реакции — в точке контакта и т. д. Тем не менее бывает полезно проделать некоторые мысленные манипуляции с силами, разумеется, такие манипуляции, которые не сказываются на движении тела. Более конкретно, можно производить следующие *эквивалентные преобразования системы сил*:

1) всякую силу $\mathbf{F}_i$, приложенную в точке P_i, можно перенести вдоль ее линии действия, т. е. прямой, проходящей через эту точку в направлении силы;

2) если несколько сил $\mathbf{F}_{i1}$, ..., $\mathbf{F}_{ik}$ приложены в общей точке P, то их можно заменить другой конечной совокупностью сил $\mathbf{F}'_{j1}$, ..., $\mathbf{F}'_{jl}$ при условии, что

$$\Sigma\mathbf{F}_{i_k} = \Sigma\mathbf{F}'_{j_l}.$$

Легко понять, что в результате эквивалентных преобразований не изменяется ни суммарная сила $\Sigma\mathbf{F}_i$, ни суммарный момент сил относительно любой точки, в том числе центра масс. Поэтому в результате эквивалентных преобразований уравнения движения (1) и (2) изменений не претерпевают.

Система сил вида $(P, \mathbf{F})$, $(P_2, -\mathbf{F})$ называется *парой сил*. Момент пары сил относительно любой точки A равен

$$\mathbf{G} = [\overline{AP}_1 \times \mathbf{F}] + [\overline{AP}_2 \times -\mathbf{F}] = [\mathbf{F} \times (AP_2 - AP_1)] = [\mathbf{F} \times \overline{P_1P_2}],$$

т. е. не зависит от точки A, а суммарная сила равна нулю. Линии действия сил пары параллельны, а проведенная через них плоскость ортогональна моменту.

Произвольную систему с моментом $\mathbf{G}_S$ и суммой $\mathbf{F}$ эквивалентными преобразованиями можно привести к системе, состоящей из трех сил: пары сил с моментом $\mathbf{G}_S$ и силы $\mathbf{F}$, приложенной к точке S.

Замечание о силе тяжести. Строго говоря, к каждой частице твердого тела приложена своя небольшая сила тяжести — ее вес, а суммарная сила mg, которую мы прикладываем к центру масс, есть результат эквивалентного преобразования такой распределенной по телу системы сил.

ТЕЛО С НЕПОДВИЖНОЙ ТОЧКОЙ. Движение его определяется изменением кинетического момента относительно закрепленной точки O:

$$\mathbf{\Lambda}_O = M[\mathbf{s} \times \dot{\mathbf{s}}] + \mathbf{\Lambda}_S. \tag{12.8}$$

Пусть $\mathbf{F} = \Sigma\mathbf{F}_i$ — результирующая всех заданных сил, действующих на тело (кроме силы реакции $\mathbf{R}$ в неподвижной точке), $\mathbf{G}_A$ — момент этих же сил относительно произвольной точки A. Нетрудно показать, что

$$\mathbf{G}_B = \mathbf{G}_A + [\mathbf{F} \times \overline{AB}] \tag{12.9}$$

Лемма 3. При движении

$$\frac{d\mathbf{\Lambda}_O}{dt} = \mathbf{G}_O. \tag{12.10}$$