

**Динамический метод контроля массы груза и массы летательного аппарата
вертикального взлета**

Научный руководитель – Егоров Алексей Васильевич

Фоминых Кристина Сергеевна

Студент (магистр)

Поволжский государственный технологический университет, Институт механики и
машиностроения, Йошкар-Ола, Россия

E-mail: KrisFominykh@mail.ru

Фоминых Кристина Сергеевна

Аспирант

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный

технологический университет», направление Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии, г.Йошкар-Ола, Россия

Email: KrisFominykh@mail.ru

Несмотря на достигнутый уровень развития методов и средств контроля массы летательных аппаратов количество аварийных ситуаций, связанных с превышением допустимой взлетной массы летательных аппаратов остается значительным. Поэтому сохраняет свою актуальность вопрос разработки новых методов контроля массы летательных аппаратов либо непосредственно перед взлетом в процессе движения по взлетно-посадочной полосе, либо сразу после взлета на минимальной высоте полета.

Современный уровень развития методов и средств контроля массы самолета определяется на основании данных динамики полета в режимах взлета, набора высоты или всех участков полета [1-5].

Однако, несмотря на достигнутые успехи, количество авиационных происшествий в мире, связанных с перегрузом или неправильным расположением грузов на борту летательных аппаратов, остается значительным.

Поэтому задача разработки новых и развития существующих методов и средств контроля массы летательных аппаратов, в том числе на основе оценки динамики их движения остается одной из приоритетных задач на пути повышения безопасности полетов.

С точки зрения минимизации последствий, которые могут возникнуть при полете перегруженного летательного аппарата вертикального взлета (далее аппарат), является контроль массы непосредственно отрывающегося от опорной поверхности аппарата или скрепленного с аппаратом груза.

Рассмотрим схему сил, действующих на взлетающий летательный аппарат вертикального взлета (рис.1).

Двигательно-винтовой комплекс сообщает при подъеме аппарата в вертикальной плоскости в заданном интервале высот некоторое ускорение. Обозначим через m массу аппарата с известной размещенной на его борту массой (например, максимальной взлетной массой), а через m_m обозначим некоторую неизвестную массу взлетающего вертолета. Тягу двигательно-винтового комплекса в заданном интервале высот при конкретной скорости подъема обозначим через (V) .

Пусть при конкретных параметрах внешней среды на конкретном режиме работы двигательно-винтового комплекса аппарата массой m при вертикальном взлете в заданном

интервале высот испытывает вертикальное ускорение $a(V)$. А при вертикальном взлете аппарат неизвестной массы m_m при тех же конкретных параметрах внешней среды на том же конкретном режиме работы двигательного-винтового комплекса в том же заданном интервале высот испытывает вертикальное ускорение $a_1(V)$.

Запишем при вертикальном взлете аппарата в заданном интервале высот на конкретном режиме работы двигательного-винтового комплекса уравнения движения аппарата массой m и m_m на основе проекции действующих сил на ось Oy :

$$F(V) = m(a(V) + g), \quad (1)$$

$$F(V) = m_m (a_1(V) + g) \quad (2)$$

где g - ускорение свободного падения.

Так как при вертикальном взлете в заданном интервале высот параметры внешней среды и режимы работы двигательного-винтового комплекса были одинаковыми, и, соответственно, тяга двигательного-винтового комплекса $F(V)$ развивалась каждый раз одна и та же.

Приравнявая (1) к (2), определяем неизвестную массу аппарата m_m :

$$m_m = m ((a(V) + g) / (a_1(V) + g)) \quad (3)$$

Предлагаемый динамический метод контроля массы вертолета позволит сигнализировать о превышении допустимой взлетной массы непосредственно при начале набора высоты вертолетом.

Вывод: путем введения в программу летных испытаний аппаратов измерение вертикального ускорения аппарата при взлете непосредственно после отрыва от опорной поверхности с максимальным взлетным весом при конкретных внешних и внутренних параметрах и контролируя в процессе эксплуатации вертикальное ускорение аппарата при взлете непосредственно после отрыва от опорной поверхности с неизвестной загрузкой при тех же конкретных внешних и внутренних параметрах можно осуществить контроль текущей массы аппарата непосредственно вначале взлета и в случае необходимости прервать взлет при минимальной набранной высоте полета.

Источники и литература

- 1) Aircraft initial mass estimation using Bayesian inference method. Sun J., Ellerbroek J., Hoekstra, J.M. Transportation Research Part C: Emerging Technologies. Volume 90, May 2018, Pages 59-73. DOI: 10.1016/j.trc.2018.02.022.
- 2) Learning the aircraft mass and thrust to improve the ground-based trajectory prediction of climbing flights. Alligier R., Gianazza D., Durand N. Transportation Research Part C: Emerging Technologies Volume 36, November 2013, Pages 45-60. DOI: 10.1016/j.trc.2013.08.006
- 3) Machine Learning and Mass Estimation Methods for Ground-Based Aircraft Climb Prediction. Alligier R., Gianazza D., Durand, N. IEEE Transactions on Intelligent Systems Volume 16, Issue 6, 1 December 2015, Номер статьи 7123640, Pages 3138-3149. DOI: 10.1109/TITS.2015.2437452.
- 4) Aircraft mass estimation using quick access recorder data. He F., Li L., Zhao W., Xiao G. AIAA/IEEE Digital Avionics Systems Conference - Proceedings Volume 2018-September, 7 December 2018, Номер статьи 8569866. DOI: 10.1109/DASC.2018.8569866.
- 5) Closed-form takeoff weight estimation model for air transportation simulation. Lee H.-T., Chatterji G.B. 10th AIAA Aviation Technology, Integration and Operations Conference 2010,ATIO 2010. Volume 2, 2010. DOI: 10.2514/6.2010-9156.

Иллюстрации

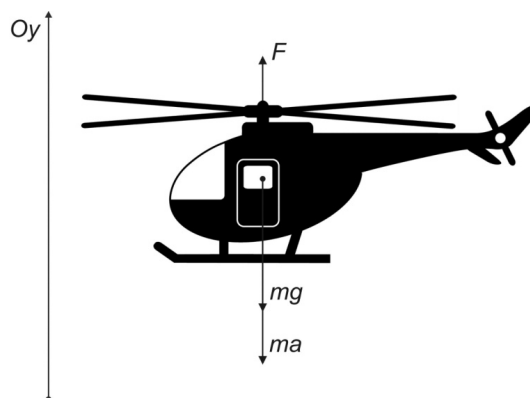


Рис. 1. Рис.1. Схема сил, действующих на взлетающий вертолет