

## *МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОННОЙ КИНЕМАТИКИ*

**И.Н. БУЛАТНИКОВА, Н.Н. ГЕРШУНИНА**

*Кубанский государственный технологический университет,  
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2  
электронная почта: inkras@yandex.ru*

В статье изложены математические основы алгоритмизации моделирования кинематических систем на базе целочисленной арифметики. Целочисленная алгоритмизация задач электронной кинематики обеспечивает микропроцессорам возможность реализовать не только моделирование на этапе проектирования, но и физическую замену конструкций кинематических систем.

**Ключевые слова:** целочисленные алгоритмы, быстродействующие микропроцессоры, проектирование кинематических систем.

Выдающийся механик, академик К.В. Фролов ввел термин “электронной кинематики”. Ее суть состоит в обеспечении заданных синхронных перемещений рабочих органов не с помощью традиционных механических кинематических узлов (шарниры, стержни, кривошпы, кулачки и т.п.), а с помощью силовых (обычно, электрических) приводов, синхронно управляемых компьютерной техникой [1].

Это упрощает процесс конструирования и изготовления сложных механических систем, сводя его к синтезу соответствующих алгоритмов и их программную реализацию на компьютерах.

Учитывая широкое распространение такого локального применения средств вычислительной техники, рекомендуем для этого применять микропроцессорные устройства.

В связи с этим остро встает вопрос эффективного алгоритмического обеспечения микропроцессорных систем, обеспечивающих решение задач электронной кинематики.

При этом надо учитывать архитектуру микропроцессоров, существенно отличающуюся от архитектур обычных ЭВМ.

В ряде наших исследований доказана эффективность микропроцессорных информационных технологий, базирующихся на целочисленной арифметике [2 - 4].

Такие целочисленные алгоритмы весьма быстродействующие и точные, что весьма эффективно при их реализации на микропроцессорах, имеющих, например, RISC-архитектуру.

Так как все узлы механизмов распределены и движутся в пространстве, то важно от статических алгебраических вычислительных моделей перейти к динамическим геометрическим моделям.

Также важно при этом учесть, что решение многих алгебраических задач проще осуществить геометрическими способами. Такой подход обеспечит резкое повышение скорости обработки управляющей информации не столько за счет внутренней тактовой частоты вычислителя (в МГц), а в большей степени за счет алгоритмического быстродействия.

В создании таких алгоритмов помогают геометрико-построительные методы, хорошо развитые в начертательной геометрии и широко используемые в инженерной графике.

Это позволяет, опираясь на целочисленные алгоритмы цифровой линейной интерполяции (линейка) и круговой интерполяции (циркуль), алгоритмы измерения угловых перемещений (транспортир), нахождения перпендикуляра к прямой (треугольник), перейти к целочисленной арифметике и, соответственно, резко снизить требования к архитектуре вычислителей (микропроцессоров), реализующих такие целочисленные алгоритмы.

Самым важным в снижении требований к микропроцессорам – это отсутствие умножений и делений в их системе команд. Это резко повышает быстродействие и точность обработки информации при решении задач электронной кинематики.

#### 1. Основные вычислительные методы на базе целочисленной арифметики

Ниже будут изложены средства целочисленной обработки информации для задач электронной кинематики.

### 1.1 Разностно-итерационные методы (РИА)

Разностно-итерационные методы – это неаналитические вычислительные методы, которые позволяют избежать умножения и деления [2], необходимые при решении задач электронной кинематики.

### 1.2 Методы псевдоповоротов вектора

Эти методы предложены в [3,4]. В качестве примера таких алгоритмов можно привести алгоритмы “цифра за цифрой” и поворотов системы координат на некоторый угол  $\alpha$ .

### 1.3 Цифровая линейная интерполяция

Существует множество алгоритмов цифровой интерполяции прямых линий. Некоторые из них с целью упрощения допускают абсолютную погрешность, достигающую одного шага интерполяции ( $\Delta$ ).

Нами разработан так называемый оптимальный алгоритм цифровой линейной интерполяции, имеющий вдвое меньшую абсолютную погрешность в  $\Delta/2$  и вдвое большее быстродействие по сравнению с неоптимальными [5]. Это обеспечивает более точное геометрическое моделирование кинематических систем при их расчетах.

### 1.4 Цифровая круговая интерполяция

Ситуация с цифровой круговой интерполяцией такая как и с линейной: много неоптимальных алгоритмов, у которых абсолютная погрешность достигает  $\Delta$ .

Нами обоснован и предложен оптимальный алгоритм цифровой круговой интерполяции, имеющий абсолютную погрешность, равную  $\Delta/2$ . То же самое – повышение вдвое быстродействие [5].

### 1.5 Угловые перемещения радиус-вектора

С помощью целочисленного алгоритма измерения фактического углового перемещения радиус-вектора при цифровой круговой интерполяции определяются углы поворотов вращающихся деталей. Это необходимо, например, при моделировании сложных кинематических кривых (циклоида,

эпи- и гипоциклоида). В основе этого алгоритма лежит учет связи величины углового сектора с его площадью.

### 1.6 Восстановление перпендикуляра к прямой

Уравнение перпендикуляра к данной прямой в заданной ее точке  $(x_0, y_0)$  (или проходящего через заданную точку) базируется на известных соотношениях аналитической геометрии. Их угловые коэффициенты соотносятся как  $k$  и  $-1/k$ .

### 1.7 Динамическое умножение переменных величин

Эта процедура позволяет в целочисленном формате перемножать переменные величины. Динамическим это умножение названо потому, что каждая из величин изменяется во времени (потактово), но с условием, что в каждом такте она изменяется дискретно (целочисленная арифметика) на  $\pm 1$  или не изменяется (т. е. нулевое приращение).

## 2. Концепция геометрического моделирования кинематических систем

Геометрическое моделирование базируется на основе тезиса: многие алгебраические задачи значительно проще решаются геометрически. Хорошо развитые в начертательной геометрии геометрико-построительные методы успешно применяются в инженерной графике и позволяют определить сложные конфигурации и кривые. Для этого используются четыре основных графических инструмента: линейка, циркуль, транспортир, угольник.

Все эти инструменты могут быть заменены целочисленными алгоритмами цифровой линейной, круговой интерполяции, алгоритмом измерения (определения) углов и алгоритмом определения параметров цифровой интерполяции перпендикуляра как прямой линии. В дополнение используется ряд других, в том числе логических алгоритмов.

## 3. Заключение

Переход на целочисленную алгоритмизацию информационных технологий обработки информации при решении задач электронной кинематики является весьма перспективным. Он позволяет простыми техническими средствами

(микропроцессоры) и быстродействующими целочисленными алгоритмами реализовать не только моделирование, но и физическую замену элементов сложных кинематических систем [6].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Фролов К.В., Бабицкий В.И. Механика и искусство конструирования в эпоху ЭВМ//Изобретатель и рационализатор. №12. 1986. С. 16-17.
2. Оранский А.М. Аппаратные методы в цифровой вычислительной технике. Минск: Изд-во БГУ. 1977. 208 с.
3. Булатникова И.Н., Булатников А.А., Ключко В.И. Информационные технологии с использованием целочисленной арифметики// Геоинжиниринг. НИПИ “ИнжГео”. Краснодар. 2011. №2. С. 54-57.
4. Байков В.Д., Смоллов В.Б. Специализированные процессоры: итерационные алгоритмы и структуры. М.: Радио и связь. 1985. 288 с.
5. Анишин Н.С. Методология проектирования алгоритмического обеспечения микропроцессорных устройств локальной автоматики (функциональное преобразование и обработка информации). Дис. ... д-ра техн. наук; 05.13.05. Киев. 1990. 401 с.
6. Анишин Н.С., Булатникова И.Н., Гершунина Н.Н. Моделирование кинематики плоских механизмов на базе целочисленных алгоритмов// Изв.вузов. Сев.-Кавказский регион. Сер. Технические науки. 2013. №4. С. 22-25.

#### REFERENCES

1. Frolov K.V., Babitskij V.I. Mekhanika i iskusstvo konstruirovaniya v ehpokhu EHVM//Izobretatel' i ratsionalizator. №12. 1986. S. 16-17. (Mechanics and art of design in the era of computers)
2. Oranskij A.M. Apparatnye metody v tsifrovoj vychislitel'noj tekhnike. Minsk: Izd-vo BGU. 1977. 208 s. (Hardware methods in digital computing)
3. Bulatnikova I.N., Bulatnikov A.A., Klyuchko V.I. Informatsionnye tekhnologii s ispol'zovaniem tselochislennoj arifmetiki// Geoinzheniring. NIPI <http://ntk.kubstu.ru/file/294>

“InzhGeo”. Krasnodar. 2011. №2. S. 54-57. ( Information technologies using integer arithmetic)

4. Bajkov V.D., Smolov V.B. Spetsializirovannye protsessory: iteratsionnye algoritmy i struktury. M.: Radio i svyaz'. 1985. 288 s. (Specialized processors: iterative algorithms and structures.)

5. Anishin N.S. Metodologiya proektirovaniya algoritmicheskogo obespecheniya mikroprotsessornykh ustrojstv lokal'noj avtomatiki (funktsional'noe preobrazovanie i obrabotka informatsii). Dis. ... d-ra tekhn. nauk; 05.13.05. Kiev. 1990. 401 c. (Methodology of designing algorithmic support microprocessor local automation (functional transformation and processing of information))

6. Anishin N.S., Bulatnikova I.N., Gershunina N.N. Modelirovanie kinematiki ploskikh mekhanizmov na baze tselochislennykh algoritmov// Izv.vuzov. Sev.-Kavkazskij region. Ser. Tekhnicheskie nauki. 2013. №4. S. 22-25. (Simulation of kinematics of the planar mechanisms on the basis of integer algorithms)

## *MATHEMATICAL FOUNDATIONS OF SOLVING PROBLEMS E KINEMATICS*

**I.N. BULATNIKOVA, N.N. GARSHENINA**

*Kuban State Technological University,  
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072  
e-mail: inkras@yandex.ru*

The article describes the mathematical fundamentals of algorithmization kinematic simulation-based systems integer arithmetic. Integer algorithmization of the tasks of the electronic kinematics provides microprocessors opportunity not only to implement modeling at the design stage, but the physical replacement of designs of kinematic systems.

**Keywords:** integer algorithms, high-speed microprocessors, design of kinematic systems.