



Структурный синтез нового пространственного механизма RS_fSR шасси самолётов

Джавад Самедзаде

Магистр по специальности инженер-пилот,

E-mail: jsamadzade@azal.az

Аннотация

Система опор, именуемых шасси, служит для обеспечения передвижения самолёта по аэродрому на этапах руления, взлёта, посадки, стоянки, а так же для смягчения, поглощения и рассеивания энергии ударов и нагрузок, возникающих на данных этапах. Сегодня подавляющее большинство воздушных судов гражданской и военной авиации снабжено убирающимися шасси. Данный элемент конструкции занимает от трех до шести, а иногда и до десяти процентов всего веса самолёта. Это обусловлено тем, что шасси является одним из немногих недублированных и высоконагруженных элементов самолета. Целью данной работы является разработка схемы шасси с меньшим числом звеньев в кинематических цепях при использовании многоподвижных кинематических пар, которое послужит уменьшению веса шасси. В статье представлен структурный синтез нового пространственного механизма RS_fSR с использованием новых структурных формул, основанных на теории винтов.

Ключевые слова: Самолёт, шасси, механизм, синтез, формулы Р.И.Ализаде.

1. Введение

Разработка и внедрение механизмов шасси самолётов в эксплуатацию является трудоёмким процессом, включающим работу по нескольким дисциплинам, в том числе и по теории механизмов и машин. Процесс разработки хорошо описан в книге Конвея [1], Кёррея [2] и Ниу [3].

Ниже представлены основные понятия, связанные с данным объектом исследования.

Опорой самолёта называется устройство, воспринимающее нагрузки и удары при посадке, передвижении и стоянке на земле, палубе корабля или воде. Шасси самолёта - совокупность опор, необходимая для выполнения данных манёвров на предназначенной поверхности. Данная система бывает разных видов и в зависимости от этого включает в себя следующие составляющие:

Основные опоры - стойки с колёсами, лыжами, поплавками и другими видами шасси, размещённые вблизи центра тяжести самолёта и принимающие большую часть нагрузок;

Передняя опора – стойка с колёсами, лыжами и другими видами шасси, размещённая в носовой части фюзеляжа;

Подкрыльные опоры - стойки с колёсами, лыжами, поплавками и другими видами шасси, размещённые на консоли крыла самолёта;

Хвостовая опора - колесо, «костыль» или лыжа, размещённая в хвостовой части фюзеляжа.

Шасси бывают трёхопорного, многоопорного и велосипедного расположения. Трёхопорные, в свою очередь бывают с передней и хвостовой опорой. Большинство самолётов сегодня оснащены трёхопорным видом шасси в основном с передней направляющей опорой.

Так же различаются лыжные, гусеничные, поплавковые, колёсные виды шасси [4 – 6].

Система может быть убирающейся или неубирающейся. Большинство шасси сегодня являются убирающимися из-за высоких скоростей полётов.

Основными частями шасси самолёта являются:

Стойка – часть опоры самолёта, являющаяся основным силовым элементом опоры;

Подкос стойки – часть опоры, предназначенная для принятия большей части продольных и поперечных нагрузок на себя. В основном является складывающимся элементом при уборке шасси;

Механизм ориентации стойки – часть шасси, предназначенная для ориентации или разворота стойки при её уборке и выпуске;

Раскос стойки – стержень, расположенный по диагонали шарнирного многоугольника, образованного стойкой и подкосом стойки шасси и обеспечивающий геометрическую неизменяемость этого многоугольника;

Замок выпущенного положения – замок подкоса стойки шасси самолёта, обеспечивающий фиксацию стойки шасси в выпущенном положении;

Замок убранного положения – замок подкоса стойки,

обеспечивающий фиксацию стойки шасси в убранным положении;
Тележка стойки – часть шасси самолета, состоящая из рамы и колёс.

2. Структурный анализ пространственного механизма шасси самолёта Boeing 757-200 с использованием новых формул Р.И.Ализаде

Современные самолёты используют пространственные механизмы для выпуска уборки шасси. Преимущество этих механизмов заключается в обеспечении минимального числа контуров. Рассмотрим задачу структурного анализа механизма выпуска-уборки самолёта Boeing 757-200 (Рис. 2.1)

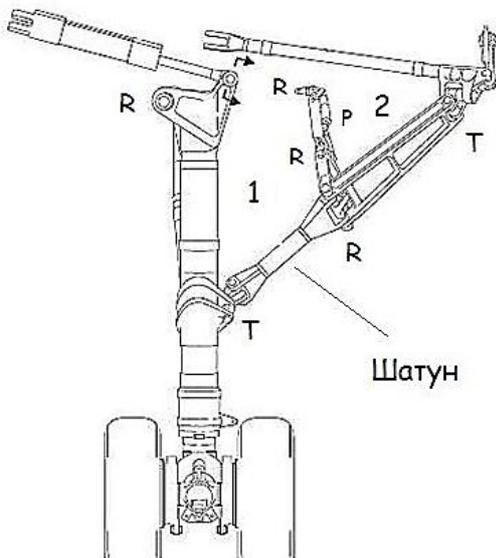


Рисунок 2.1. Шасси самолёта Boeing 757

Пространственный механизм данного шасси имеет следующую структуру: R-T-R (-R-P-R)-T. Шатун первого контура представляет собой платформу, который имеет три опорные кинематические цепи. Первая опорная цепь состоит из кинематической цепи TR, вторая стоит из RT, третья – RRPR. Необходимо просчитать число моторов рассматриваемого механизма [7], а также положение и ориентацию платформы. Используя новую структурную формулу Р.И. Ализаде [8,9] для рассматриваемого механизма можем записать, при условии $j_h = 0$ и $L_b = 0$:

$$M = \lambda + \sum_{l=1}^{c_l} \left(\sum_{f=1}^{\lambda-1} f p_f - \lambda_l \right) =$$

$$\begin{aligned} &= (P_1 + 2P_2 - 6) + (P_1 + 2P_2 - 6) + (P_1 - 3) = \\ &= 6 + (1 + 2 * 1 - 6) + (1 + 2 * 1 - 6) + (4 - 3) = \\ &= 6 + (-3) + (-3) + 1 = 1, \end{aligned}$$

где

M – степень свободы механизма (число моторов)

j_h – связующие шарниры платформ;

L_b – контуры ветвей;

l – опорные кинематические цепи ;

λ_l – число независимых скалярных уравнений опорных кинематических цепей;

p_f – число шарниров с подвижностью f ;

f – степень свободы шарниров относительного движения звеньев ;

Таким образом, число входных параметров для этой системы $M=1$.

Далее определим положение и ориентацию платформы данного механизма с теми же условиями: $j_h = 0$ и $L_b = 0$. Движение платформы определится следующим образом:

$$m = \lambda + c_l + \sum_{l=1}^{c_l} (d_l - D) =$$

$$= 6 + 3 + (2 - 3) + (2 - 3) + (2 - 3) = 6$$

где c_l – число опорных кинематических цепей;

d_l – количество размерных векторов опорных кинематических цепей в Евклидовых плоскостях;

D – количество размерности векторов в системе отсчёта.

Таким образом, мы можем утверждать, что платформа (шатун) шасси совершает в пространстве следующие движения: RRRPPP [10].

3. Структурный синтез пространственного механизма RS_fSR

Рассмотрим вторую задачу структурного синтеза нового предложенного механизма шасси. С этой целью рассмотрим пространственный механизм вида RS_fSR. Кинематическая схема показана на рисунке 2.2

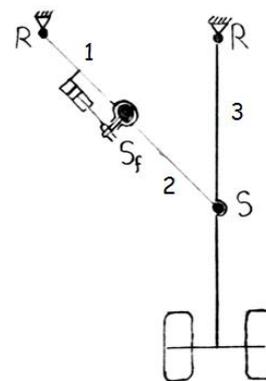


Рисунок 2.2. Кинематическая схема нового механизма шасси

Системы шасси определены на опорной



кинематической цепи (RS). Шатун 2 считается платформой, которая имеет 2 опорные кинематические цепи. Первая цепь – RS_f , вторая – RS. Входным звеном является опорная кинематическая цепь RS_f . Здесь S_f – шаровая кинематическая пара с пальцем, которая имеет два вращательных движения одного звена относительно другого. Первое вращение происходит вокруг оси пальца шарнира, второе вращение происходит вокруг перпендикуляра к плоскости прорези шаровой пары. По формуле Р.И. Ализاده [8, 9] определим число моторов рассматриваемого механизма ($j_h=0, L_b=0$)

$$M = \lambda + \sum_{l=1}^{c_l} \left(\sum_{f=1}^{\lambda-1} f p_f - \lambda_l \right) = \\ = 6 + (1 + 2 * 1 - 6) + (1 + 3 * 1 - 6) = \\ = 6 + (-3) + (-2) = 1$$

Положение и ориентация платформы определяется согласно второй формуле с теми же условиями ($j_h=0, L_b=0$):

$$m = \lambda + c_l + \sum_{l=1}^{c_l} (d_l - D) = 6 + 2 + (2 - 3) + (2 - 3) = 6$$

Таким образом, платформа механизма имеет три вращательных и три поступательных движения $RRRР_xР_yР_z$.

Во многих современных самолётах после выпуска шасси приходит в действие замок выпущенного положения, которое выводит из мёртвого положения замкнутый контур механизма, придавая угол давления в ведомой кинематической паре меньше 70 градусов. Известно, что если в замкнутом контуре подвижность $M=0$, то мы получаем неподвижную систему. В этом механизме предлагается новый метод для получения контура неподвижной системы. Для этой цели, на ведущем звене 1 (рис 2.2) жёстко насаживается привод, шток которого фиксирует палец двухподвижного звена S_f , превращая её в одноподвижную вращательную пару. Таким образом, мы получаем неподвижный замкнутый контур RRSR. Такой метод играет роль функции замка выпущенного положения. Рассмотрим степень свободы контура RRSR по другой формуле Р.И.Ализاده [8, 9]:

$$M = \sum_{i=1}^j f_i - \sum_{k=1}^L \lambda_k = 6 - 6 = 0.$$

Получается структурная группа, степень свободы которой равна нулю.

Заключение

В ходе исследования было выявлено, что структурные схемы современных самолётов остаются почти неизменными в течении долгих лет и прогресса именно в этой сфере разработки шасси наблюдается мало. Так же, были встречены трудности в структурном анализе механизмов с различными подвижностями контуров.

Как следствие выше изложенного была предложена новая структурная схема механизма уборки-выпуска шасси вида RS_fSR с меньшим числом звеньев, а в перспективе весом, что внесёт свой вклад в улучшение таких лётно-технических характеристик как грузоподъёмность, пассажировместимость или дальность полёта. Так же были предложены новые формулы для структурного анализа механизмов с различными избыточными связями на основе теории винтов.

Литература

1. Conway, H.G., Landing Gear Design, Chapman and Hall, London, (1958).
2. Currey N.S., Aircraft Landing Gear Design: Principles and Practices, Washington D.C, (1988)
3. Niu, M. C. Y., Airframe Structural Design, Conmilit Press, Hong Kong, (1988)
4. В.Н.Зайцев, Г.Н.Ночевкин, В.Л.Рудаков, Ж.С.Черненко. Конструкция и прочность самолётов, Киев, (1974), с 295 – 300; 364 – 368.
5. О.А.Гребеньков. Конструкция самолётов, Москва, (1985), с 187 – 200; 227- 230.
6. ГОСТ. Шасси самолётов и вертолётв. Термины и определения, Москва, (1976)
7. О.Н.Левитский, Н.И.Левитская. Курс теории механизмов и машин, Москва, (1985), с 5 – 56
8. R.I.Alizade, F. C. Can, E. Gezgin, Structural synthesis of Euclidean platform robot manipulators with variable general constraints, IFToMM J. Mech. Mach. Theory 43 (2008) 1431-1449.
9. Rasim Alizade, Cagdas Bayram, Erkin Gezgin, Structural Synthesis of serial platform manipulators, IFToMM J., Mechanism and Machine Theory 42 (2007) 580-599.
10. Boeing. Company Maintenance Manual, Boeing 757 Main Gear Buildup 32-11-23, 32-11-26, Seattle, Washington, USA, (2016).