к смене ритмической деятельности, умению рассредоточено осуществлять многосторонний контроль за средой.

Данная гимнастика способствует воспитанию силы и выносливости тех мышц, которые обеспечивают человеку рациональную осанку – основу правильного взаимоотношения внутренних органов во время ходьбы, стояния, сидения или даже лежания. Ведь отсутствие навыка позы свободного лежания зачастую является источником поверхностного сна и не даёт полноценного отдыха. Несимметрическая гимнастика даёт возможность для выбора наиболее оптимальных для каждого индивидуума движений, в зависимости от состояния здоровья и активности. Особое значение несимметрическая гимнастика приобретает в сочетании с музыкой. Ритм музыки и ритм движений способствует повышению трудоспособности и снижению утомляемости практически в любой области человеческой деятельности. Взять к примеру водителя транспорта. Он одновременно должен крутить баранку руля, переключать скорость, нажимать ногой акселератор или тормоз, ориентироваться в дорожных знаках и сигналах других водителей. Элементы этих навыков можно обработать с помощью несимметрической гимнастики, повысив эффективность профессиональной деятельности водителя. Подобное можно отнести к многим профессиям и специальностям. Проводимые нами исследования на предмет тестирования восприятия студентами элементов несимметрической гимнастики показали, что их исходный уровень был довольно низок. Не более 17 % испытуемых справлялись с предложенными тестовыми комплексами несимметрической гимнастики (5 упражнений). Однако, уже после целенаправленной специальной подготовки в течение одного месяца, положительный результат оказался у 62 % испытуемых. Как показали экспериментальные занятия, для каждого занимающегося требуется индивидуальный подход по подбору тех или иных несимметрических упражнений, того или иного музыкального ритма или подсчёта и состояния общей физической подготовки. Вместе с тем, полученные данные позволяют с большим оптимизмом смотреть на разработку специальных комплексов не только профессиональной направленности, но и спортивной: отдельно для баскетболистов, штангистов, футболистов и спортсменов других видов спорта.

УДК 531.8

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ МОМЕНТОВ ТЕЛ СИСТЕМЫ ПРИ ВРАЩЕНИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА ВОКРУГ НЕПОДВИЖНОЙ ОСИ

А.В. Локтионов, А.С. Соколова

Рассмотрим движение системы тел (рис. 1) при их вращении вокруг неподвижной оси при условии, что одно из тел системы перемещается в радиальном направлении, т.е. при условии, что момент инерции системы является величиной переменной.

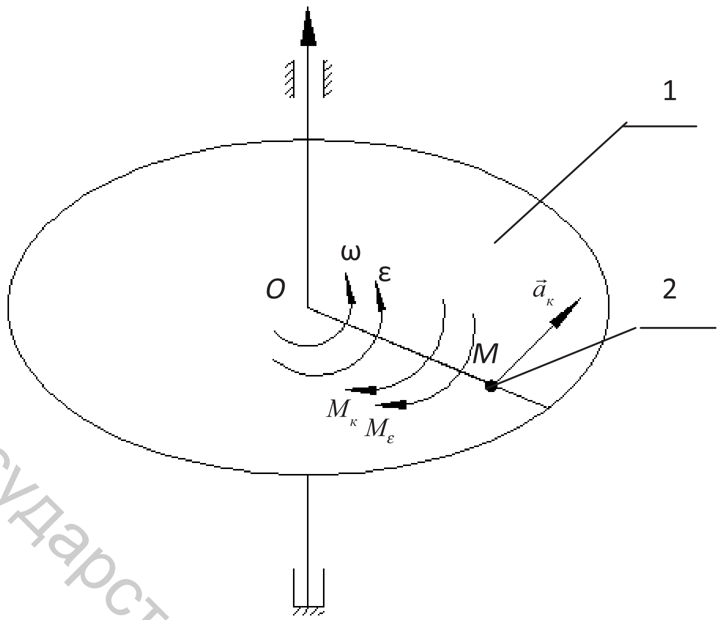

Рисунок 1

Система состоит из двух тел, одно из которых представляет собой диск, а второе – тело точечной массы. Диск характеризуется моментом инерции $I_о$, тело точечной массы – массой m. Тело 2 способно перемещаться в радиальном направлении (r = OM) по диску 1. Момент инерции системы

$$I = I_0 + mr^2 . \tag{1}$$

Кинетический момент системы

$$L = I\omega . \tag{2}$$

Продифференцируем равенство (2), получим

$$\frac{dL}{dt} = I\frac{d\omega}{dt} + \frac{dI}{dt}\omega = M^e . \tag{3}$$

Из равенства (3) следует, что ускорение системы

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{M^e - \frac{dI}{dt}\omega}{I} . \tag{4}$$

Из (4) видно, что если $M^e = \frac{dI}{dt}\omega$, то $\frac{d\omega}{dt} = 0$, т.е. ω = *const*; $M^e > \frac{dI}{dt}\omega$, то $\frac{d\omega}{dt} > 0$; $M^e < \frac{dI}{dt}\omega$, то $\frac{d\omega}{dt} < 0$. Анализ уравнения (4) показывает, что ускорение не всегда совпадает по направлению с моментом внешних сил.

Дифференцируя уравнение (1), получим

$$\frac{dI}{dt} = 2mr\dot{\vec{r}} = 2mr\dot{r} = 2mr\upsilon . \tag{5}$$

Момент кориолисовых сил инерции при движении тела 2

$$M_к = 2m\left(\omega\dot{\vec{r}}\right)\cdot r = 2mr\upsilon\omega . \tag{6}$$

Из равенств (5) и (6) следует, что

$$\frac{dI}{dt}\omega = M_{к} . \qquad (7)$$

Полученная формула (7) определяет взаимосвязь геометрии масс с проявлением сил инерции. Установлено, что изменение осевого момента инерции, наряду с угловой скоростью, также является причиной появления моментов сил инерции. Изменение осевого момента инерции вызвано перемещением точки в радиальном направлении.

Рассмотрим влияние сил инерции отдельно на каждое тело системы.

Кинетический момент первого тела

$$L_1 = I_0\omega = I_0\frac{L}{I}; \qquad (8)$$

второго тела

$$L_2 = (m\upsilon)\cdot r = mr^2\omega = mr^2\frac{L}{I}. \qquad (9)$$

Тогда $I_0\frac{L}{I} + mr^2\frac{L}{I} = L$. Следовательно, соблюдается условие $L_1 + L_2 = L$. При перемещении тела 2 на тело 1 действует кориолисова сила инерции и сила инерции углового ускорения. Производная от кинетического момента первого тела

$$\frac{dL_1}{dt} = -M_{к} - M_{\varepsilon}, \qquad (10)$$

где $M_{к} = \frac{\dot{I}L}{I}$. Моменты реакций связей и силы тяжести равны нулю. Найдем момент M_ε сил инерции углового ускорения. При этом $a_\tau = \varepsilon r = \frac{d\omega}{dt}r$; $\Phi_\tau = ma_\tau = m\left(\frac{d\omega}{dt}\right)\cdot r$; $M_\varepsilon = (ma_\tau)\cdot r = m\frac{d\omega}{dt}r^2$, где $\omega = \frac{L}{I}$, а $\frac{d\omega}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{L}{I}\right) = L\frac{d}{dt}\left(I^{-1}\right) = -LI^{-2}\dot{I} = -\frac{\dot{I}}{I^2}L$. Следовательно, $M_\varepsilon = -m\left(\frac{\dot{I}}{I^2}L\right)r^2 = -\frac{\dot{I}}{I^2}mr^2L$.

Представим уравнение (10) в виде

$$\frac{dL_1}{dt} = -\frac{\dot{I}L}{I} - \left(-\frac{\dot{I}}{I^2}mr^2L\right) = -\frac{\dot{I}L}{I} + \frac{\dot{I}}{I^2}mr^2L = -\frac{\dot{I}L}{I} + \frac{\dot{I}L}{I^2}\left(mr^2 + I_0 - I_0\right) = -\frac{\dot{I}L}{I} + \frac{\dot{I}L}{I} - \frac{\dot{I}}{I^2}LI_0.$$

Тогда $\frac{dL_1}{dt} = -\frac{\dot{I}LI_0}{I^2}$. Откуда $L_1 = -I_0L\int\frac{\dot{I}}{I^2}dt$. Введем замену $\frac{1}{I} = Z$; $-\frac{\dot{I}}{I^2}dt = dZ$; $L_1 = --I_0L\int dZ = I_0LZ + c = \frac{I_0L}{I} + c$. При $t = 0$ $L_1 = \frac{I_0L}{I_0 + mr^2}$, $I = I_0 + mr^2$. Откуда $c = 0$.

Окончательно получим $L_1 = \frac{LI_0}{I}$, что соответствует(8).

Следовательно, моменты инерции сил системы применительно к отдельным телам системы действуют как моменты внешних сил.

Рассмотрим влияние сил инерции на тело 2.

$$\frac{dL_2}{dt} = M_к + M_\varepsilon = \frac{\dot{I}L}{I} - \frac{\dot{I}}{I^2}mr^2L = \frac{\dot{I}L}{I} - \frac{\dot{I}}{I^2}L\left(mr^2 + I_0 - I_0\right) = \frac{\dot{I}L}{I} - \frac{\dot{I}L}{I} + \frac{\dot{I}}{I^2}LI_0 = \frac{\dot{I}LI_0}{I^2}.$$

Тогда $\frac{dL_2}{dt} = \frac{\dot{I}LI_0}{I^2}$. Решая данное уравнение $L_2 = I_0L\int\frac{\dot{I}}{I^2}dt$ и введя замену $\frac{1}{I} = Z$; $\frac{\dot{I}}{I^2}dt = -dZ$, получим $L_2 = -I_0L\int dZ = -I_0LZ + c = -\frac{I_0L}{I} + c$. При $t=0$ $L_2 = \frac{mr^2L}{I_0}$. Откуда $c = L$, а $L_2 = L - \frac{LI_0}{I} = L - L_1$. Следовательно, и в рассматриваемом случае соблюдаются условия $L_1 + L_2 = L$.

УДК 667.051/.052

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ НИТЕЙ С РАЗРЕЗНЫМ ВОРСОМ

С.В. Жерносек, А.В. Локтионов, Е.А. Корчевская

В настоящее время многокомпонентные нити находят все большее применение, поскольку позволяют расширить ассортимент текстильных изделий, снизить их себестоимость и повысить производительность оборудования. Одними из этих нитей являются нити с разрезным ворсом.

Для разработки нового технологического процесса получения многокомпонентных нитей с разрезным ворсом необходимо аналитически исследовать основные этапы ее формирования.

Одной из основных задач при исследовании технологического процесса формирования нитей с разрезным ворсом является задача определения характера движения ворсового полуфабриката по сборной поверхности с одновременным его разрезанием. Исследование натяжного компонента при его навивании и осевом перемещении по криволинейной сборной поверхности позволяет стабилизировать технологический процесс в целом и получить ворсовую пряжу требуемого качества. Описание ее движения позволит определить силы натяжения нити, что обеспечит снижение ее обрывности. Необходимо аналитически описать случай установившегося движения гибкой нити по шероховатой поверхности плоской кривой.

При однородной растяжимой нити через каждую точку по направляющей в единицу времени проходит одинаковая масса нити

$$\mu \cdot v = \mu_0 \cdot v_0 = m = const, \tag{1}$$

где μ_0 – постоянная линейная плотность нити до растяжения, μ – линейная плотность движущейся нити, v – линейная скорость контурного движения растянутой нити, v_0 – постоянная скорость нерастянутой нити.

Пользуясь законом сохранения массы элемента однородной, растяжимой нити, получена формула контурного движения нити

$$v = v_0 \cdot f(T), \tag{2}$$

где $f(T) = \mu_0/\mu$, T – натяжение нити.