжатия газожидкостного амортизатора;  $P_{ам}^{max}$  – сила сопротивления амортизатора при восприятии им энергии  $A_{ам}^{max}$ .

Для основных опор шасси

$$P_{ам}^{max} = i \cdot P_{к.ст.нос} \cdot n^{max} \cdot \psi_{s_{max}},$$

где  $\psi_{s_{max}}$  – передаточный коэффициент при  $s_{max}$ .

Затем определяем площадь газового поршня амортизатора:

$$F_z = \frac{P_{ам0}(1 - \chi)}{p_{z0}},$$

где  $p_{z0}$  – давление зарядки амортизатора;  $\chi$  – коэффициент, учитывающий сопротивление трения в уплотнениях и в направляющих буксах амортизатора ( $\chi = 0,2$ , если амортизатор загружен изгибом, в противном случае  $\chi = 0,1$ );  $P_{ам0}$  – усилие предварительной затяжки амортизатора.

Для основных опор шасси

$$P_{ам0} = n_0 i \cdot P_{к.ст.нос} \psi_0,$$

где  $\psi_0$  – передаточный коэффициент при  $s=0$ ;  $n_0$  – коэффициент предварительной затяжки амортизатора. От величины  $n_0$  зависят жёсткость амортизатора и величина объёма его газовой камеры. Для опор шасси с непосредственным креплением колёс или тележки к амортизатору  $n_0 = 0,4 \dots 0,7$ ; для опор шасси с рычажной подвеской колёс  $n_0 = 0,7 \dots 1,0$ .

Процесс обжатия амортизатора описывается уравнением политропы:

$$p \cdot v^n = const.$$

В расчётах газо-жидкостной амортизации показатель политропы  $n = 1,2$ .

Из последнего уравнения можно определить начальный объём газовой камеры

$$v_0 = \frac{F s_{\max}}{1 - \left( \frac{n_0 \cdot \psi_0}{n^{\max} \cdot \psi_{s \max}} \right)^{\frac{1}{n}}}.$$

## Заключение

В данной лабораторной работе произведено ознакомление с порядком расчета шасси на прочность и жесткость.

Было проанализировано, как шасси воспринимает нагрузки, действующие на ЛА при его приземлении и движении по земле, а также за короткое время целиком поглощает энергию посадочного удара ЛА, которая переходит в работу совместного обжатия амортизаторов и пневматиков колёс.

					1306.5581026.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата		20

## Список литературы

1. Чепурных И.В. Прочность конструкций летательных аппаратов: учеб. пособие – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2013. – 137 с. (с. 95 – с. 106).

					1306.5581026.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата		21