

Разработка динамической модели стойки шасси самолета



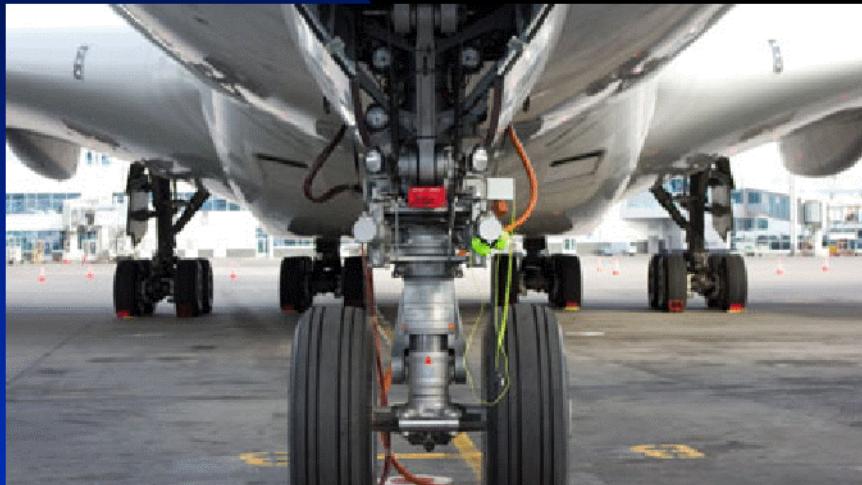
Выполнил: студент Тунцев В.Е.

Руководитель: к.т.н., доц. Ноздрин М.А.

Цель проекта

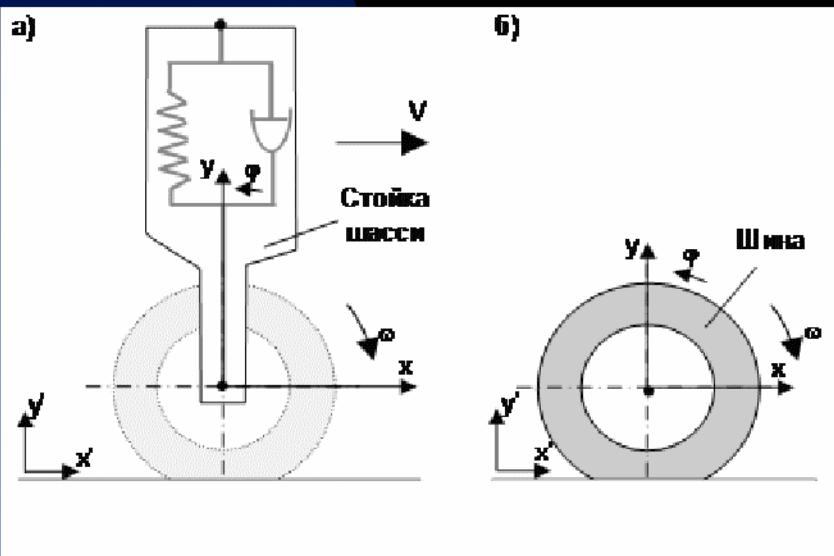
- Разработка динамической модели шасси самолета с учетом контактного взаимодействия шины с аэродромным покрытием с момента первоначального касания
- Изучение влияния частоты работы системы ABS, скорости самолета, жесткостных и демпферных свойств стойки шасси на износ авиационных шин и аэродромных покрытий

Шасси самолета



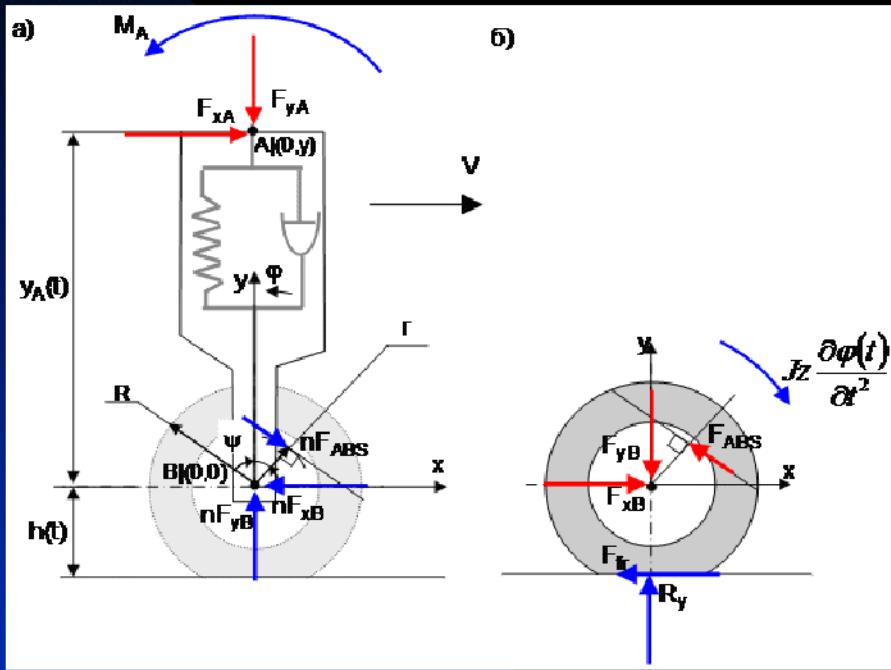
- Шасси летательного аппарата — система опор летательного аппарата, обеспечивающая его стоянку, передвижение по аэродрому или воде при взлёте, посадке и рулении.
- Основные элементы:
 - ◆ амортизационные стойки
 - ◆ колёса
 - ◆ система раскосов, тяг и шарниров

Постановка задачи



- задача движения шасси самолета с учетом контактного взаимодействия авиационной шины с аэродромным покрытием, определенной шероховатости
- учтено влияние жесткости и демпфирования стойки шасси самолета, инерционной нагрузки массы самолета, силы трения и воздействие системы ABS

Математическая модель



Усилия, действующие на расчетные модели (а) – на стойку шасси, (б) – на колесо с шиной)

- Система силовых уравнений для стойки шасси:

$$\begin{cases} F_{xA} + n \cdot F_{ABS}(t) \cdot \cos(\psi) - n \cdot F_{xB} = 0 \\ -F_{yA} + n \cdot F_{yB} - n \cdot F_{ABS}(t) \cdot \sin(\psi) = 0 \\ -r \cdot n \cdot F_{ABS}(t) - F_{xA} \cdot y_A(t) + M_A = 0 \end{cases}$$

- Система силовых уравнений для колеса с шиной

$$\begin{cases} F_{xB} - F_{fr} - F_{ABS}(t) \cdot \cos(\psi) = 0 \\ R_y - F_{yB} + F_{ABS}(t) \cdot \sin(\psi) = 0 \\ F_{ABS}(t) \cdot r - F_{fr} \cdot h(t) - J_z \frac{\partial^2 \varphi(t)}{\partial t^2} = 0 \end{cases}$$

Математическая модель

- Для описания вертикального и горизонтального воздействий аэродромного покрытия на шину используются функции:

$$Ry = P \left(R - h(t), V - \frac{\partial \varphi(t)}{\partial t} h(t) \right) F_{fr} = \eta \left(R - h(t), V - \frac{\partial \varphi(t)}{\partial t} h(t) \right)$$

- Сделав необходимые подстановки и выразив неизвестные значения сил, получим систему из трех, взаимозависимых, дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} k \cdot \left(M \cdot g - Y(V^2) - M \frac{\partial^2(y_A(t) + h(t))}{\partial t^2} \right) - c(y_{A(t=0)} - y_A(t)) + \lambda \left(\frac{\partial(y_A(t))}{\partial t} \right) = 0 \\ F_{ABS}(t) \cdot r - \eta \left(R - h(t), V - \frac{\partial \varphi(t)}{\partial t} h(t) \right) \cdot h(t) - J_z \frac{\partial^2 \varphi(t)}{\partial t^2} = 0 \\ n \cdot P \left(R - h(t), V - \frac{\partial \varphi(t)}{\partial t} h(t) \right) - c(y_{A(t=0)} - y_A(t)) + \lambda \left(\frac{\partial(y_A(t))}{\partial t} \right) = 0 \end{cases}$$

Численное решение

- Для решения системы трех дифференциальных уравнений используется метод Ньютона. Это итерационный численный метод нахождения корня (нуля) заданной функции. Поиск решения осуществляется путём построения последовательных приближений и основан на принципах простой итерации.

Реализация решения

- Для реализации решения используется программное обеспечение **Visual Basic for Applications** для программы MS Excel.

The screenshot shows the Microsoft Visual Basic for Applications (VBA) editor interface. The title bar reads "Microsoft Visual Basic - prjname.xls - [Module1] [Code]". The menu bar includes File, Edit, View, Insert, Format, Debug, Run, Tools, Add-ins, Window, Help. The toolbar has icons for New, Open, Save, Print, Run, Stop, Break, and others. The left pane shows the Project Explorer with a single project named "prjname.xls" containing a "Module1" module. The right pane displays the code for "Module1".

```
Option Explicit

Sub Neu()
    Dim Neu()
    Dim x(0 To 200000, 0 To 2) As Single
    Dim deltax(0 To 200000) As Single
    'Dim t(0 To 200000, 0 To 2) As Single
    Dim zt As Double
    Dim tt As Single
    Dim real deltaxxx, t, h, h1, h, deltax, t0, t1, L, z, v, w, x, i, dx, zt, tay, E, m, delta, deltaxv, v0, v1, x0, x1, dvdx As Single
    x(0, 0) = Worksheets("Input").Cells(2, 4)
    x(0, 1) = Worksheets("Input").Cells(3, 4)
    'z(0, 0) = Worksheets("Input").Cells(11, 4)
    m = Worksheets("Input").Cells(4, 4)
    k = Worksheets("Input").Cells(5, 4)
    w = Worksheets("Input").Cells(10, 4)
    v0 = Worksheets("Input").Cells(6, 4)
    v1 = Worksheets("Input").Cells(7, 4)
    tay = Worksheets("Input").Cells(10, 4)
    dx = Worksheets("Input").Cells(11, 4)
    E = Worksheets("Input").Cells(12, 4)

    For t = 0 To Round(tay / dx, 0) Step 0.1
        deltax = 0.001
        t0 = t
        t1 = t + deltax
        dvdt = v(v0, w, dx) - v(v0, w, 0)
        deltaxx(t) = 0.1
        'For i = 1 To 5
        x0 = x(t, 0)
        x1 = x(t, 0) + deltaxx(t)
        tt = t(m, r, x1, dvdt)
        ttt = (t(m, r, x1, dvdt) - t(m, r, x0, dvdt)) / deltaxx(t)
        dx = (1 / ttt) * dt
        'deltaxxx = deltaxx(t)
        deltaxx(t) = deltaxx(t) + dx
        delta = deltaxx(t) - dx
        'NEXT i
        x(t, 0) = x(t, 0) + deltaxx(t)
        x(t, 1) = (x(t, 0) - x0) / tay
    Next t

    For i = 0 To Round(tt / dx, 0)
        Worksheets("Output").Cells(i, 1) = "tay"
        Worksheets("Output").Cells(i, 2) = "x"
        Worksheets("Output").Cells(i + 2, 1) = x(t, 0)
        Worksheets("Output").Cells(i + 2, 2) = tay * i
    Next i

    Worksheets("Output").Cells(2, 0) = x(t, 0)
    Worksheets("Output").Cells(2, 1) = dvdt
End Sub
Public Function fu(m, k, x1, dvdt)
    fu = m * dvdt - k * x1
    i = 1
End Function
```