

2. Лазарев Е.Н. Дизайн машин. – Л.: Машиностроение, 1988.
3. Штробель В.К. Современный автомобильный кузов. Перевод с немец. Н.А. Юниковой, под ред. Л.И. Вихко. - М.: Машиностроение, 1984. – 264с., ил.
4. <http://www.cybersecurity.ru/>
5. <http://wwr.ru/?p=2261>
6. <http://nauka21vek.ru/archives/10444>
7. <http://www.ccardesign.ru/articles/library/2010/10/21/4279/>
8. <http://nauka21vek.ru/archives/30026>
9. <http://autoutro.ru/review/2011/09/22/220101.shtml>

### **Информационные и энергетические преобразователи в системах управления**

к.т.н. доцент Мельников А.А.  
Университет машиностроения  
[Ark-melnikov@yandex.ru](mailto:Ark-melnikov@yandex.ru)

*Аннотация.* Рассматриваются информационные и энергетические преобразователи с позиций системотехники. Набор элементов превращается в систему благодаря обмену информацией между элементами, поэтому качество любой системы определяется процессами передачи информации в ее элементах и системе в целом. Рассматривается кинетика информационных процессов и влияние ее на качество систем управления.

*Ключевые слова:* системы управления, информационные и энергетические преобразователи, кинетика информационных процессов

При рыночной экономике покупатель отдает предпочтение товарам, отвечающим современному уровню техники. При разработке нового изделия разработчик анализирует аналоги – устройства, выполняющие аналогичные функции, но не удовлетворяющие современным требованиям. Из аналогов выбирается прототип, который дорабатывается под заданные требования. Одной из первостепенных задач является определение соответствия прототипа современному уровню развития техники. На основании проведенного анализа формулируются окончательные требования к разрабатываемому изделию.

Одним из плодотворных направлений при разработке новой техники является системный подход. Термин система широко используется в автомобилестроении с давних пор, но научное определение он получил при создании науки – системотехника. Системотехника возникла как самостоятельная наука в США и СССР в 50-60 годах при создании сложных систем, таких как системы противовоздушной обороны (ПВО). Разработка хорошо функционирующих элементов системы, таких как локационные станции, средства связи и наведения, телеметрии и пунктов управления, не гарантировали работу системы в целом.

Эти же проблемы возникают и при создании ДВС. Разработка, например, удовлетворяющих общим требованиям элементов системы зажигания (трансформатора зажигания, коммутатора, распределителя и т.д.) не гарантирует работу ДВС в сборе. Для обеспечения работы ДВС требуется его доводка, которая осуществляется системотехниками. Системотехник – это специалист широкого профиля, который способен оценить состояние объекта в целом.

Системотехника и кибернетика как наука об общих законах управления и информационных связях в технических, биологических и социальных системах позволили определить предмет теории управления сложными системами и показали, что практически все материальные системы являются системами управления или их элементами.

Самым существенным фактором в организации целостной системы, к какой бы категории она ни относилась, является передача в ней информации. Только благодаря непрерывному обмену информацией между отдельными частями системы (элементами) осуществляется их организованное взаимодействие. Способы соединения элементов в систему немногочис-

ленны [2]. Современные системы строятся на основе магистрального (шинного) принципа обмена командами и данными.

При изучении систем рассматривают статику (изучение граничных состояний), кинетику (выявление характера движущей силы, приводящей в действие систему) и динамику (изменении параметров системы во времени под действием движущей силы). В зависимости от области исследований можно рассматривать кинетику вещества (перемещение масс); кинетику энергии системы (кинетическую энергию); кинетику информационных процессов (выявление носителей и их формы, информативных параметров, движущей силы в процессах передачи информации).

Однозначного определения термина информация в современной науке нет. В разных источниках информацией называют любые сведения о каких-либо ранее неизвестных объектах: содержательное описание объекта, события или явления; результат выбора; содержание сигнала, сообщения; меру разнообразия, отраженное разнообразие; уменьшаемую неопределенность; меру сложности структур, меру организации; результат отражения реальности в сознании человека, представленный на его внутреннем языке; семантику и прагматику языка представления данных; атрибут материи и многое другое.

Можно выделить несколько направлений в информационных теориях: теории, рассматривающие фундаментальные основы информации, и теории, связанные с определением количества информации, и теории передачи информации потребителю (количественные теории информации). Классическая количественная теория информации состоит из двух частей: теории преобразователей, преобразующих сигналы, основную долю в которой составляют вопросы кодирования, декодирования и модуляции, и теории передачи сообщений и сигналов без шумов и с шумами (с помехами) в канале связи, основным утверждением которой является, что носителем сообщения или информации является сигнал.

Для рассмотрения информационных и энергетических преобразователей применяется подход к информационно-энергетическим процессам, используемый Новицким П.В. [1]. Все материальные объекты одновременно обладают неразрывно связанными атрибутами материи: массой, энергией и информацией. Информация – это универсальное свойство всего существующего в материальном мире, которое можно передавать только с помощью сигналов.

Основой существования и функционирования технических объектов является движение в них материальных потоков в соответствии с объективно существующими законами природы. При движении материальных потоков масса объекта проявляет себя инерционными свойствами, энергия – возникновением силы, воздействующей на окружающие материальные тела и способной совершать работу, информация заключена в разнообразии пространственно-временных состояний, отражающих результат взаимодействия с другими материальными телами или являющихся следствием внутренних превращений. В технике это отражается рассмотрением материальных объектов в трёх аспектах: вещественном, энергетическом и информационном [1, 2].

Любой объект проявляет свое состояние определёнными свойствами, которые могут быть выделены из общего потока информации и определены с помощью информационных (измерительных) средств. Физические величины, характеризующие условия протекания процесса в объекте управления, в технике называют параметрами. А под процессом понимается изменение во времени параметра. Различают активные (поточные), характеризующие энергию движения материального потока, и пассивные, характеризующие свойства вещества, параметры.

Единственный способ получения объективной количественной информации об объекте – это измерение. Измерение – это процесс восприятия неизвестной величины, преобразование ее в величину, для которой существует эталон (мера), и нахождение цифрового эквивалента отношения неизвестной величины и меры – единицы измерения [2].

Контроль – это частный случай измерения, когда в качестве меры используется не единица измерения, а заданная величина – уставка.

Без учета операции восприятия неизвестной величины и преобразования уравнение из-

мерения можно записать в следующем виде:

$$N = Q/q, \quad (1)$$

где:  $N$  – цифровой эквивалент (результат измерения),  $Q$  – неизвестная величина,  $q$  – единица измерения.

Передача информации может происходить только в результате массообменных процессов, т.е. перемещения потока вещества, характеризующегося определенной физической величиной (поточным параметром). Физическая величина выступает носителем информации. Форма физической величины определяет информативные параметры, изменение которых обеспечивает передачу информации. Изменение информативного параметра под воздействием входной величины преобразователя называется модуляцией. Носитель с модулированным информативным параметром называется сигналом [2].

Форма физической величины (носителя информативного параметра) определяет возможные виды модуляции. Информация по цепи преобразователей и линий связи передается путём модуляции (изменения по определённому закону) информативного параметра носителя информации. В качестве носителя информации может быть использована любая физическая величина.

При отсутствии модулирующего сигнала носители информации по форме могут быть постоянного уровня и переменного уровня, например, в виде гармонических колебаний (рисунков 1а, д). Для электрических величин это постоянные и переменные токи и напряжения. Носители, показанные на рисунке 1а, непрерывные по времени и по уровню, называются аналоговыми. Они имеют один информативный параметр  $A_m$  (размер, интенсивность, уровень, амплитуду).

Другая форма носителей представлена на рисунке 1б. Это импульсные носители, дискретные по времени и непрерывные по уровню (амплитуде). Носители, показанные на рисунке 1б, имеют в качестве информативных параметров  $A_m$  – амплитуду;  $f$  – частоту;  $t = 1/f$  – период следования;  $\tau$  – длительность (ширину) импульсов и  $\varphi = 2\pi(\Delta t)/t$  – фазовый сдвиг (сдвиг относительно начального положения на время  $\Delta t$ ). Периодическая последовательность импульсов может характеризоваться – *скважностью*  $i = t / \tau$  или относительной длительностью (коэффициентом заполнения)  $\gamma_\tau = \tau / t$ .

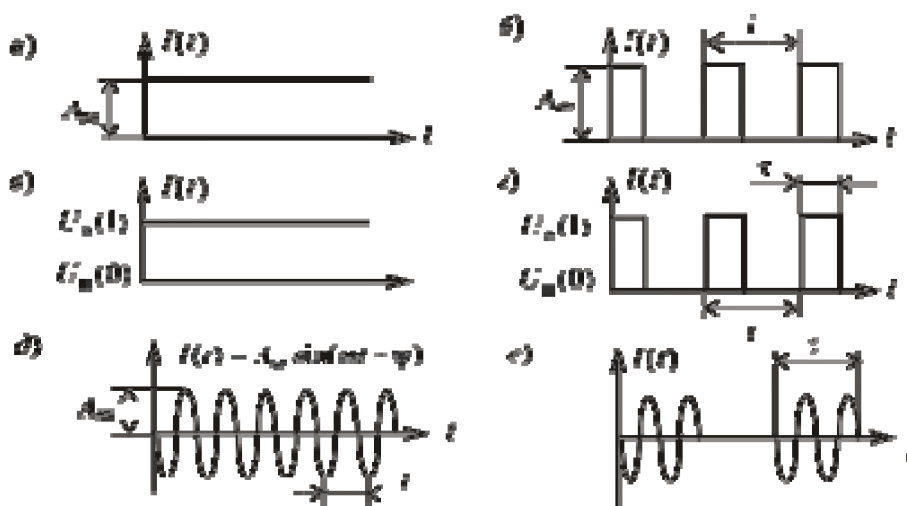


Рисунок 1 – Формы носителей информативного параметра:

- а** – постоянного уровня (непрерывный по времени и непрерывный по амплитуде);
- б** – дискретно-непрерывный (дискретный по времени и непрерывный по амплитуде);
- в** – непрерывно-квантованный (непрерывный по времени и квантованный по амплитуде);
- г** – дискретно-квантованный (дискретный по времени и квантованный по амплитуде);
- д** – гармонический (непрерывный по времени и непрерывный по амплитуде)
- е** – гармонический (дискретный по времени и непрерывный по амплитуде)

Информативные параметры носителя могут квантоваться, т.е. иметь только несколько

значений. Носитель, непрерывный по времени и с квантованным уровнем (амплитудой) показан на рисунке 1в. Носитель имеет два уровня: высокий  $U_v(1)$  и низкий  $U_n(0)$ .

Носитель, дискретный по времени и квантованный по амплитуде, показан на рисунке 1г. На рисунке 1г показана квантованная амплитуда, хотя квантованию может подвергаться любой информативный параметр.

Носители (рисунок 1д) в виде гармонических колебаний  $I(t) = A_m \sin(\omega t + \varphi)$  имеют четыре информативных параметра:  $A_m$  – амплитуду;  $f = \omega/2\pi$  – частоту;  $T = 1/f$  – период и  $(\omega t + \psi)$  – фазу, где  $\psi$  – начальная фаза.

Форма носителя информации определяет возможные виды модуляции. При использовании непрерывного по времени и непрерывного по амплитуде носителя возможна только амплитудная модуляция (АМ). Для импульсных носителей (рисунок 1б) могут использоваться амплитудно-импульсная модуляция (АИМ), частотно-импульсная модуляция (ЧИМ), время-импульсная модуляция (ВИМ), фазо-импульсная модуляция (ФИМ), широтно-импульсная модуляция (ШИМ). ЧИМ, ВИМ, ФИМ и ШИМ называют круговыми видами модуляции.

Для квантованных по амплитуде носителей (рисунок 1в) могут использоваться амплитудно-квантованная модуляция (АКМ), а для носителей, представленных на рисунке 1г, – амплитудно-квантованная импульсная модуляция (АКИМ). В принципе могут квантоваться и другие информативные параметры, реализуя частотно квантованную импульсную модуляцию (ЧКИМ), фазовую квантованную импульсную модуляцию (ФКИМ) и т.д.

Для носителя в виде гармонических колебаний возможны амплитудная модуляция (АМ<sub>r</sub>), частотная модуляция (ЧМ<sub>r</sub>), периодная (временная) модуляция (ВМ<sub>r</sub>), фазовая модуляция (ФМ<sub>r</sub>).

При модулировании одного из информативных параметров для передачи информации предполагается, что остальные остаются неизменными или их изменения являются помехой (отрицательно влияющие величины). В ряде случаев используют одновременную модуляцию нескольких информативных параметров, чаще двух (двукратная модуляция), например, частотно-амплитудная модуляция, когда информация передается измерением частоты и амплитуды. В рассмотренных случаях информация передается в виде изменения по абсолютной величине информативного параметра. Возможно использование преобразователей, в которых информацию несёт приращение информативного параметра. Примером такой модуляции может быть дельта-модуляция (Δ-модуляция).

Все естественные материальные объекты и протекающие в них процессы являются дискретно-квантованными. Это относится и к биологическим объектам (живым организмам). Например, все материальные объекты состоят из ограниченного числа молекул и атомов и имеют ограниченный срок существования. Электрическое напряжение (потенциал) является суммой потенциалов отдельных электрических заряженных частиц (электронов, ионов и т.д.); электрический ток – это поток заряженных частиц; давление – это число ударов частиц (молекул) о стенки сосудов (магистралей), резервуаров (емкостей); температура, это скорость движения (колебания) частиц (молекул) вещества и т.д.

Аналоговые (непрерывные) модели, используемые в науке и технике, являются отражением во многом устаревших взглядов.

Мгновенное значение квантованной величины можно представить числом квантов в некоторой системе счисления или числовым кодом. Код – это совокупность условных знаков любой природы, образованная по определённому правилу. Число условных знаков, из которых строится код, называется основанием кода. Сами условные знаки, используемые кодом, называются символами, или буквами кода. Кодовая комбинация, состоящая из  $n$  символов, называется кодовым словом, имеющим  $n$  разрядов. Методы построения кодового слова как результата счёта связаны с системами счисления. Построение любой системы счисления начинается с выбора её основания – количества цифр (символов), из которых можно получить любое число. Цифра – это абстрактный символ счёта, воспринимаемый человеком и исполь-

зуемый для записи кодов. В технических системах цифры представляются кодами с использованием квантованных носителей информации. Человечество использует разнообразные системы счисления, но в технике наиболее распространены двоичная и десятичная. В основу двоичной системы положено два символа (0 и 1). Десятичная система имеет десять символов (от 0 до 9). Двоичная система счисления нашла применение в дискретной технике ввиду широкого распространения элементов с явно выраженными двумя устойчивыми состояниями, например, реле, триггеры и т.д., с помощью которых можно легко представлять двоичные символы.

Различают позиционные коды, в которых символу, стоящему на определённой позиции, называемой разрядом, присваивается определённый вес, и непозиционные, в которых место символов в разрядах кода может быть произвольным.

Позиционные коды могут быть представлены многочленами, для которых задаётся конечное число символов кода, число разрядов и правило определения числа. Так,  $n$ -разрядное число в коде с основанием  $q$  запишется в виде полинома:

$$N_q^n = a_n q^{n-1} + a_{n-1} q^{n-2} + \dots + a_2 q^1 + a_1 q^0,$$

где:  $a$  – символ кода, имеющий значения от 0 до  $q - 1$ ,  $q$  – основание системы счисления,  $n$  – число разрядов.

При передаче информации коды могут передаваться параллельно или последовательно. При параллельной передаче каждый разряд кода передается по своей линии связи, которые распределяются по пространству устройства. Последовательная передача кода требует синхронизации.

Примером непозиционного кода является единичный (унитарный) код. Основание кода – единица, и вес всех разрядов одинаков и равен единице. Такой код передается числом импульсов (числоимпульсной последовательностью число - импульсной модуляцией – ЧИСИМ). Амплитуда импульсов не имеет значения. Главное наличие импульса. Есть импульс – код равен 1, нет импульса нет кода. Он представляется пачкой импульсов и легко получается из сигнала с частотно-импульсной модуляцией, если определять число импульсов, следующих с заданной частотой, за эталонный интервал времени. Единичный код можно записать как  $N_1^m$ , где  $m$  – число разрядов кода (число импульсов).

При использовании двухуровневых квантованных носителей возможно квантам условно присвоить абстрактные символы, например 0 и 1, и далее рассматривать не конкретные физические носители и их информативные параметры, а абстрактные коды. Модуляции при использовании квантованных носителей получили название кодовых видов модуляции. Различают кодовые модуляции (КМ) с использованием непрерывных носителей и кодово-импульсные модуляции (КИМ) с использованием импульсных носителей.

Вид модуляции является основной характеристикой, определяющей качество информационной системы. *Выбор модуляции (исследование кинетики информационных процессов системы) – основная задача, которую приходится решать при проектировании систем управления техническими объектами.* Вид модуляции выбирается исходя из требуемой точности, быстродействия, удаления объекта управления от пункта управления и допустимых затрат. Устройства, использующие амплитудные виды модуляции обладают предельным быстродействием, но имеют низкую точность и надежность. Устройства, использующие кодовые виды модуляции обладают высокой точностью, надёжностью и помехоустойчивостью, но имеют более низкое быстродействие. Устройства с частотными видами модуляции по своим характеристикам занимают промежуточное положение, но имеют высокую помехоустойчивость [6].

Теоретически с помощью амплитудно-импульсной модуляции АИМ можно различать  $10^3$  градаций измеряемого или передаваемого параметра, с помощью ЧИМ –  $10^6$ , а с помощью АКИМ –  $10^9$ .

В работе [3] указывается, что с использованием АИМ можно передавать до 4 бит информации, с использованием ЧИМ – до 8 бит, а при использовании АКИМ и числоимпульсной

модуляции (ЧисИМ) – до 11 дит.

В работе [1] рассматриваются информационно - энергетические соотношения для ряда видов модуляций. При одной и той же мощности сигнала, получаемого от объекта измерения, количество передаваемой информации зависит от вида модуляции. Так для АМ скорость передачи информации  $C_{ам} = N/\sqrt{P \cdot t}$ , для ВМ (ВИМ) –  $C_{вм} = 2 \cdot \pi \cdot N/\sqrt{P \cdot t}$ , для ЧМ (ЧИМ) –  $C_{чм} = N/(P \cdot t)$ , где  $N$  – число различных градаций,  $P$  – мощность, потребляемая преобразователем, от объекта измерения,  $t$  – время измерения.

Как показано в теории связи, при использовании частотных видов модуляции возрастает помехозащищенность канала связи. Однако по быстродействию элементов виды модуляции располагаются в обратном порядке. Технологическая революция в микроэлектронике привела к созданию элементной базы с предельными частотами до сотен ГГц.

Прогресс в технике определяется уровнем освоения кодовых видов модуляции (КМ) в системах управления. Революция в микроэлектронике привела к повсеместному внедрению кодовой модуляции, во многом сняв остроту задачи выбора вида модуляции. В результате научно-технического прогресса получили развитие вычислительная техника, электроника. Это привело к использованию систем с кодовой модуляцией практически во всех функциональных устройствах системы управления.

Термин элемент используется в системотехнике и определяется как условно неделимая часть системы. В теории управления элемент называется звеном, если рассматриваются его динамические свойства. По функциональному назначению основные элементы системы предназначены для преобразования энергии, информации или параметров материального потока (вещества). Поэтому в теории преобразователей элементы называются преобразователями. Группа преобразователей образует устройство.

Любая система измерения или измерительный прибор, состоящие из информационных и измерительных преобразователей, являются частью системы управления, которая выдает информацию управляющему устройству для принятия решения о формировании команд управления (воздействия) на объект управления, который для информационно-измерительной системы рассматривается как объект измерения. Полученная информация с помощью измерительного прибора всегда используется системой управления, хотя процесс управления может быть распределен в пространстве и времени.

Под информационным преобразователем понимается преобразователь, предназначенный для преобразования физической величины (носителя информации), характеризующий материальный поток на входе преобразователя, информативного параметра (вида модуляции) и вида энергии [2]. В основу работы любого информационного преобразователя положен определенный физико-химический закон (явление).

Преобразование выполняется с заданной погрешностью и в течение заданного времени. Характеристики входного и выходного потока вещества можно разделить на ряд групп:

- физическая величина, характеризующая поток вещества и являющаяся носителем информативного параметра;
- информативный параметр, определяемый формой носителя (физической величины), а отсюда и вид модуляции;
- род энергетической природы носителя информативного параметра (вид энергии).

Необходимо отметить, что в устройствах, использующих кодовые виды модуляции, становится неактуальной физическая сущность сигнала. Происходит абстрагирование сигнала, отрыв его от носителя, и вводится понятие код ( $N_q^n$ ), где на первый план выходят система счисления  $q$ , разрядность  $n$  и алгоритм организации кода.

Рассмотренный системный подход позволяет входной и выходной материальные потоки представить обобщенными векторами  $\bar{a}$  и  $\bar{b}$  в трёхмерной системе координат. Связь входного и выходного потоков можно представить системой уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{a}[X_i(Y_i)Z_i]D_{\text{вх}} \rightarrow \vec{b}[X_o(Y_o)Z_o]D_{\text{вых}} \\ Y_o = \Phi(Y_i) \\ \pm \Delta Y \\ \Delta t_3 \end{array} \right. \quad (2)$$

где:  $\vec{a} \rightarrow \vec{b}$  – поточная формула, где  $X_i, X_o$  – физическая величина любой природы, характеризующая поток вещества на входе (in) и выходе (out) преобразователя (носитель информативного параметра);  $Y_i, Y_o$  – информативные параметры входного и выходного сигналов (входная и выходная величины);  $Z_i, Z_o$  – вид энергии на входе и выходе преобразователя;  $D_{\text{вх}}$  – диапазон изменения входной величины ( $Y_{i.\text{min}}, \dots, Y_{i.\text{max}}$ );  $D_{\text{вых}}$  – диапазон изменения выходной величины ( $Y_{o.\text{min}}, \dots, Y_{o.\text{max}}$ );

$\Phi(Y_i)$  – функция преобразования (статическая характеристика), являющаяся математической моделью физического явления, на основе которого построен преобразователь, и связывающая входную и выходную величины;

$\pm \Delta Y$  – абсолютная погрешность преобразования;

$\Delta t_3$  – время передачи сигнала от входа к выходу (быстродействие, задержка, постоянная времени, время хранения).

Для описания элементов или систем с помощью поточных формул целесообразно составлять структурно-поточные и функционально-поточные схемы [2].

В общем случае физические явления происходят при определенных условиях внешней среды. Большинство явлений осуществляется при наличии нескольких входных величин. На практике используют физические явления, в которых входных величин не более двух. В этом случае одну из входных величин делают постоянной. Влияние на выходной параметр других входных величин оценивается погрешностью. В этом случае они называются возмущающими воздействиями, или влияющими величинами. При определенных значениях возмущающих воздействий существование определенного физического явления становится невозможным.

Любая сложная система может быть описана только с помощью многоаспектного и многоуровневого множества моделей, каждая из которых описывает поведение системы с точки зрения различных уровней абстракции с различной степенью детализации в определенной среде [4]. Для сложной системы управления подобная иерархическая структура описаний может быть представлена в виде многоаспектной и многоуровневой модели в различных средах. Структура многоаспектной и многоуровневой модели сложной системы управления представлена на рисунке 2.

Процесс функционирования (жизни) системы в наиболее общем виде отображается в нескольких принципиально отличающихся и в то же время неразрывно связанных пространствах движения одной и той же системы. Это равнозначно одновременному рассмотрению поведения системы в различных по своей природе средах с различных аспектов, при этом требования к системе формируются с учетом условий и ограничений, накладываемых каждой средой на процесс функционирования. Взаимное влияние процессов функционирования системы управления в различных средах показано на рисунке 2 прямыми и обратными связями.

Для описания системы в информационно-энергетической среде необходимо выявление характера движения потоков вещества, энергии и информации – кинетики системы. Эта задача является первостепенной. Энергетические и информационные процессы в любой системе характеризуются определенной физической величиной, форма которой определяет носитель энергии и информативный параметр, определяющий возможные виды модуляции. От вида используемой модуляции зависят все технические показатели системы в целом.



**Рисунок 2 – Структура многоаспектной, многоуровневой модели сложной системы**

При описании системы в информационно-энергетической среде рассматриваются процессы преобразования энергии, информации и вещества в элементах системы, которые целесообразно представлять как преобразователи, основанные на определенных физических явлениях. Описание системы в данном случае должно включать в себя анализ информационных потоков и методов преобразования информации и энергии, определяемых физическим явлением, положенным в основу функционирования элемента [2].

В современных технических устройствах наряду с функциональными преобразователями значительную роль стали играть устройства передачи информации (линии связи) и накопления энергии, информации и вещества (аккумуляторы, запоминающие устройства и накопители).

При описании системы в абстрактно-функциональной и программно-алгоритмической среде модели абстрагируются от материальной и энергетической (физической) природы процессов и приобретают абстрактный математический характер, отражаемый в различных функциях, которые могут быть представлены в аналитической, графической и табличной формах.

Исчерпывающей моделью любого преобразователя является дифференциальное уравнение, описывающее связь входной и выходной величин. Из дифференциального уравнения получают функцию преобразования (статическую характеристику)  $y = \Phi(x)$  (зависимость выходной величины  $y$  от входной величины  $x$ ), переходную функцию  $y = f(t)$  (зависимость выходной величины от времени) и передаточную функцию  $w(s) = Y(s)/X(s)$  [2].

На базе математических моделей составляются алгоритмы решения поставленной задачи управления или обработки потоков информации, обеспечивающих достижение поставленной цели управления, которые могут быть представлены в виде программ на языке конкретного микропрограммного устройства.

При использовании кодовых видов модуляции происходит абстрагирование сигнала и переход от модуляционно-физической сущности сигнала к абстрактно-цифровому представлению информации. Элементы, использующие цифровые коды, относятся к абстрактным цифровым автоматам. Описание их работы (алгоритм преобразования) представляется в виде математической модели с использованием аппарата алгебры логики. Алгоритм преобразования может представляться графически или в символической форме. По составленной алгоритмической модели на выбранном для данной системы техническом языке разрабатываются программы для микропрограммных устройств управления. Широко используются два принципа управления: аппаратный и микропрограммный [2].

В статическом режиме работы преобразователи характеризуются статическими характеристиками (параметрами) – функцией преобразования, коэффициентом передачи, чувстви-



тельностью, порогом чувствительности, диапазоном изменения входной величины и погрешностью. В переходном режиме свойства преобразователей отражаются динамическими характеристиками, к которым относят переходную и весовую функции (временные характеристики), на основе которых можно определить постоянную времени и быстродействие, амплитудно-частотную и фазо-частотную характеристики (частотные характеристики). Используют и упрощенные характеристики: диапазон частот, предельную частоту (частоту среза), время запаздывания, время задержки и т.д.

Всеобщим законом является изменение выходной амплитуды и смещение по фазе сигнала, прошедшего любой преобразователь, который должен учитываться при проектировании любого преобразователя. Амплитуда и фаза выходного сигнала зависят также от частоты входного сигнала.

Трудности составления и решения дифференциального уравнения и отсутствие необходимой информации привели к разработке большого количества математических моделей, неадекватно описывающих поведение реального объекта.

*В материальной (текстово - графической и вещественной) среде* описание системы сначала выполняется в виде схемотехнических решений (схем: структурных, функциональных, принципиальных и др.) с использованием определенной элементной базы, текстовой документации, затем в виде конструкторских чертежей. Окончательно изделие представляется в виде материальных моделей и образцов изделий, изготавливаемых по технической документации.

Однако на современном этапе развития при разработке схем (графических моделей устройств системы) могут использоваться виртуальные модели, реализуемые на ЭВМ в системах автоматического проектирования (САПР), обеспеченных соответствующими программами автоматического проектирования. Такие программы позволяют перенести результат проектирования на машиночитаемых носителях в технологическое оборудование, на котором изготавливается разработанное изделие.

Необходимо отметить, что на современном этапе основой конструкторско-технологической разработки элементов изделий микропрограммных устройств управления является микроэлектроника. Прогресс в микроэлектронике позволяет выполнить практически всю подсистему управления в виде одной сверхбольшой микросхемы (СБИС). Это привело к утрате термина микропроцессорный набор и введению термина однокристальное микропрограммное устройство [4, 5].

*В производственно-технологической среде* разрабатываются технологические процессы, модели подготовки производства и технологического оборудования. Для микропрограммных устройств системы управления таким оборудованием являются программаторы и другое оборудование, позволяющее выполнять программирование, загружать программы в запоминающие устройства и отладку функционирования микропрограммных устройств на реальных изделиях.

*В эксплуатационной среде* основные модели направлены на обеспечение заданных показателей надежности. Кроме этих моделей, направленных на повышение схемной, метрологической и конструктивной надежности (функциональной надежности), для современных сложных систем управления являются обязательными встраиваемые системы контроля и измерения основных параметров элементов в процессе их работы. Информация со встроенных в систему датчиков и информационных преобразователей используется диагностическими системами при выявлении аварийных ситуаций и определении неисправностей и места их возникновения в системе. Диагностические системы могут встраиваться в системы управления или подключаться к ним при проверках и техническом обслуживании.

*Цель создания экономических моделей* – обоснование целесообразности создания системы управления, выбор варианта и оценка результата функционирования в ходе ее эксплуатации. Экономические модели позволяют произвести сравнение вариантов системы и ее элементов, определить эффективность использования и затраты на создание системы управления.

### Выводы

Вид модуляции является основной характеристикой, определяющей качество информационной системы и ее элементов.

В качестве классификационного параметра при классификации систем и, в частности систем управления, должен использоваться не показатель линейности дифференциального уравнения, а форма носителя информации (рисунок 1) [2].

### Литература

1. Новицкий П.В. Основы информационной теории измерительных устройств. – Л.: «Энергия», 1968. – 246 с.
2. Мельников А.А. Теория автоматического управления техническими объектами автомобилей и тракторов: Учеб. пособие для студ. высш. учеб заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 280 с.
3. Электрические измерения неэлектрических величин. Изд.5-е, пераб. и доп. /Под ред. П.В. Новицкого – Л.: «Энергия» 1975. – 576 с.
4. Микропроцессоры, микроконтроллеры и однокристалльные программируемые устройства. Часть I. Мельников А.А., Мельников А.А. (ст.), Мельников А.А. (мл.) /Под ред. А.А. Мельникова – М.: Издательство «Спутник +» 2010. – 269 с.
5. Микропроцессоры, микроконтроллеры и однокристалльные программируемые устройства. Часть II. Мельников А.А., Мельников А.А. (ст.), Мельников А.А. (мл.) /Под ред. А.А. Мельникова – М.: Издательство «Спутник +» 2010. – 235 с.
6. Мельников А.А., Трифонов Е.Ф., Рыжевский А.Г. Обработка частотных и временных сигналов. – М.: «Энергия» 1976. – 132 с.
7. Мельников А.А. Управление техническими объектами автомобилей и тракторов: Системы электроники и автоматики; Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 376 с.
8. Электрооборудование автомобилей и тракторов. Лабораторный практикум. Ермаков В.В., Малеев Р.А., Мельников А.А., Мельников А.А. (мл.), Нигматуллин Ш.М., Филатов Б.С. /Под ред. А.А. Мельникова. – М.: МГТУ «МАМИ», 2007. – 292 с.
9. Компьютерное моделирование электронных устройств систем управления. Часть I. – 2-е изд. Исправленное и доп. Учеб. пособие для вузов. Ермаков В.В., Коротков В.И. Малеев Р.А., Мельников А.А., Мельников А.А. (мл), Нигматуллин Ш.М., Филатов Б.С. /Под ред. А.А. Мельникова. – М.: МГТУ «МАМИ» 2007. – 253 с.
10. Компьютерное моделирование электронных устройств систем управления. Часть II. Учеб. пособие для вузов, Ермаков В.В., Коротков В.И. Малеев Р.А., Мельников А.А., Мельников А.А. (мл), Нигматуллин Ш.М., Филатов Б.С. /Под ред. А.А. Мельникова. – М.: МГТУ «МАМИ» 2007. – 251 с.
11. Мельников А.А., Мельников А.А. (мл), Мельникова А.А., Ультразвуковые преобразователи в средствах измерения / Под ред. А.А. Мельникова. – Издательство «Спутник +», 2010. – 154 с.
12. Мельников А.А., Мельников А.А. (мл), Измерение температуры биологических объектов / Под ред. А.А. Мельникова. – Издательство «Спутник +», 2010. – 303 с.

### **Определение соответствия объекта разработки уровню современной техники**

к.т.н. доц. Мельников А.А.  
Университет машиностроения  
Ark-melnikov@yandex.ru

*Аннотация.* При разработке изделий любого назначения необходимо определять его соответствие уровню современной техники. В статье предлагаются показатели, определяющие уровень развития современной техники.

*Ключевые слова:* объект разработки, уровень современной техники, пока-