

Уравнение, определяющее угловую скорость, имеет вид:

$$\dot{\varphi} = -C_1 k \sin kt + C_2 k \cos kt. \quad (14)$$

Подставляя начальные условия, при  $t_0 = 0$ ,  $\varphi_0 = 0$ ,  $\dot{\varphi}_0 = \omega_0$ , в уравнения (13) и (14), получим значения коэффициентов  $C_1$  и  $C_2$ :

$$C_1 = 0, \quad C_2 = \frac{\omega_0}{k} = \omega_0 \sqrt{\frac{P_1 l}{(P_1 + P_2) g}}.$$

С учетом  $C_1$  и  $C_2$ , уравнение малых колебаний маятника будет иметь вид:

$$\varphi = \frac{\omega_0}{k} \sin kt, \quad (15)$$

или, учитывая формулу (12), равенство (15) можно представить в виде:

$$\varphi = \omega_0 \sqrt{\frac{P_1 l}{(P_1 + P_2) g}} \sin \sqrt{\frac{(P_1 + P_2) g}{P_1 l}} t. \quad (16)$$

*Выводы.* Предложен расчет уравнения малых колебаний с учетом сил тяжести и заданной начальной угловой скорости движения маятника. Для расчета частоты колебаний использованы инерционные и квазиупругие коэффициенты дифференциальных уравнений малых колебаний системы с двумя степенями свободы. Получено уравнение свободных колебаний маятника.

УДК 622.002.5:517:531.112

## РАСЧЕТ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА

*Локтионов А.В., д.т.н., проф., Рубик С.В., студ.*

*Витебский государственный технологический университет,*

*г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. Предложен аналитический метод расчета задних углов реза в движении. Получены соотношения между его значениями в различных плоскостях с учетом угла установки реза на режущей головке исполнительного механизма. Установлено, что кинематические углы представляют те же углы движения, рассчитанные для боковой и задней грани реза.

Ключевые слова: кинематика, режущий инструмент, исполнительный механизм, циклоида, угол движения, подача, поперечная, продольная.

Расчет задних углов в процессе резания, выражающих реальную величину зазора между задней поверхностью инструмента и поверхностью резания, непосредственно связан с изучением перемещения инструмента и обрабатываемого объекта, основанном на понятиях о простом и составном движениях. Задний угол движения  $\alpha_d$  измеряется между вектором относительной скорости резания и касательной к траектории сложного пространственного движения инструмента в заданной точке [1].

Определим  $\alpha_d$  реза исполнительного механизма [1], участвующего в двух поступательных переносных движениях. Для упрощения расчета движение подачи разложим на две составляющие – продольное (вдоль оси исполнительного механизма) и поперечное. При поперечной подаче механизма происходит основное разрушение массива. Резец движется по траектории, представляющей собой удлиненную сферическую циклоиду. Однако с целью упрощения расчетов здесь рассматривается ее проекция на плоскость  $XOY$  (рис. 1).

Следует отметить, что поперечное перемещение исполнительного механизма соответствует кинематической схеме резания при фрезеровании, когда главное вращательное и вспомогательное поступательное движения происходят в одной плоскости, совпадающей с плоскостью вращения. Все точки фрезы могут перемещаться при этом по удлиненной циклоиде или трахоиде [1].

Для резца исполнительного механизма угол движения при поперечной подаче измеряется между касательной I - I к траектории движения точки  $M$  режущей кромке резца и касательной II - II к мгновенному положению окружности его относительного вращения. Угол  $\alpha_d$  между касательными равен углу между соответствующими им нормальными  $O_1M$  и  $OM$ , положение которых определяется углами  $\beta$  и  $\varphi$ . Следовательно,  $\alpha_d = \varphi - \beta$ .

Угол  $\beta$  определяется по величине направляющего косинуса из известной зависимости :

$$\cos \beta = \frac{dx/d\varphi}{\sqrt{(dx/d\varphi)^2 + (dy/d\varphi)^2}}, \quad (1)$$

где  $x = r\varphi - \rho \sin \varphi$ ,  $y = r - \rho \cos \varphi$  – параметрические уравнения удлиненной циклоиды;  $X$  и  $Y$  – текущие координаты;  $r$  – радиус производящего круга;  $\varphi$  – угол качения;  $\rho$  – расстояние от центра производящего круга до периферийной точки  $M$  режущей кромки резца.

Так как производящий круг радиуса  $r$  катится по оси  $OX$  без скольжения, то за один оборот он проходит путь, равный подаче  $S_0$  за один оборот режущей головки исполнительного механизма. Следовательно,  $2\pi r = S_0 = \frac{S}{n}$ , где  $S$  – скорость поперечной подачи, м/мин;  $n$  – частота вращения режущей головки, мин<sup>-1</sup>.

Учитывая, что  $dx/d\varphi = r - \rho \cos \varphi$ ,  $dy/d\varphi = \rho \sin \varphi$ , равенство (1) можно записать в виде :

$$\beta = \arccos \frac{r - \rho \cos \varphi}{\sqrt{r^2 - 2r\rho \cos \varphi + \rho^2}}. \quad (2)$$

При изменении угла  $\varphi$  от 0 до 900 и  $S = 10 \text{ м/мин}$ ,  $n = 53 \text{ мин}^{-1}$ , диаметре головки по резцам  $D = 396 \text{ мм}$  ( $\rho = D/2$ ) и  $r = 30.07 \text{ мм}$  значение  $\alpha_d$  изменяется от 0,2 до 8,440.

Для расчета углов движения  $\alpha_d$  резца с учетом угла его установки  $\beta$  на режущей головке исполнительного механизма необходимо знать соотношения между величинами задних углов, измеряемых в различных плоскостях.

Установлено (рис. 2), что при поперечной подаче ( $\beta_1 \approx 0$ )

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha_x \cos \beta, \quad \operatorname{tg} \alpha_{N_1} = \operatorname{tg} \alpha_{x_1} \sin \beta, \quad (3)$$

где  $\alpha_N$  и  $\alpha_{N_1}$  – искомые углы движения по задней и боковым граням резца;  $\beta$  – угол установки резца;  $\alpha_x$  и  $\alpha_{x_1}$  определяются по исходной формуле через разность  $\varphi - \beta$ .

Расчет по зависимостям (3) показывает, что при принятых выше расчетных данных и изменении угла  $\beta$  от 0 до 80...85° задний угол  $\alpha_{N_1}$  по боковой грани возрастает до 8,3°, а  $\alpha_N$  по задней грани уменьшается до 1,4°.



1. Грановский, Г. И. Резание металлов / Г. И. Грановский. – Москва : Высшая школа, 1985. – 304 с.

### **3.4 Физическая культура и спорт**

УДК 796.012:796.853.26

#### **ИЗМЕНЕНИЕ КИНЕМАТИКИ ДВИЖЕНИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ УДАРНЫХ ДЕЙСТВИЙ В КАРАТЕ**

**Бондаренко А.Е., к.п.н., доц., Бондаренко К.К., к.п.н., доц.,  
Старовойтова Л.В., студ., Мочалова Е.А., студ.**

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины,*

*г. Гомель, Республика Беларусь*

*Реферат. В статье рассматриваются вопросы повышения уровня специальной подготовленности спортсменов на основе данных об утомлении скелетных мышц, осуществляющих основную двигательную деятельность. Данные миометрического анализа эффективности мышечной работы и характер изменения кинематики движения позволяют выработать режимы тренировочной деятельности и внести коррективы в тренировочный процесс. На основании параметров изменения суставных углов при выполнении ударных действий возможно осуществление контроля за техникой выполнения специальных физических упражнений. Проведенная исследовательская работа позволила разработать временные критерии нагружения и отдыха скелетных мышц при осуществлении тренировочной деятельности.*

Ключевые слова: скелетные мышцы, суставные углы, тренировочный процесс.

Актуальность. Результат спортивной деятельности в различных видах спорта во многом зависит от возможности спортсмена сохранять оптимальную структуру движения на протяжении всего времени выполнения соревновательного действия. Движения спортсмена подчиняются основополагающим характеристикам, характерным для конкретного вида спорта и определяются пространственными и временными характеристиками [4, 5]. Эффективность данных движений взаимосвязана с работоспособностью скелетных мышц, выполняющих основную нагрузку в движении [2, 3]. Знание особенностей изменения кинематических характеристик при выполнении соревновательного движения способствует моделированию специальной подготовки в тренировочном процессе [1].

Методы и организация исследования.

Целью исследования явилось совершенствование структуры выполнения технических ударных движений в карате.

Задачей исследования явилось определение поведенческих реакций скелетных мышц при выполнении нагрузок различной направленности.

Исследования проводились сотрудниками и студентами научно-исследовательской лаборатории физической культуры и спорта УО «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины», в рамках государственной программы научных исследований «Конвергенция – 2020».

В исследовании принимали участие студенты факультета физической культуры, специализирующиеся в карате.

В качестве модельного технического действия были использованы удары ногами «маваши-гери» и «ура-маваши-гери» в различные уровни.

После выполнения разминки определялось исходное функциональное состояние тонуса скелетных мышц, методом миометрии посредством миометра «Муотон-3». В процессе измерений определялась:

а) частота осцилляций (Frequency, Hz) в расслабленном и напряженном состоянии – характеризующая напряжение мышцы;