

УДК 681.142.35

А.П. Пеньков, Д.С. Емельянов

## **ОБОБЩЁННЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ МАРШРУТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

### **Вступление**

Существующее множество транспортных средств требует переосмысления принципов построения систем управления ими. Ввиду динамичного развития этих средств в Украине и в мире в целом, задача актуальна [2,4,5,6].

### **Формализация проблемы**

Рассмотрим автоматизированные транспортные устройства мировой практики. Для удобства введём обобщённое название автоматизированного транспортного устройства – “самодвижущийся робот” (СР). И применим термин СР для технических систем различной сложности, которые при взаимодействии с “окружающей средой” (ОС) обеспечивают своё перемещение по какой-либо траектории.

### **Постановка задачи**

Для проведения общего анализа и формирования постановки задачи, использованы общесистемные критерии оценки в виде модели “что-чем-как” обрабатывается в системе. Рассматриваются следующие классы СР: самолёт-ракета в воздушной, водной и безвоздушной среде Земли по сложной траектории в координатах  $X, Y, Z$ ; корабль (судно) на жидкой среде по координатам  $X, Y$ ; подводная лодка в жидкой среде по сложной траектории в координатах  $X, Y, Z$ ; дорожный транспорт (автотранспорт) на твёрдой среде по координатам  $X, Y$ , ограниченной системой автодорог; сельскохозяйственный и военный транспорт специального назначения (вездеходы) на твёрдой среде по координатам  $X, Y$ , ограниченной задаваемой прямоугольной моделью самодвижения (с заданным квадратом движения); железнодорожный транспорт на твёрдой среде по координатам  $X, Y$ , ограниченной системой рельсовых железных дорог; спутниковые устройства в околоземной среде по сложной траектории в координатах  $X, Y, Z$ ;

специальные устройства (проходческие комбайны) во внутри-земной среде по сложной траектории в координатах X, Y, Z.

### Решение задачи

Указанным перечнем определён набор восьми классов СР. Указанное число "восемь" соответствует одному из чисел ряда Фибоначчи, определяющего объективность делимости систем. Поэтому обозначенный перечень классов СР можно считать объективно правильным.

Для выявления критериев оценки ограничений на траекторию, использована система координат (рис. 1):

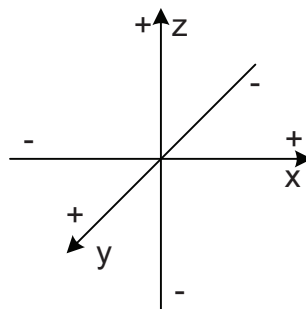


Рисунок 1 – Система координат оценки ограничений на траекторию СР

С использованием общесистемных критериев классы СР представляются в табличном виде (таб. 1).

Таблица 1

Классы СР с использованием общесистемных критериев

№	Классы СР	ОС перемещения СР	Система координат СР в ОС	Кратность пространства координат	Ограничения на траекторию в системе координат		
					$\pm x$	$\pm y$	$\pm z$
1	Самолёт	Воздушная	x, y, z	3	Нет	Нет	Нет
	Ракета	Воздушная, водная					
2	Корабль, судно	На жидкой	x, y	2	Нет	Нет	Да
3	Подводная лодка	Жидкая	x, y, -z	3	Нет	Нет	Да, +z
4	Дорожный транспорт (автотранспорт)	На твёрдой	x, y	2	Нет, в пределах автодорог		Да
5	Сельскохозяйственный и военный транспорт специального назначения (вездеходы)	На твёрдой	x, y	2	Нет	Нет	Да

6	Железнодорожный транспорт	На твёрдой	x, y	2	Нет, в пределах системы рельсовых железных дорог		Да
7	Спутниковые устройства	Воздушная и безвоздушная	x, y, z	3	Нет	Нет	Нет
8	Специальные устройства (проходческие комбайны)	Твёрдая	x, y, -z	3	Нет	Нет	Да, +z

Очевидно, что качественные критерии "классы СР", "ОС перемещения СР", "система координат СР в ОС", "кратность пространства координат", "ограничения на траекторию в системе координат" жёстко взаимосвязаны. Из таблицы 1 также очевидны несколько самостоятельных подзадач по указанным качественным критериям оценки системы СР в ОС.

### Задача о траектории

Известно, что любая система транспортного средства реализует определённую абстрактную математическую модель "траектории" какого-либо процесса. Отсюда следует необходимость формализации процесса перехода от "реализуемой траектории" к "реализуемым функциям", и далее к элементам в "устройстве управления". Этот общий алгоритм создания СР реализуется во всех классах СР.

### Решение задачи о траектории

Для решения поставленной задачи используем методологию системного представления процесса разработки "сложных систем" [1] в виде следующего алгоритма:

Отождествить модель объективного представления "сложной системы" в виде "базовой системы"  $S_0$  с "системным окружением"  $S_{CO}$  –  $S_0 \leftrightarrow S_{CO}$ .

Разрабатываемая транспортная система может быть представлена в виде технической реализации системы управления  $S_{yy}$  обеспечения выполнения конкретного изображения модели траектории  $S_{из}$ .

Рассмотрим объективные этапы – фазы объединения этих абстрактных систем в единую систему  $S_0$  СР.

Системное представление обеспечения необходимой траектории СР может быть представлено в виде (рис. 2), где связь "1" – вывод конкретного "изображения".

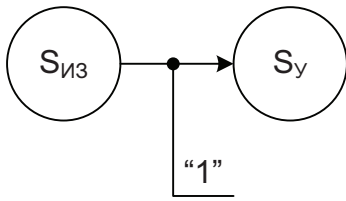


Рисунок 2 – Одно-  
направленный ввод  
«изображения»

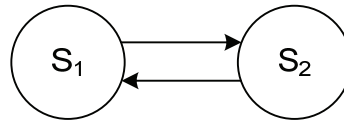


Рисунок 3 - Общая  
модель  
двунаправленной связи

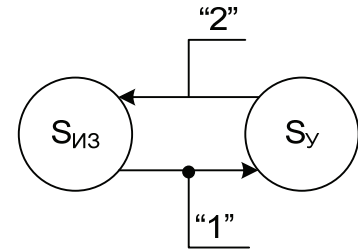


Рисунок 4 – Дву-  
направленный обмен  
«изображением»

Очевидно, что такое представление "реального" СР является недостаточным. С точки зрения кибернетики [2] необходимо представление в виде (рис. 3).

Преобразованная модель (рис. 2) с использованием (рис. 3) примет вид (рис. 4).

Появившаяся связь "2" (рис. 4) требует ввода "изображения" в  $S_{yu}$ . Очевидно, что это может сделать только человек в "режиме проектирования".

При этом конкретное  $S_{из}$  в аналоговом графическом виде согласно "2" предусматривает "отображение  $S_{из}$ " в  $S_{yu}$  в дискретном двоичном виде.

Признав любые  $S_{из}$   $S_{сл}$  сложной математической функцией, можем преобразовать её в "матрицу двоичных эквивалентов" по алгоритму "3-единства информатики" [3] – "модель  $\rightarrow$  алгоритм  $\rightarrow$  программа".

При этом конкретное  $S_{из}$  должно соответствовать исходной абстрактной "модели процесса".

Из  $S_{из}$  должно следовать разложение "функции  $S_{сл}$ " на составляющие  $x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $z(t)$  при расположении  $S_{сл}$  в системе координат  $X, Y, Z$ .

### О специфике траектории групп СР из анализа траекторий

Данная специфика в целом очевидна из таблицы 1.

Анализ формализма траекторий подтверждает общность системной модели взаимодействия СР с ОС по заданной траектории. Но при этом необходимо рассматривать особенности взаимодействия СР со средой для определённых групп.

Введём модель (рис. 5) измерения параметров объекта-среды ( $S_{oc}$ ) с помощью соответствующих преобразователей и формирователей

( $S_{\text{пр}}$ ), снимаемый сигнал которых (“1”) используется для воздействия (“3”) на объект-среду с целью управления взаимодействием со средой.

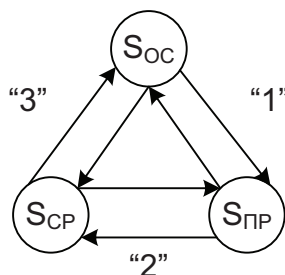


Рисунок 5 – Модель взаимодействия СР с ОС

“Взаимодействующей” системой всегда является СР ( $S_{\text{ср}}$ ). Особенности среды измеряются соответствующими датчиками-преобразователями при оценке и осуществляются “обратными” преобразователями (“2”) при управлении СР. Соответствующие средства прямого и обратного преобразования сигналов в управляющей системе привязываются к конструкции СР. Полученный комплекс осуществляет взаимодействие по заданной и заложенной в программе УУ СР траектории.

#### Об энергетическом взаимодействии СР и ОС

Эта задача очевидна из таблицы 1 для осуществления взаимодействия СР с ОС с целью реализации перемещения СР в ОС по заданной траектории.

В процессе перемещения СР в ОС происходит энергетическое преобразование. Преобразование позволяет переводить  $S_{\text{исходной\_энергии}}$  (“неуправляемую”) посредством  $S_{\text{преобр}}$  в конечную выходную энергию (“управляемую”). Это аналогично энергетическому преобразованию в  $S_{\text{чм}}$  (человеко-машинная система). Выходная энергия воздействует из СР на ОС, а выходная реакция – из ОС на СР. На основе общего анализа особенностей энергетического преобразования в системах СР-ОС, выявлены особенности, представленные в таблице 2.

Таблица 2

#### Особенности энергетического преобразования в системах СР-ОС

№	Классы	Выходная энергия	Выходная реакция
1	Самолёт, ракета	Плазма	Реактивная
2	корабль (судно)	Усилие	Механическая
3	подводная лодка	Усилие	Механическая
4	дорожный транспорт (автотранспорт)	Усилие	Механическая

5	сельскохозяйственный и военный транспорт специального назначения (вездеходы)	Усилие	Механическая
6	железнодорожный транспорт	Усилие	Механическая
7	спутниковые устройства	Плазма	Реактивная
8	специальные устройства (проходческие комбайны)	Химическая, электрическая	Механическая

### О конструктивной модели реализации системы координат X, Y, Z для обеспечения взаимодействия СР с ОС

Эта задача очевидна из таблицы 1 и таблицы 2 для воплощения особенностей конструктивной реализации взаимодействия СР с ОС по заданной траектории в соответствующей системе координат. На основе общего анализа особенностей конструктивной реализации элементов преобразования в системе СР–ОС и ОС–СР, выявлены особенности конструктивной реализации этих элементов для всех СР в качестве средств управления. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3

#### Особенности конструктивной реализации средств управления движения СР в соответствующей ОС по заданной траектории

№	Классы	Особенности функциональной реализации системы координат	Особенности конструктивной реализации элементов взаимодействия СР-ОС
1	самолёт-ракета	x, y, z	разностный сигнал управления по $\Delta z$ , $\Delta x$ и $\Delta y$ с помощью рулей
2	корабль (судно)	x, y	разностный сигнал управления по $\Delta x$ и $\Delta y$ с помощью рулей
3	подводная лодка	x, y, -z	разностный сигнал управления по $\Delta(-z)$ , $\Delta x$ и $\Delta y$ с помощью рулей
4	дорожный транспорт (автотранспорт)	x, y	разностный сигнал управления по $\Delta x$ и $\Delta y$
5	сельскохозяйственный и военный транспорт специального назначения (вездеходы)	x, y	разностный сигнал управления по $\Delta x$ и $\Delta y$
6	железнодорожный транспорт	x, y	разностный сигнал управления по $\Delta x$ и $\Delta y$
7	спутниковые устройства	x, y, z	разностный сигнал управления в системе спутник-Земля
8	специальные устройства (проходческие комбайны)	x, y, z	разностный сигнал управления по $\Delta z$ , $\Delta x$ и $\Delta y$ с помощью рулей

### **Выводы**

В работе проведен анализ систем управления движением транспортных средств с использованием обобщённых критериев. Это позволило выявить ряд самостоятельных подзадач: о траектории; об энергетическом взаимодействии транспортных средств с окружающей средой; и реализации систем ориентации различных классов.

Рассмотренные алгоритмы и модели можно использовать при проектировании СР – от постановки задачи до функциональных, структурных и конструктивных схем.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Горохов В. Г. Методологический анализ системотехники. – М.: Радио и связь, 1982. – 160 с.
2. Винер Н. Кибернетика и общество. – М.: Издательство иностранной литературы, 1958.
3. Краснощеков П. С., Петров А. А., Федоров В. В. Информатика и проектирование. - М.:Знание,1986. – 48 с.
4. Denison E. Accounting for Slower Economic Growth: The United States in the 1970's. –1979.
5. Эйрис Р., Миллер С. Перспективы развития робототехники. – М.: "Мир", 1986. – с.256.
6. Kendrick J.W., Grossman E. Productivity in the United States: Trends and Cycles. Johns hopkins Press, Baltimore, Md., 1980.

Получено 23.10.2007 г.