10. Кинемодинамический обмен системы с окружающей средой

10.1 Обмен на $\hat{P}$-уровне

Рассмотрим динамокинематический обмен некоторой системы с окружающей средой, представленный графом обмена (Рис.2.13).

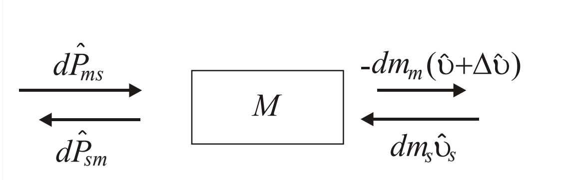

Рис.2.13 Граф обмена.

Кинематическое изменение импульса системы равно:

$$d\hat{P}_{\upsilon} = d\hat{P}_{sm} - d\hat{P}_{ms}\,, \tag{2.236}$$

где $d\hat{P}_{sm}$ - парциальный кинематический импульс, поступающий из внешней среды; $d\hat{P}_{ms}$ - парциальный кинематический импульс, передаваемый системой внешней среде.

Динамическое изменение импульса системы составляет

$$d\hat{P}_m = dm_s\hat{\upsilon}_s - dm_m(\hat{\upsilon} + \Delta\hat{\upsilon})\,, \tag{2.237}$$

где $dm_s\hat{\upsilon}_s$ - парциальный динамический импульс, поступающий из внешней среды; $dm_m(\hat{\upsilon} + \Delta\hat{\upsilon})$ - парциальный динамический импульс, передаваемый системой внешней среде; $\hat{\upsilon} + \Delta\hat{\upsilon}$ - скорость массы dm_m; $\hat{\upsilon}$ - скорость системы; $\Delta\hat{\upsilon}$ - возможный дискретный скачок скорости.

Результирующий обмен принимает вид

$$d(m\hat{\upsilon}) = d\hat{P}_{\upsilon} + d\hat{P}_m \tag{2.238}$$

и

$$\frac{d(m\hat{\upsilon})}{dt} = \hat{F}_{\upsilon} + q_s\hat{\upsilon}_s + q_m(\hat{\upsilon} + \Delta\hat{\upsilon})\,, \tag{2.239}$$

где $\hat{F}_{\upsilon} = \dfrac{d\hat{P}_{\upsilon}}{dt}$ - кинема обмена движением-покоем, $q_s = \dfrac{dm_s}{dt}$ и $q_m = -\dfrac{dm_m}{dt}$ - массовые динамические заряды.

Так как полная скорость изменения импульса равна

$$\frac{d(m\hat{\upsilon})}{dt} = q\hat{\upsilon} + m\frac{d\hat{\upsilon}}{dt}\,, \quad \text{где } q = q_s + q_m\,, \tag{2.240}$$

то выражение (2.239) можно записать в виде

$$m\frac{d\hat{\upsilon}}{dt}=\hat{F}_{\upsilon}+q_s\Delta\hat{\upsilon}_s+q_m\Delta\hat{\upsilon} \quad (2.241)$$

или

$$m\frac{d\hat{\upsilon}}{dt}=\hat{F}_{\upsilon}+q_s\Delta\hat{\upsilon}_s+q_m\Delta l\delta t\,, \quad (2.241a)$$

где $\Delta\hat{\upsilon}_s=\hat{\upsilon}_s-\hat{\upsilon}$ и $\Delta\hat{\upsilon}=\Delta l\delta t$ - дискретная производная, описывающая скачок скорости.

В установившемся динамическом обмене

$$q_m=-q_s=q\,,\quad \Delta\hat{\upsilon}=0\,, \quad (2.242)$$

$$m\frac{d\hat{\upsilon}}{dt}=\hat{F}_{\upsilon}+q\hat{E}\,, \quad (2.243)$$

где $\hat{E}=\hat{\upsilon}-\hat{\upsilon}_s$ - некоторая эффективная скорость, которую будем называть вектором напряженности поля покоя-движения в динамическом обмене.

Когда доминирует динамический обмен, имеем:

$$m\frac{d\hat{\upsilon}}{dt}=q\hat{E}\,. \quad (2.244)$$

Эта формула справедлива и для кинематического обмена, если под q понимать модуль кинематического заряда.

10.2 Напряженности поля покоя-движения

На основании формул (2.184)-(2.186) и (2.244) находим эффективные потенциальную E_p и кинетическую E_k скорости-напряженности поля кругового движения:

$$\mathbf{E}_p=\frac{m}{q}\left[(\eta+\beta^2-\omega^2)\mathbf{n}+(\varepsilon+2\beta\omega)r\boldsymbol{\tau}\right], \quad (2.245)$$

$$\mathbf{E}_k=\frac{m}{q}\left[(-\varepsilon-2\beta\omega)r\mathbf{n}+(\eta+\beta^2-\omega^2)r\boldsymbol{\tau}\right]i\,. \quad (2.246)$$

Осевая напряженность поля имеет вид

$$\mathbf{E}_0=\frac{m}{q}\left[(-\eta-\beta^2+\omega^2)+(\varepsilon+2\beta\omega)ir\right]\mathbf{k}\,. \quad (2.247)$$

Потенциальная напряженность описывает да-подполе, кинетическая напряженность - нет-подполе и осевая напряженность - да-нет-подполе кругового поля движения-покоя.

Если движение равномерное,

$$\mathbf{E}_p=-\frac{m}{q}\omega^2 a\mathbf{n}\,, \quad (2.248)$$

$$\mathbf{E}_k=-\frac{m}{q}\omega^2 ai\boldsymbol{\tau}\,, \quad (2.249)$$

$$\mathbf{E}_o = -\frac{m}{q}\omega^2 a\mathbf{k}\,. \tag{2.250}$$

Полная энергия всех трех полей движения-покоя системы массой m равна:

$$E = \frac{mE_p^2}{2} + \frac{mE_k^2}{2} + \frac{mE_o^2}{2} = \frac{mE_o^2}{2}. \tag{2.251}$$

Структура данного поля покоя-движения представлена на рис.2.14

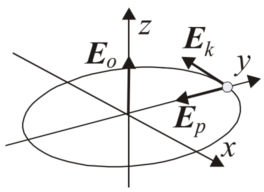

Рис.2.14. Граф энергии.

Движение материальной точки с зарядом q по круговой орбите в поле покоя-движения, характеризуемого векторами E_p, E_k и E_0, может быть представлено в виде:

$$q\mathbf{E}_p = \frac{m\upsilon^2}{a}\mathbf{n}\,, \quad q\mathbf{E}_k = -\frac{m\upsilon^2 i}{a}\boldsymbol{\tau}\,, \quad q\mathbf{E}_o = -\frac{m\upsilon^2 i}{a}\mathbf{k}\,. \tag{2.252}$$

Такая структура поля справедлива на любом уровне движения-покоя. Так как отношение заряда к массе движущегося объекта (мотатора) определяет характеристическую или преобладающую или фундаментальную частоту поля

$$\omega_c = \frac{q}{m}, \tag{2.253}$$

то фундаментальная длина волны поля будет равна

$$\lambda = 2\pi\frac{mc}{q}, \quad \text{где } c \text{ - волновая скорость поля.} \tag{2.254}$$

Эти равенства дополним элементарными отношениями между амплитудой колебания a , скоростью колебания υ, длиной волны λ и волновой скоростью c

$$2\pi a = \frac{\upsilon}{c}\lambda \quad \text{или} \quad a = \frac{\upsilon}{c}\bar{\lambda}, \tag{2.255}$$

где

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{2\pi} \tag{2.256}$$

- волновой радиус.

Данные соотношения следует дополнить взаимосвязью между локальной E и волновой A скоростями-напряженностями поля движения-покоя:

$$E = \frac{\upsilon}{c} A \tag{2.257}$$

В частности, такое же соотношение имеет место между локальными и волновыми моментами заряда:

$$P_a = \frac{\upsilon}{c} P_v , \tag{2.258}$$

где $P_a = qa$ - локальный момент и $P_v = q\lambda$ волновой момент.

Очевидно, соотношение между локальным моментом заряда и волновым моментам импульса имеет вид:

$$\frac{\hat{P}_a}{\hat{L}_v} = \frac{q_m}{mc} \tag{2.259}$$

На основании формулы (2.257) все три векторных уравнения движения (2.252) можно представить одним общим уравнением:

$$\frac{\upsilon}{c} qA = \frac{m\upsilon^2}{a} . \tag{2.260}$$

Так как $\upsilon = \omega a$ и $q = m\omega_c$, то

$$\omega_c = \frac{c}{A}\omega \quad \text{или} \quad \omega = \frac{A}{c}\omega_c . \tag{2.261}$$

Из данного соотношения видно, когда напряженность A приближается к волновой скорости c, удельная скорость ω стремится к фундаментальной предельной частоте ω_c поля.