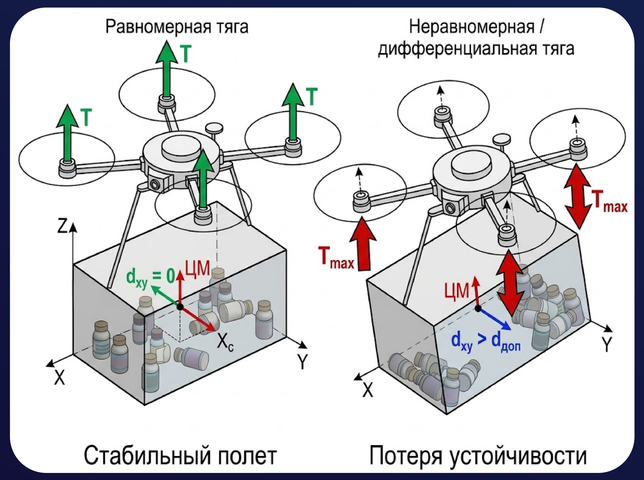
Критерий безопасности загрузки универсальной тары для беспилотной логистики

М.В. Паринов, А.П. Денисенко



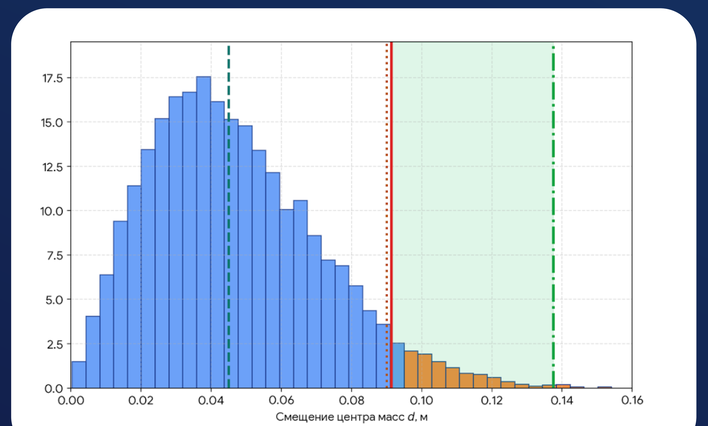
Снабжение скорой медицинской помощи с помощью мультироторных БПЛА требует оценки устойчивости полета при неравномерной загрузке товара навалом без перегородок.

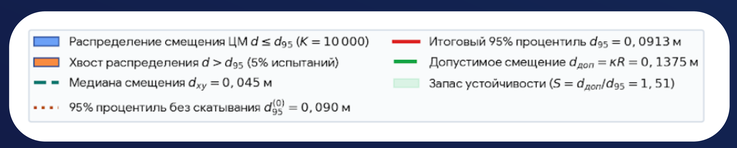
Размеры тары: 600x400x260 мм, масса пустой тары 1,5 кг, масса груза до 5,5 кг



Устойчивость БПЛА обеспечивается дифференциальной тягой моторов. Модель учитывает случайное распределение N товаров и смещение центра масс d_{xy}, а также вероятность скатывания активной подвижной фракции (бутылок с растворами) к стенке тары d_{clust}.
Моделирование проводится методом Монте-Карло для нахождения 95%-го процентиля смещения d_{95}
Коэффициент безопасности: $S = d / d_{95} \geq S_{min}$ (1,3-1,5).

Результаты моделирования методом Монте-Карло (K= 10000)





Параметры: N = 25 товаров, заполнение 50%, масса БПЛА = 18 кг, полная масса M = 22,25 кг, R = 0,55 м. итераций K = 10000. Результаты: медианное смещение d_{xy} = 0,045 м, 95% процентиль d_{95} = 0,0913 м. Полученный коэффициент безопасности S = 1,51 (условие S ≥ 1,3 выполняется).

Математический аппарат:

$$x_c = \frac{1}{M_{гр}} \sum_{i=1}^{N} m_i x_i \qquad y_c = \frac{1}{M_{гр}} \sum_{i=1}^{N} m_i y_i$$

$$d_{xy} = \sqrt{(x_c - x_0)^2 + (y_c - y_0)^2}$$

$$d_{доп} = \kappa R$$

$$M_m = w M_{гр} \qquad \eta = M_{гр} / M_{гр}^{max}$$

$$p_c = p_0(1 - 0{,}5\eta)$$

$$d_{clust} = \frac{M_m}{M} \cdot \frac{L_x}{2}$$

$$d = d_{xy} + \xi d_{clust}$$

$$d_{95} = d_{95}^{(0)} + p_c d_{clust}$$

$$S = \frac{d_{доп}}{d_{95}} \qquad S \geq S_{min}$$

Перевозка загруженных УСТ мультироторным допустима, однако при 50% загрузке коэффициент безопасности близок к пределу.

Основной вклад в смещение центра масс вносит неравномерное начальное распределение груза, а не подвижная фракция. Рекомендуется внедрение отсеков и алгоритмов равномерной роботизированной загрузки.

ВГТУ
ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

parmax@mail.ru ◆ univol1@yandex.ru