



ДИНАМИКА МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

Авторы: В. Я. Солодилов

ДИНАМИКА МЕХАНИЗМОВ И МАШИН, раздел теории механизмов и машин, в котором изучается движение механизмов и машин с учётом действующих в них сил. Осн. задачи Д. м. и м.: изучение законов движения; регулирование движения машин; определение механич. КПД механизмов и машин; определение давлений (реакций) в кинематич. парах при движении механизма; уравнивание механизмов и машин. Исследования динамики машин непосредственно связаны с расчётами их элементов на прочность с целью выбора обоснованных размеров и необходимых форм деталей и механизмов.

Определение законов движения основывается на рассмотрении уравнений движения машины или механизма. Число уравнений равно числу степеней свободы. Для механизма с одной степенью свободы уравнение движения может быть представлено в следующей форме:

$$\sum_{i=1}^n A_i = \sum_{i=1}^n T_i - \sum_{i=1}^n T_{i_0}$$

где n – число подвижных звеньев механизма; A_i – работа внешних сил, действующих на звено i за рассматриваемый промежуток времени; T_i и T_{i_0} – соответственно кинетич. энергия звена i в конце и начале этого промежутка. Соотношение работы движущих сил и сил сопротивления в механизме (машине) определяет характер его движения. Это уравнение можно представить в виде: $A_g - A_c = \Delta T$, где A_g и A_c соответственно работа движущих сил и сил сопротивления; ΔT – изменение кинетич. энергии механизма за рассматриваемый промежуток времени. При неустановившемся движении абсолютная величина работы движущих сил больше (период разбега) или меньше (на выбеге) абсолютной величины работы сил сопротивления. Равенство

работы движущих сил и сил сопротивления в любой момент времени соответствует установившемуся равномерному движению механизма (машины). При установившемся периодич. движении машины алгебраич. сумма работы движущих сил и сил сопротивления равна нулю только за определённый период (цикл) изменения кинетич. энергии. Изменение соотношения работы движущих сил и сил сопротивления внутри цикла приводит к колебаниям угловой скорости главного вала машины (биение). Неравномерность вращения оценивается коэф. неравномерности вращения $\delta = (\omega_{\max} - \omega_{\min}) / \omega_{\text{ср}}$, где $\omega_{\text{ср}}$ соответствует номинальной скорости вращения. Допустимый коэф. δ для каждого типа машины устанавливается на основе результатов опытной эксплуатации.

Определение законов движения звеньев механизма по заданным характеристикам внешних сил решают с помощью дифференциальных уравнений движения механич. системы или машинного агрегата, состоящего обычно из двигателя, передаточного механизма, исполнительного и иногда управляющего устройства. Число уравнений равно числу степеней свободы рассматриваемой системы. В плоских механизмах с одной степенью свободы для удобства решения задачи о движении механизма пользуются обычно методом приведения сил или масс, который позволяет заменить задачу о движении всего механизма задачей о движении одного звена (звена приведения), обладающего приведённой массой и находящегося под действием приведённых сил (или моментов). Кинетич. энергия звена при этом равняется сумме кинетич. энергий всех звеньев механизма. В результате приведения сил и масс любой машины с одной степенью свободы, независимо от её сложности, можно заменить динамич. момент на переменный приведённый момент инерции J_{Π} или суммарный приведённый момент движущих сил и сил сопротивления M_{Π} . Уравнение движения звена приведения в реальном механизме:

$$J_{\Pi} \cdot \left(\frac{d\omega}{dt} + \frac{dJ_{\Pi}}{d\phi} \right) \cdot \frac{\omega_2}{2} = M_{\Pi}.$$

В общем случае момент M_{Π} зависит от времени, положения звена, скорости.

Уравнения движения обычно являются нелинейными, точных методов их решения не существует, поэтому пользуются приближёнными – графическим,

графоаналитическим, численным.

Для механизмов с несколькими степенями свободы – в ГОЛОНОМНЫХ СИСТЕМАХ (все связи в такой системе являются геометрическими) уравнения движения механизмов составляют обычно в форме уравнений Лагранжа второго рода. Усложняют задачу определения закона движения механич. системы необходимость учёта упругости систем и переменности масс звеньев, а также зазоров и трения в кинематич. парах.

Задачей регулирования машин и механизмов является получение устойчивого движения, при котором изменение скорости не выходит за допустимые пределы. Для этого рассматривают установившееся периодич. движение машины и рассчитывают уравнивающую массу – маховик. При неустановившемся движении (если возникает необходимость поддерживать ср. скорость звена приведения на заданном уровне) применяют автоматич. регуляторы, влияющие на закон изменения движущих сил либо сил сопротивления.

В задачу определения кпд машин и механизмов входит также исследование потерь в них при работе. Наибольшее значение имеют потери на трение. При установившемся движении величина потерь может быть оценена величиной механич. кпд, определяющего степень использования энергии в машине.

При определении давлений (реакций) в кинематич. парах проводят кинетостатич. расчёт механизмов при заданном законе движения с учётом всех заданных внешних сил, а также сил инерции и сил трения в подвижных соединениях. Значения этих реакций необходимо знать для расчёта звеньев на прочность, подбора подшипников и назначения режимов их смазки.

Задачей уравнивания механизмов и машин является устранение вредного влияния переменных по величине и направлению сил инерции. Эти силы в совр. быстроходных машинах нарушают нормальную работу узлов, являются источником вибрации и шума, оказывают вредное воздействие на окружающую среду и обслуживающий персонал. Для устранения или уменьшения до допустимых значений неуравновешенных сил инерции определяют величину и место установки т. н. корректирующих масс, изменяющих положение центра масс рычажного механизма или

ротора. См. также [Машин и механизмов теория](#).

Историческая справка

Первые расчёты динамич. сил в механизмах выполнены в России Н. Е. [Жуковским](#) и продолжены Н. И. Мерцаловым; получили развитие начиная с 1930-х гг. в трудах И. И. [Артоболевского](#), Н. И. Левитского, А. Ю. [Ишлинского](#), а позднее К. В. [Фролова](#) и др. учёных в расчётах конкретных машин (напр., вибраций в станках, транспортных машинах, переменных сил, действующих при полёте ЛА).

Литература

Историческая справка.. Лит.: Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин. М., 1988; Левитский Н. И. Теория механизмов и машин. М., 1990; Теория механизмов и механика машин / Под ред. К. В. Фролова. М., 2003.