

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование, конструирование и расчет механизмов мостовых кранов: учебное пособие / В.П. Жегульский, О.А. Лукашук; под ред. Г. Г. Кожушко. – Екатеринбург: Урал, 2016 – 184 с.
2. Технодинамика. [Электронный ресурс]. – URL: <https://technodinamika.ru/> (дата обращения: 23.04.2023).
3. ГОСТ ИЕС 60034-1–2014. Машины электрические вращающиеся. Номинальные значения параметров и эксплуатационных характеристик.
4. Ледовский А.И. Электрические машины с высококоэрцитивными постоянными магнитами. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 168 с.

РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЕКТИРУЕМОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ТОРМОЖЕНИЯ САМОЛЁТА

Х.С. Юнусов

Томский политехнический университет

Научный руководитель: А.Г. Гарганеев, д.т.н., профессор ОЭЭ ИШЭ ТПУ

Разработка тормозной машины связана с определением исходных энергетических показателей электрической машины [1]. Важнейшими из этих показателей являются средняя величина тормозного момента, обеспечивающая остановку и длину пробега самолета. К числу исходных данных относятся также частота вращения вала шасси, время работы машины и средняя мощность за период посадки.

Горизонтальная составляющая кинетической энергии самолета определяется по формуле:

$$W = \frac{mv_0^2}{2}, \quad (1)$$

где m – масса самолета, идущего на посадку; v_0 – начальная скорость самолета при посадке.

Эта механическая энергия самолета при посадке, в конечном счете, необратимо преобразуется в тепловую энергию. Преобразования совершают тормозные устройства колес самолета для остановки его при посадке. Электрические машины в составе тормозных устройств работают в режиме генератора. Они преобразуют механическую энергию в электрическую, а затем в тепловую на внешних реостатах. При этом, ротор электрической машины создает тормозной момент на валу шасси самолета. В качестве тормозных устройств применяются также воздушные тормоза (закрылки, аэродинамические тормозные щитки), т. е. устройства увеличивающие парусность самолета. Существенный вклад в снижении посадочной скорости оказывает турбовинтовые двигатели, осуществляющие реверс в начальной фазе посадки. Однако основную долю горизонтальной составляющей кинетической энергии самолета W превращают в тепловую энергию и рассеивают в окружающем пространстве тормозные устройства колес. Вклад тормозных устройств в погашение кинетической энергии самолета по оценке специалистов составляет приблизительно 70 % [2].

Тормозной момент в устройствах создается электрическими машинами, выполняющих роль электромагнитного тормоза. Достоинствами таких тормозов является возможность изменения величины тормозного момента в широком диапазоне с помощью регулирования параметров схемы. Кроме того, принцип работы этих тормозов исключает возможность юза колес при посадке. Механическая энергия тормозов за период посадки самолета описывается формулой:

$$W_T = M_T \omega_{cp} \cdot t, \quad (2)$$

где M_T – суммарный тормозной момент тормозов; ω_{cp} – средняя угловая частота вращения колес за период торможения; t – время торможения (период посадки).

Условием завершения посадки является равенство горизонтальной кинетической энергии самолета и механической энергии тормозов:

$$W \cdot k_T = W_T, \quad (3)$$

где k_T – коэффициент, учитывающий гашение кинетической энергии тормозными устройствами колес.

Принимаем допущение: торможение самолета происходит равноускорено, т. е. на период посадки тормозные устройства обеспечивают одинаковую величину ускорения (замедления) и, приблизительно, одинаковый средний тормозной момент M_T . Это допущение не внесет значительных погрешностей при стабилизации тормозного момента и значительно упростит расчет. Если скорость самолета снизится до величины руления v_1 , тогда ускорение определится по формуле:

$$a = (v_1 - v_0)/t, \quad (4)$$

где v_0 – начальная скорость самолета при посадке.

Расстояние, которое пройдет самолет в процессе посадки, описывается известной формулой:

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2}. \quad (5)$$

Принимая во внимание выражение (4) после преобразования получим формулу для определения времени посадки самолета:

$$t = (2 \cdot S)/(v_0 + v_1). \quad (6)$$

Учитывая формулы (1) и (2) получим выражение для определения суммарного тормозного момента, который необходимо приложить чтобы остановить самолет за время t и расстояние S :

$$M_T = \frac{m(v_0 - v_1)2 k_T}{2\omega_{cp} \cdot t}. \quad (7)$$

Формируем исходные данные для расчета по техническим характеристикам самолета. Считаем, что нет необходимости снижать скорость самолета при посадке до нуля, необходима определенная скорость для рулежки. Кроме того, при посадке, когда колеса шасси коснулись земли, включается реверс.

При пробеге изменяется также и сила сцепления колес с поверхностью ВПП (тормозная сила трения)

$$F_{тр} = G \cdot \mu = m \cdot g \cdot \mu \text{ Н}; \quad (8)$$

$$F_{тр1тор} = \frac{F_{тр}}{4} \text{ Н}, \quad (9)$$

μ – коэффициент сцепления ВПП

С помощью сила трения найдем момент сцепления колеса.

$$M = F_{тр1тор} \cdot r, \quad (10)$$

r – радиус колеса, м.

Методика расчета исходных данных могут быть использованы при разработке тормозной машины для различных типов самолетов: военных, гражданских, больших, малых и т. д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система управления самолета: учеб. пособие / О.Н. Корольков, Г.А. Резниченко. – Самара: Самар, гос. аэрокосм, ун-т, 2007. – 120 с.
2. Коконин С.С., Крамаренко Е.И., Матвеев А.М.. Основы проектирования авиационных колёс и тормозных систем. – М.: МАИ, 2007. – 263 с.