

склонностью к тахикардии, повышению систолического АД, снижению температуры в МЧВ, нормотонии – промежуточными показателями. Таким образом, данные разнонаправленные изменения нивелируются при анализе в целой группе, но их наличие можно выявить при учёте тонуса ВНС.

Снижение исходной температуры в МЧВ у симпатотоников может отражать склонность к вазоконстрикции в области анастомоза *a.angularis* и *a.dorsalis*. Таким образом, исходная температура в МЧВ наряду с вегетативным индексом Кердо может быть одним из критериев тонуса ВНС, который может быть зарегистрирован с помощью неинвазивного чувствительного метода термографии.

В нашей работе впервые в комплексном обследовании определено, что при исходной парасимпатотонии обонятельное воздействие с помощью ЭМ апельсина сопровождалось статистически значимым повышением частоты сердечных сокращений, артериального давления и снижением температуры в МЧВ ($p < 0,05$); при нормотонии показатели гемодинамики и температуры в МЧВ достоверно не изменялись; при симпатотонии обонятельное воздействие сопровождалось снижением систолического артериального давления и повышением температуры в МЧВ ($p < 0,05$). Следовательно, ЭМ апельсина при обонятельном воздействии на студентов во время экзаменационной сессии проявляет эффекты скорее адаптогена (феномен усреднения АД, ЧСС, температуры в МЧВ), чем стимулятора. Кроме того, гипотензивное действие ЭМ апельсина продемонстрировано преимущественно у симпатотоников. Стимулирующий эффект ЭМ апельсина (повышение систолического АД, снижение температуры в МЧВ, отражающее повышение тонуса сосудов) наиболее выражен при парасимпатотонии (88,8% всех парасимпатотоников).

Таким образом, выявлено разнонаправленное изменение параметров гемодинамики (частота сердечных сокращений, артериальное давление) и кожной температуры (косвенно отражающей тонус поверхностных крупных сосудов) при обонятельном воздействии ЭМ апельсина на студентов с различным тонусом ВНС при психоэмоциональном стрессе (во время экзаменационной сессии).

Характер выявленных изменений позволяет думать об адаптогенном эффекте ЭМ апельсина в данных условиях, причём направленность изменений зависит от преобладающего типа активности вегетативной регуляции функций сердечно-сосудистой системы (нормо-, симпато-, парасимпатотония). Данный фактор может быть в основе индивидуализации программы адаптации студентов в условиях психоэмоционального стресса с помощью обонятельных воздействий.

УДК 531.8

К ТЕОРИИ И МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Д.т.н., проф. Локтионов А.В.

Витебский государственный технологический университет

Существуют различные методы расчетов геометрических, кинематических и силовых параметров исполнительных механизмов роботов-манипуляторов. Анализом установлено, что наиболее простые методы расчета следует использовать для роботов, работающих в плоских системах координат. Векторный метод расчета целесообразно применять для роботов-манипуляторов, звенья которых расположены в одной плоскости [1, 2]. Установлено, что применительно к двухзвенному исполнительному механизму с тремя степенями подвижности [2] векторный метод достаточно сложен и неприменим для пространственных схем размещения звеньев роботов-манипуляторов. При таком методе расчета определяются проекции звеньев на неподвижные оси координат и векторов скорости и ускорения на эти оси. В работах [3, 4, 9] скорость \vec{V} ускорение \vec{a} в сферической системе координат определяются как частный случай их расчёта в ортогональных криволинейных координатах. Для расчёта скорости определяются частные производные от декартовых координат x, y, z точки по соответствующим криволинейным координатам q_1, q_2, q_3 и находятся коэффициенты Ляме H_1, H_2, H_3 . Модуль скорости V точки определяется из выражения $V^2 = \dot{q}_1^2 H_1^2 + \dot{q}_2^2 H_2^2 + \dot{q}_3^2 H_3^2$. Для расчёта ускорения также используются коэффициенты Ляме, определяются соответственно частные производные от

квадрата скорости по обобщенным криволинейным скоростям $\dot{q}_1, \dot{q}_2, \dot{q}_3$ и координатам q_1, q_2, q_3 и полные производные по времени от полученных соответствующих разностей частных производных по \dot{q} и q . Такая методика расчёта кинематических параметров достаточно трудоёмка. Искомые \vec{V} и \vec{a} определяются только в проекциях на подвижные сферические оси координат R, φ, Θ , связанные с движущейся точкой М. В работах [5, 6] скорость \vec{V} и ускорение \vec{a} получены с использованием векторного анализа. Матричное исчисление использовано в работе [5] для преобразования от прямоугольной и цилиндрической к сферической системе координат.

В преподавании теоретической механики в технических вузах практически не используются методы матричной, линейной и тензорной алгебр [7]. Высокая степень формализации, операций над матрицами позволяет получить строгие результаты, имеющие физический смысл, путем алгебраических преобразований. Преимущество матричной структуризации пространства проявляется в наибольшей степени при определении ускорений точек движущегося тела [7].

Тенденция сокращения часов, отведенных на изучение теоретической механики, привела к исчезновению многих разделов кинематики [8]. Задачи, решение которых основано на использовании полярной или цилиндрической систем координат, становятся объектами научных исследований. Сферические координаты прописаны исключительно в списках компетенций курса математики [8, 9]. В работах [8, 10] предложена методика расчета кинематических характеристик движения точки в проекциях на подвижные оси координат, основанных на матричном представлении формул Эйлера.

При матричном методе расчета движение твердого тела рассматривается как движение подвижного трехмерного пространства в неподвижном. Геометрические и кинематические параметры робота можно представить в виде параллельного переноса и поворота. Скорости точек находятся в результате дифференцирования текущих координат центра схвата. Преимущества матричного способа заключаются в том, что с помощью транспонированных матриц перехода определяются матричным методом скорость и ускорение центра схвата роботоманипулятора в подвижной системе координат. Знание отдельных составляющих вектора абсолютной скорости в подвижной системе координат для оснащенных режущим инструментом исполнительных механизмов позволяет определить кинематические углы резцов [10], которые предопределяют их установку. Задний угол движения α_d измеряется между вектором относительной скорости резания и касательной к траектории сложного пространственного движения инструмента в заданной точке [15].

На чертежах резцов указываются геометрические параметры, полученные при заточке. При работе механизма приходится изменять положение режущего лезвия относительно обрабатываемого массива, а в зависимости от положения вершины резца изменяются направления вектора скорости и геометрические параметры резцов в состоянии движения, которыми определяется процесс резания и износ инструментов.

Для использования закономерностей движения резцов при разработке исполнительных механизмов определяются следующие расчетные зависимости: скорость движения инструмента, его ориентация относительно траектории движения и вытекающие из требований кинематики углы заточки (или установки) инструмента.

При обработке массива кинематические углы резцов не должны превышать их геометрические значения. Иначе массив разрушается боковыми и задними гранями резцов, увеличиваются расход режущего инструмента, усилия и мощность резания, что является одной из причин малоэффективной работы машин.

Для упрощения расчета α_d движение подачи можно разложить на продольное (вдоль оси исполнительного механизма) и поперечное. При поперечной подаче резец движется по траектории, представляющей собой удлиненную сферическую циклоиду, и происходит основное разрушение массива. С целью упрощения расчетов поперечное перемещение исполнительного механизма принимается соответствующим кинематической схеме резания при фрезеровании, когда главное вращательное и вспомогательное поступательное движения происходят в одной плоскости, совпадающей с плоскостью вращения. Все точки могут перемещаться при этом по удлиненной циклоиде или трахоиде. Тогда $\alpha_d = \varphi - \beta$, где φ - угол качения; угол β определяется по величине направляющего косинуса. При продольной подаче вдоль оси исполнительного механизма каждая точка режущей кромки резца движется по винтовой линии с шагом, равным осевой подаче S'_o режущей головки за один оборот. В этом случае угол движения α_d равен углу подъема винтовой линии и определяется из равенства $\alpha'_d = \arctg(S'_o / \pi D)$, где D - диаметр головки по резцам.

Установлено, что разработанные на основе аналитической геометрии расчетные зависимости

и пространственные схемы громоздки и трудоемки для составления применительно к сложному движению разрушающего исполнительного механизма. Его поступательная подача не учитывается, так как математическое описание перемещающихся плоскостей и определение угла между ними значительно усложняют расчетную схему и кинематический расчет в целом. Кинематические углы в процессе резания не соответствуют геометрическим углам режущего инструмента. Для сравнения геометрии резца с его кинематическими углами необходим дополнительный перерасчет полученных зависимостей. Их трактовка у каждого автора различна, отличаются также методы и методика их определения.

Установлено, что при оценке технических возможностей промышленных роботов [1, 14] необходимы кинематические характеристики роботов-манипуляторов для решения задач, связанных с прочностным расчётом, конструированием его звеньев и оценки динамических свойств механизма. При проведении силового расчёта исполнительного механизма необходимо определить силу инерции и сопротивление движению звеньев механизма, для чего должны быть известны скорости и ускорения центра схвата робота [12-15].

Список использованных источников

1. Фролов, К. В. Механика промышленных роботов / К. В. Фролов, Е. И. Воробьев // Кинематика и динамика Ч. 1. – Москва : Высшая школа, 1988. – 304 с.
2. Локтионов, А. В. Оценка методов расчета кинематических параметров исполнительного механизма. Современные методы проектирования машин / А. В. Локтионов, А. В. Гусаков // Республ. Межведомств. сб. науч. тр. Вып. 2. В 7 т. Т. 2. Качество изделий машиностроения. Проектирование материалов и конструкций / Под общ. ред. П. А. Витязя. – Минск : УП «Технопринт», 2004. – С. 132-136.
3. Бутенин, Н. В. Курс теоретической механики / Я. Л. Лунц, Д. Р. Меркин. Т. I. – Москва : Наука, 1970. – 240 с.
4. Бухгольц, Н. Н. Основной курс теоретической механики / Н. Н. Бухгольц. Ч. I. – Москва : Наука, 1972. – 468 с.
5. Локтионов, А. В. Расчет кинематических параметров в цилиндрических координатах матричным методом / А. В. Локтионов // Теоретическая и прикладная механика : Межвед. сб. науч. метод. ст. – Минск, 2003. – Вып. 16. – С. 59-63.
6. Локтионов, А. В. Расчет кинематических параметров в сферических координатах матричным методом / А. В. Локтионов // Теоретическая и прикладная механика : Межвед. науч.-техн. журнал. – Минск, 2004. – Вып. 17. – С. 115-118.
7. Рощева, Т. А. Методические возможности использования теории линейных преобразований при изложении курса теоретической механики / Т. А. Рощева, Е. А. Митюшов // Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки : междунар. сб. науч. тр. / Выпуск 3 / Белорус. гос. ун-т трансп. ; под ред. А. О. Шимановского. – Гомель : БелГУТ, 2009. – С. 197-205.
8. Рощева, Т. А. Универсальные алгоритмы кинематики точки и твердого тела / Т. А. Рощева, Е. А. Митюшов, О. С. Киелева // Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки : междунар. сб. науч. тр. / Выпуск 6 / Белорус. гос. ун-т трансп. ; под ред. А. О. Шимановского. – Гомель : БелГУТ, 2012. – С. 221-227.
9. Федута, А. А. Теоретическая механика и методы математики : – Уч. пособие / А. А. Федута, А. В. Чигарев, Ю. В. Чигарев. – Минск : УП «Технопринт», 2000. – 504 с.
10. Локтионов, А. В. Расчет кинематических параметров исполнительного механизма / А. В. Локтионов, О. С. Лысова // Теоретическая и прикладная механика : Междунар. науч.-техн. журнал. – Минск, 2009. – №24. – С. 293-299.
11. Мещерский, И. В. Сборник задач по теоретической механике / И. В. Мещерский. – Москва : Наука, 1986. – 448 с.
12. Пол, Р. Моделирование, планирование траекторий и управление движением робота – манипулятора / Р. Пол. – Москва : Наука, 1976. – 104 с.
13. Чернышева, И. Н. Силовой расчет, уравнивание, проектирование механизмов и механика манипуляторов : Учеб. пособие для студ. вузов / И. Н. Чернышева, А. К. Мусатов, Н. А. Глухов. – Москва : МГТУ, 1990. – 80с.
14. Козырев, Ю. Г. Промышленные роботы : Справочник/ Ю. Г. Козырев. – Москва : Машиностроение, 1988. – 392 с.
15. Грановский, Г. И. Кинематика резания / Г. И. Грановский – Москва : Машгиз, 1947. – 200 с.