

Детерминированные математические модели имеют вид систем дифференциальных или интегральных уравнений. Для задач микроэлектроники это в основном системы дифференциальных уравнений в частных производных.

Характерные особенности модели:

- построение математической модели основывается на анализе физических процессов в зоне технологического воздействия;
- математическая модель представлена [3] в виде системы дифференциальных уравнений и в виде результатов работы программы;
- на адекватность математической модели существенно влияют численные методы, которые используются при переходе от математической модели 1-го рода к математической модели 2-го рода;
- параметры и коэффициенты математической модели несут конкретную физическую информацию;
- идентификация параметров математической модели осуществляется на основе решения обратных задач.

УДК 616.7.72

КОМПЛЕКСНЫЙ ТРЕНАЖЕР КАК СРЕДСТВО РЕАБИЛИТАЦИИ НЕВРОЛОГИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ И ИНВАЛИДОВ

Докт. техн. наук, проф. КИСЕЛЕВ М. Г., канд. техн. наук, доц. ЕСЬМАН Г. А., инженеры ГАБЕЦ В. Л., ЗАХАРЕНКО В. П., студ. МАТЪЯНОВ Д. П., докт. мед. наук, проф. СМЫЧЁК В. Б.

*Белорусский национальный технический университет,
ГУ «НИИ медико-социальной экспертизы и реабилитации»*

В последние годы в Республике Беларусь принят ряд постановлений и законов, направленных на улучшение положения инвалидов. До настоящего времени социальная политика в отношении инвалидов, построенная на компенсационной основе, не учитывала их способности к труду, потребности в нем и общении

с окружающими. Такой подход не ориентировал ни общество, ни самих инвалидов на развитие и использование потенциала личности, не обеспечивал условия для их интеграции в общество.

В результате сегодня имеется система пенсионного обеспечения, но недостаточно развита

ВЫВОДЫ

1. Метод вычислительного эксперимента в силу своей специфики не заменяет другие методы, используемые при анализе и синтезе ТП микроэлектроники, а соединяет в себе достоинства этих подходов, несколько видоизменяя их и приводя способ использования в соответствие со спецификой.
2. Наиболее существенными при оценке эффективности технологических процессов в микроэлектронике являются имитационная и детерминированная математическая модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pelka J., Müller N. Simulation of Dry Etch Processes by COMPOSITE // IEEE Trans. – 1988. – Vol. CAD-7, № 2. – P. 154–159.
2. Salshurg K. A., Nansen N. N. Fedss-Finite-Element Diffusion-Simulation System // IEEE Trans. – 1983. – Vol. ED-30, № 9. – P. 1004–1011.
3. Nobler G., Selberherr S. Two-Dimensional Modeling of Ion Implantation Induced Point Defects // IEEE Trans. – 1988. – Vol. CAD-7, № 2. – P. 174–180.

система медико-социальной реабилитации; практически отсутствует система реабилитационной индустрии, обеспечивающей определенные категории населения специальными средствами и приспособлениями в быту и на производстве; нет системы «безбарьерной среды», гарантирующей беспрепятственный доступ инвалидов к общественным инфраструктурам.

Опыт Германии и других развитых стран показывает, что инвалида можно интегрировать в обычную производственную среду при условии трудоустройства его в аттестованной для него профессии. В нашей республике такой практики нет, хотя законом «О предупреждении инвалидности и реабилитации инвалидов» это предусмотрено.

Для быстрой адаптации больных и инвалидов к производственной среде необходимы специальные технические приспособления-тренажеры. К сожалению, в Беларуси практически отсутствует производство таких тренажеров для реабилитации больных и инвалидов. В основном для этих целей в клиниках и реабилитационных центрах используются спортивные тренажеры, под которые врачами разрабатываются методики восстановления тех или иных утраченных функций и навыков.

Конечно, обеспечить необходимую технологию реабилитации инвалида после того или иного заболевания, вызвавшего, например, нарушения опорно-двигательного аппарата, на таких «адаптированных» тренажерах весьма проблематично, а то и вовсе невозможно. Особенно это относится к инвалидам с двигательными нарушениями вследствие неврологических заболеваний. Для таких людей по сей день нет надежных и удобных технических средств, обеспечивающих восстановление двигательных функций. Такие инвалиды среди неврологических больных составляют более 50 %.

Значимость проблемы медико-социальной реабилитации неврологических больных определяется их высокой численностью, тяжестью и стойкостью клинических проявлений. Реабилитация этих больных – это сложный, многосторонний, динамичный процесс.

При восстановительном лечении используют как блочные, так и маятниковые типы механотренажеров, а также различные снаряды и конструкции специального назначения. Показания для

применения механотерапии – восстановление движений, силы, трофики мышц паретичных конечностей, тренировка ходьбы. Механотерапия входит в программу занятий лечебной физкультурой, сочетается с лечебной гимнастикой и массажем в определенной последовательности. В зависимости от характера клинического синдрома, стадии заболевания и степени выраженности функционального дефекта механотерапевтические устройства используются в процессе ЛФК, облегчая ее проведение и повышая эффективность, либо завершают его.

Сегодня восстановление двигательных функций у неврологических больных начинается с разработки в положении «лежа» дефицита подвижности в основных суставах и мышцах нижних конечностей. При этом инструктор испытывает большие физические нагрузки, воспроизводя главные локомоторные движения пораженных конечностей больного.

После того как больные смогут самостоятельно выполнять такие движения в положении «лежа», начинается период восстановления двигательных нарушений с помощью ходунков и трости. Затем больному предлагают «поработать» на бегущей дорожке и велотренажере.

Основной недостаток такого восстановления – отсутствие упражнений на специальных тренажерах, позволяющих эффективно восстанавливать двигательные функции, невозможность дозированно назначить статическую нагрузку на нижние конечности больного. А это особенно важно в начальный период реабилитации, когда мышцы больного ослаблены настолько, что он не в состоянии двигаться самостоятельно. При использовании же ходунков, трости, бегущей дорожки на нижние конечности больного действует сила тяжести (его собственный вес). Снизить эту нагрузку он может только за счет силы рук, опираясь на поручни, что приводит к его быстрой утомляемости и резко снижает эффективность восстановительных упражнений.

Кроме того, при использовании указанных выше средств восстановления двигательных функций очень велика доля ручного труда инструкторов и методистов по лечебной физкультуре, что требует большого штата таких работников, так как больные работают в паре с инструктором.

Отсюда очевидна необходимость конструирования и построения совокупностей специально создаваемых искусственных условий для раскрытия, реализации и совершенствования естественных возможностей человека, а также изменения характеристик двигательной деятельности. Нас интересуют, прежде всего, такие формы двигательной активности больного, которые предполагают не столько выполнение физической работы, сколько достижение определенных результатов в виде приобретения конкретных умений или же столь же конкретных оздоровительных эффектов. В связи с этим особую актуальность приобретает разработка таких биотехнических средств, которые будут повышать вероятность инициации и активизации естественных возможностей человека в его противостоянии патогенным факторам.

В Республике Беларусь до настоящего времени работы, связанные с созданием данных биотехнических средств, не проводились. Кафедрой «Конструирование и производство приборов», имеющей опыт разработок в области медицинской техники, совместно с НИИ медико-социальной экспертизы и реабилитации в рамках отраслевой научно-технической программы «Медицинская реабилитация» разработан комплексный тренажер, предназначенный для сокращения сроков реабилитации инвалидов с двигательными нарушениями вследствие неврологических заболеваний. Он обладает расширенными функциональными возможностями типа «искусственная управляющая среда», предназначен для оснащения поликлиник и специализированных стационаров.

Тренажер состоит из основания 1 (рис. 1), на котором закреплены корпус 2 с перемещающимися внутри каретками 3 и 4, электропривода 5 с кривошипно-шатунным механизмом 6, блока управления 7, позволяющего реверсивно управлять электродвигателем, а также регулировать скорость перемещения кареток от 0 до 40 ходов в минуту. В верхней части основания установлены подпружиненные подмышечные опоры 8, регулируемые по высоте и ширине с помощью клемного крепления 9. Место укладки больного 10 выполнено из дерева с покрытием из поролона и обтянуто венилискожей.

Электропривод состоит из электродвигателя постоянного тока 11 и вала 12, соединенных ре-

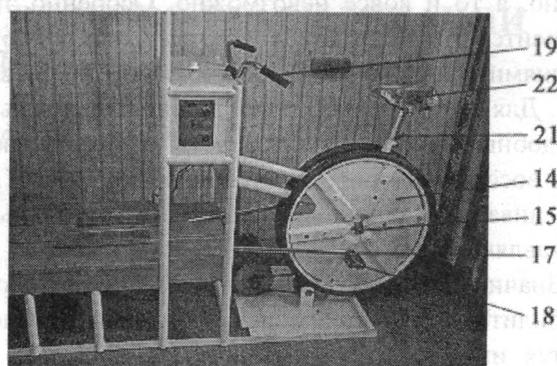
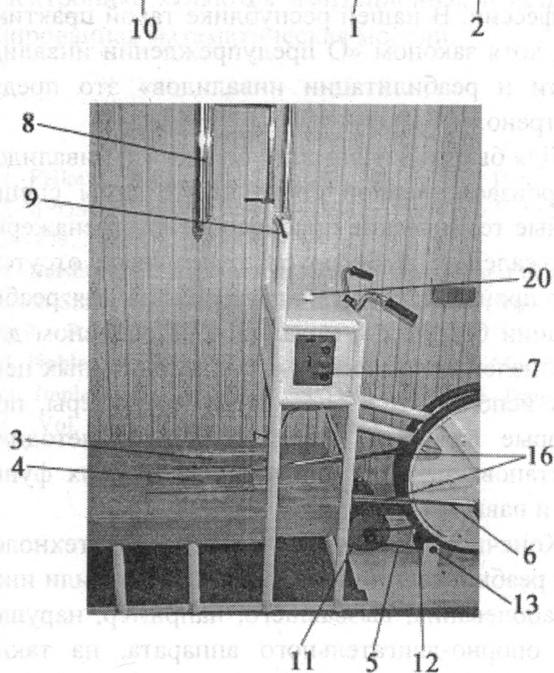
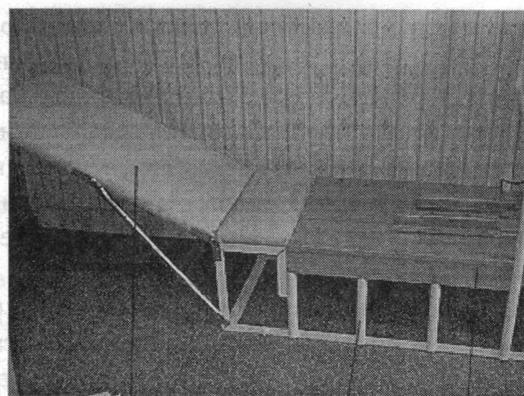


Рис. 1. Общий вид тренажера комплексного

менной передачей. Натяжение ремня осуществляется гайками 13 крепления вала.

Кривошипно-шатунный механизм состоит из двух дисков 14, установленных и закрепленных

клином на валу каретки 15. Диск соединен с валом каретки через втулку посредством шести винтов, и это решение позволяет переставлять его на 180° для введения функции движения двух кареток одновременно в одном направлении. Шатуны 16 соединены с каретками, а с другой стороны – с дисками с помощью специальных осей 17, на которых закреплены педали 18. Оси можно переставлять на диске в шесть точек и таким образом изменять величину кривошипа, а, следовательно, и ход кареток от 140 до 540 мм.

На дисках установлены велосипедные шины с пневмокамерами, что позволяет иметь надежное зацепление с электроприводом, а также, меняя давление в шинах и перемещая электропривод относительно дисков, ослабляя крепежные гайки, можно управлять нагрузкой в режиме велотренажера без включения электроэнергии. Нагрузка в режиме велотренажера при включенном пульте управления задается рукояткой 20 и кнопками пульта «Вперед» и «Назад». Высоту седла 22 регулируют с помощью рукоятки 21. Во время занятий на велотренажере пациент опирается руками на руль 19.

Конструкция тренажера имеет три позиции для реабилитации больных на различных стадиях восстановительного процесса:

- для лежачего больного с перемещением ног одновременно или попеременно;
- для стоячего больного с подпружиненной подмышечной опорой в области предплечья, закреплением поясицы и перемещением ног попеременно;
- велотренажер.

В режиме «лежа» (рис. 2) больного укладывают на тренажер. Ноги устанавливают на каретки и, предварительно установив угол α наклона пластины, закрепляют двумя ремнями, наложенными перекрестно в области таза. Под колени следует подкладывать валик, чтобы обеспечить начальную подвижность коленного сустава. В зависимости от сложности травм следует подобрать величину хода каретки, переставляя оси крепления шатуна на диске. Первые движения удобнее делать при перемещении кареток в одном направлении (шатуны закреплены на одинаковой высоте напротив), последующие движения – при перемещении кареток встречно, при этом начинать движение следует рукой, не

включая привод, перемещая диск. Если больного такая кинематика устраивает, то следует включить электропривод и регулировать скорость рукояткой. Можно попеременно включать реверс электропривода.

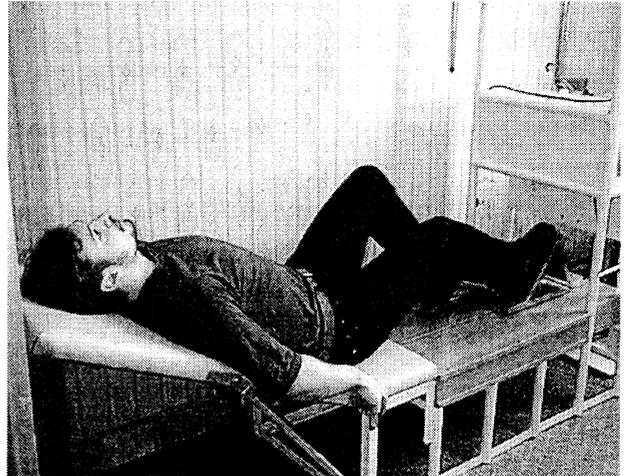


Рис. 2. Режим «лежа»

В режиме «стоя» (рис. 3) ноги больного закрепляют ремнями на каретках тренажера, заводят подмышечные опоры и регулируют их по высоте и ширине рукоятками. Поясом закрепляют область таза к стойке подмышечной опоры. Последовательность движений аналогична положению «лежа».

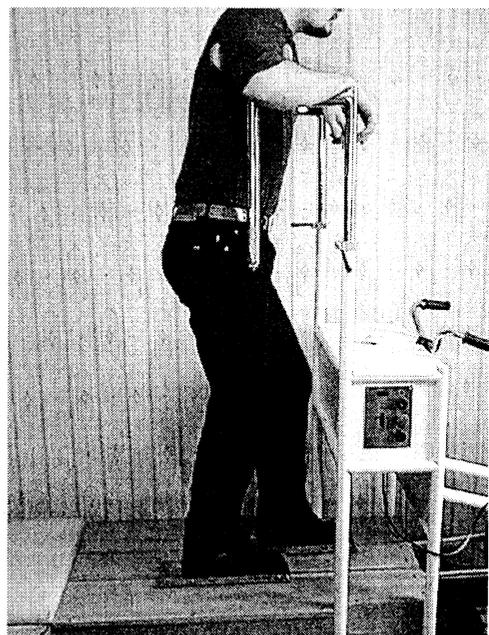


Рис. 3. Режим «стоя»

Велотренажер (рис. 4) используется как тренировочное средство. Нагрузку можно задать чисто механически, приближая электропривод к дискам или меняя давление в пневмошинах.

Были разработаны также методики технических и медицинских испытаний комплексного тренажера, после проведения которых в конструкцию экспериментального образца внесли изменения, улучшающие условия его эксплуатации и внешний вид.

В будущем планируется выпустить опытную партию комплексных тренажеров и после всесторонних технических и медицинских испытаний подготовить их серийное производство.

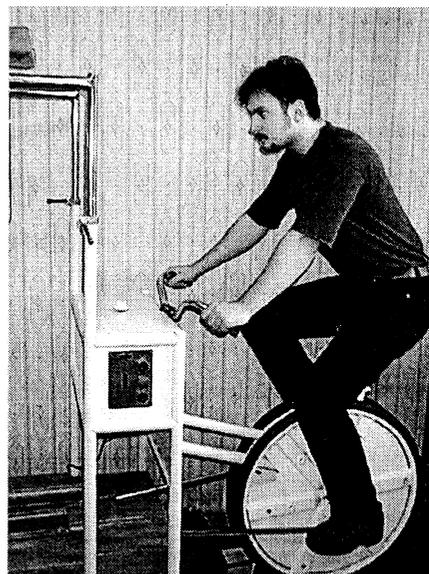


Рис. 4. Велотренажер

УДК 681.5.015

ПЛАНИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДЛЯ РОБОТОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ

Докт. техн. наук, проф. ПАШКЕВИЧ А. П., ассист. ЧУМАКОВ О. А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

При автоматизации процесса подготовки управляющих программ для робототехнологического комплекса (РТК) лазерной резки возникает задача синтеза плавной траектории движения инструмента, оптимально использующей кинематические возможности промышленного робота. Известные алгоритмы планирования траектории применимы только к избыточным манипуляционным системам, имеющим пять степеней свободы [1–3]. В этой работе предлагается алгоритм планирования траектории для роботов с шестью степенями подвижности, которые применительно к операции резки обладают кинематической избыточностью.

Предположим, что исходные данные для системы планирования траектории робота представлены в виде двух вектор-функций $\{\mathbf{p}(t), \mathbf{n}(t)\} | t \in [0; T]$, где t – скалярный аргумент (время); $\mathbf{p}(t) \in \mathbf{R}^3$ определяет декартовы координаты ра-

бочей точки инструмента и $\mathbf{n}(t) \in \mathbf{R}^3$ – единичный вектор ориентации инструмента, перпендикулярный к обрабатываемой поверхности (рис. 1). Учитывая содержательный смысл задачи, введем еще один единичный вектор $\mathbf{a}(t) = \dot{\mathbf{p}}(t) / |\dot{\mathbf{p}}(t)|$, касательный к поверхности детали и указывающий направление перемещения инструмента.

Полагая, что векторы $\mathbf{a}(t)$ и $\mathbf{n}(t)$ взаимно ортогональны, в каждой точке обрабатываемой траектории можно задать систему координат, ось X которой ориентирована вдоль направления движения, ось Z – вдоль оси инструмента, а ось Y определена по правилу «правой тройки векторов» (рис. 1). Поскольку технология резки допускает произвольное вращение инструмента относительно оси луча, локации режущего инструмента \mathbf{L} могут быть определены с точностью до вращения вокруг вектора \mathbf{n} :