

Кожунов Артём Денисович, бакалавр

(*akokk777@gmail.com*)

Фаизов Марат Рауфович, магистр-ассистент-аспирант

(*faizovmarat92@gmail.com*)

Казанский национальный исследовательский технический университет им.

А.Н. Туполева – КАИ, г.Казань, Россия

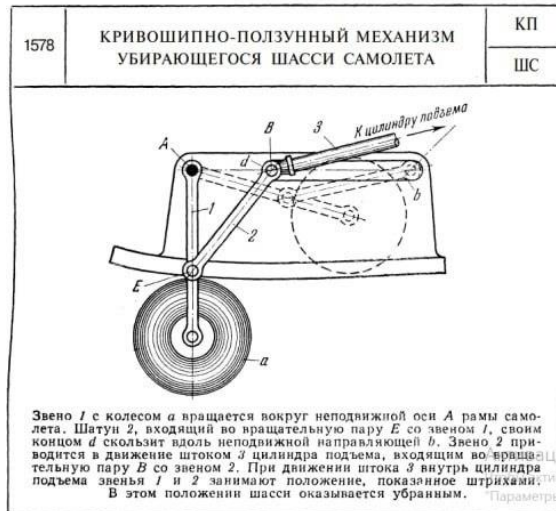
ИССЛЕДОВАНИЕ КРИВОШИПНО-ПОЛЗУННОГО МЕХАНИЗМА УБОРКИ ШАССИ САМОЛЁТА

Уборка и выпуск шасси — это примеры материальных систем, состоящих из нескольких звеньев, соединенных кинематическими парами. В рамках курса теоретической механики такую систему можно рассматривать как динамическую систему с одной степенью свободы. Изучение её кинематики и силового взаимодействия требуется для понимания законов движения и нагруженности звеньев.

В этой работе кривошипно-ползунный механизм уборки шасси самолёта рассматривается как материальная система. Были построены уравнения положения, скоростей и ускорений, определены зависимости угла поворота стойки от длины штока цилиндра, а также рассчитаны величины усилий и реакций в шарнирах. Таким образом, данное исследование объединяет методы кинематики, статики и динамики механических систем.

Ключевые слова: кривошипно-ползунный механизм, шасси самолёта, кинематический анализ, уравнения движения, силовой анализ, виртуальная работа, долговечность, авиационные механизмы.

Постановка задачи



Исследуемая схема включает следующие звенья:

звено 1 - стойка шасси, вращающаяся вокруг оси **A**;

звено 2 - шатун, соединяющий стойку с ползуном **D**;

звено 3 - шток гидроцилиндра, соединённый со звеном 2 в точке **B**;

ползун D, перемещающийся вдоль направляющей **b**;

опора цилиндра G, фиксированная на фюзеляже.

Система имеет одну степень свободы и управляется изменением длины штока цилиндра L_3

Кинематический анализ

1. Геометрия и обозначения

$r_E = r_A + R(\theta) \cdot r_{AE}$ $r_D = r_P + s \cdot e_b$ $r_B = (1 - \lambda) \cdot r_E + \lambda \cdot r_D$ где θ — угол поворота стойки, s — координата ползуна вдоль направляющей, $\lambda = EB/ED$.

2. Уравнения положения

условие постоянства длины шатуна:

$$F^1 = (x_D - x_E)^2 + (y_D - y_E)^2 - L^2 = 0$$

условие длины штока цилиндра:

$$F^2 = (x_B - x_G)^2 + (y_B - y_G)^2 - L^3 = 0$$

Эти два уравнения позволяют при заданном L_3 определить угол θ и положение ползуна s .

3.

Уравнения

скоростей

Дифференцируя $F_1=0$ и $F_2=0$, получаем систему:

$$\begin{bmatrix} -(r_D - r_E)^T \cdot (\partial r_E / \partial \theta) & (r_D - r_E)^T \cdot e_b \\ (r_B - r_G)^T \cdot (1-\lambda) \cdot (\partial r_E / \partial \theta) & (r_B - r_G)^T \cdot \lambda \cdot e_b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\theta} \\ \dot{s} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ L_3 \cdot \dot{L}_3 \end{bmatrix}$$

Решение системы даёт угловую скорость стойки $\dot{\theta}$ и скорость ползуна \dot{s} при известной скорости вылета цилиндра L_3 .

4.

Уравнения

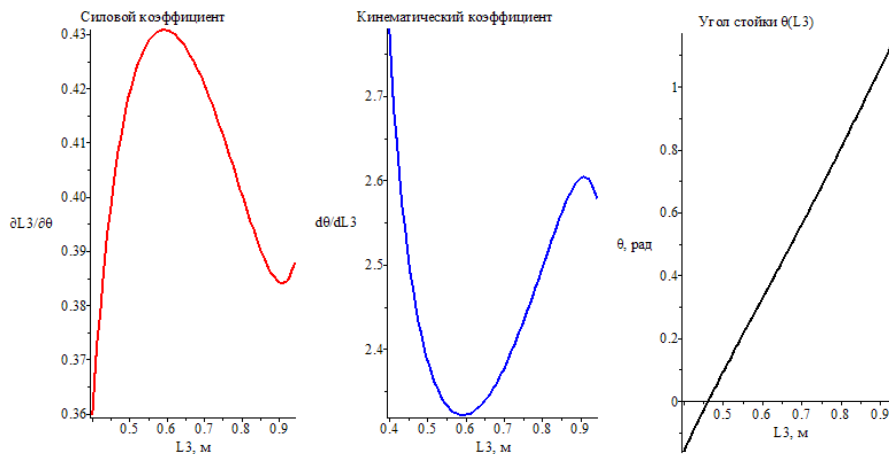
ускорений

При повторном дифференцировании учитываются вторые производные:

$$\ddot{r}_E = (\partial r_E / \partial \theta) \cdot \ddot{\theta} + (\partial^2 r_E / \partial \theta^2) \cdot \theta^2 \ddot{r}_D = e_b \cdot s \ddot{r}_B = (1 - \lambda) \cdot \ddot{r}_E + \lambda \cdot \ddot{r}_D$$

Итоговые уравнения позволяют определить угловое ускорение стойки $\ddot{\theta}$ и ускорение ползуна \ddot{s} при заданных L_3 .

Для оценки кинематических характеристик механизма построены графики зависимости угла поворота стойки, угловой скорости и кинематического коэффициента от изменения длины штока цилиндра L_3 с помощью программы maple17.



Силовой анализ

Для оценки усилий в цилиндре применим принцип виртуальной работы:

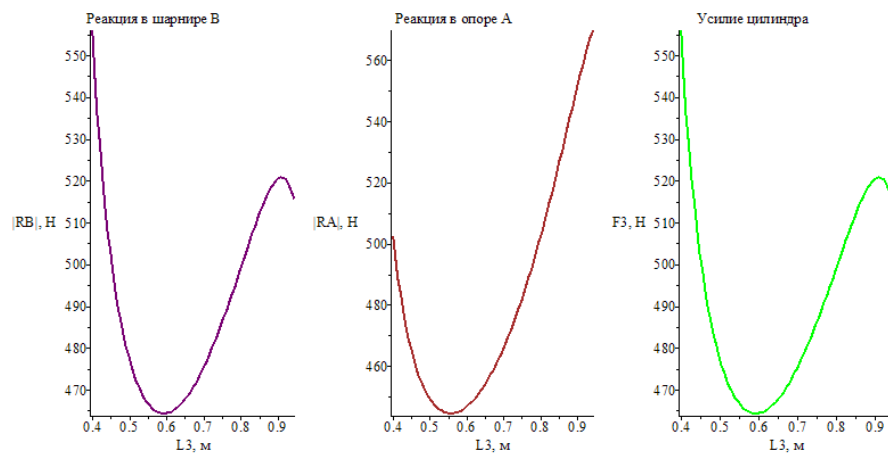
$$\delta W = F^3 \cdot \delta L^3 = Q_\theta \cdot \delta \theta$$

где F^3 - сила в штоке, Q_θ - приведённый момент внешних сил, действующих на стойку. Отсюда:

$$F^3 = Q_\theta / (\partial L^3 / \partial \theta)$$

Таким образом, силовой выигрыш механизма определяется кинематическим коэффициентом преобразования.

Для анализа силового взаимодействия механизма определена зависимость силы в гидроцилиндре, а также реакций в опорах от изменения длины штока цилиндра посмотрим графики в maple17 .



Расчет ресурса деталей

В изучаемом механизме есть детали, которые подвергаются циклическим нагрузкам: шарниры А, В, Е, направляющая ползуна, ухо штока. Для оценки их ресурса полезно применять методики вероятностного прогнозирования долговечности, которые описаны у Великанова П. Г. и соавторов:

Концепция вероятности в прогнозировании долговечности рабочих лопаток и дисков турбин может быть применена для деталей аналогичных механизмов.

Понятие компенсирующих нагрузок вполне возможно реализовать для моделирования деформаций крепления стойки.

Так что, сочетание традиционного кинематического анализа и вероятностных подходов современных методов может обеспечить комплексный прогноз работоспособности механизма.

Вывод

- Опущен в модели как механический предмет с одной степенью свободы — смотрелось в работе как постановка задачи динамика систем.
- Дано уравнение движения, рассмотрена зависимость скоростей и ускорений (был построен график по изменению скорости и ускорения через перемещение цилиндра).
- Силовой анализ реализован на основе виртуальной работы — получен график по силе в цилиндре и реакциям в опорах машины.

- Интересно, что изучение этой вещи может послужить примером для кризиса применения динамики материальных систем в авиационных исследованиях.
- Более точную модель динамики можно получить, учитывая массы звеньев и инерционные силы. Это направление может быть реализовано при дальнейшем развитии работы.

Список литературы

1. И. И. АРТОБОЛЕВСКИЙ МЕХАНИЗМЫ В СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКЕ В 7 ТОМАХ СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ, КОНСТРУКТОРОВ И ИЗОБРЕТАТЕЛЕЙ ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ.
2. Великанов Н. П., Протасова Н. А., Великанов П. Г. Прогнозирование долговечности рабочих лопаток турбины газогенератора наземной ГТУ для газо-перекачивающего агрегата на основе вероятностного подхода // Проблемы и перспективы развития двигателестроения: Сборник докладов Международной научно-технической конференции. В 2-х томах, Самара, 23–25 июня 2021 года. Том 2. – Самара: СНИУ им. С. П. Королева, 2021. – С. 355–357. – EDN CXSBKN.
3. Великанов П. Г. Метод компенсирующих нагрузок для решения задач нелинейного деформирования анизотропных пластин и пологих оболочек // Фундаментальные и прикладные задачи механики деформируемого твёрдого тела и прогрессивные технологии в металлургии и машиностроении: материалы VI Дальневосточной конференции с международным участием, Комсомольск-на-Амуре, 05–07 октября 2022 года. – Комсомольск-на-Амуре: КнАГУ, 2022. – С. 99–101. – EDN ZYBEYI.
4. Великанов, П. Г. Метод компенсирующих нагрузок для решения задач нелинейного деформирования анизотропных пластин и пологих оболочек // Фундаментальные и прикладные задачи механики деформируемого твердого тела. – Комсомольск-на-Амуре: КнАГУ, 2022. – С. 99-101. – EDN ZYBEYI.