

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА УПРАВЛЯЮЩИХ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.Ф. Кулаков
(Новосибирск)

В последнее время наметилась тенденция к развитию больших систем управления (БСУ) [1] на базе использования в их органах управления вычислительных систем. Развитие БСУ свидетельствует о том, что функции управления в этих системах все в большей степени передаются от человека к управляющим вычислительным системам (ВС) путем реализации на них алгоритмов управления [2]. Алгоритмы управления БСУ в соответствии со своим назначением содержат рекомендации в виде предписаний по планированию управления и принятию решений относительно путей достижения тех или иных целей, стоящих перед БСУ, при любых условиях на входе системы, входящих в заданный диапазон условий. Алгоритмы управления (АУ) определяют характер воздействия управляющего объекта на управляемые объекты. Поэтому влияние АУ на эффективность БСУ в целом чрезвычайно велико.

Рационально построенный алгоритм управления может обеспечить устойчивую работу БСУ при отказе отдельных её элементов. Вместе с тем возможны и известны случаи невыполнения системами своих задач при нахождении всех элементов в исправном состоянии. Такие случаи происходят из-за неприспособленности некоторых алгоритмов управления к широкому диапазону внешних и внутренних условий. В связи с этим при создании и особенно испытании БСУ возникает задача оценки качества алгоритмов у

равления, реализованных на вычислительных системах БСУ.

Под качеством АУ здесь понимается совокупность свойств, характеризующих его приспособленность к выработке выходных сигналов, обеспечивающих требуемые режимы управления объектами БСУ при заданном диапазоне внешних и внутренних условий.

При оценке качества АУ возникает ряд новых научных и технических проблем. Рассмотрим некоторые из этих проблем, главным образом технические, и возможные пути их решения.

Управляющая алгоритмическая система как продукт алгоритмизации БСУ

Материалы третьего конгресса Международной Федерации по автоматическому управлению [3] свидетельствуют о наметившейся тенденции к расширению областей, охватываемых единым процессом автоматизации. В ряде докладов процессы конструирования, изготовления, испытания какого-либо объекта или системы рассматриваются как единые процессы. При этом влияние отдельных этапов изготовления друг на друга, а также реакция потребителей на приобретаемые объекты рассматриваются как сигналы обратной связи, которые приводят к улучшению конструкции и качества изготавливаемого объекта.

Такой подход представляется вполне целесообразным и к исследованию процесса алгоритмизации БСУ.

Так, опыт создания некоторых из БСУ показывает, что процесс алгоритмизации этих систем может быть условно разбит на тринадцать этапов (рис. I). Из рис. I видно, что все этапы алгоритмизации БСУ находятся в тесной взаимосвязи. Наличие обратных связей означает, что в результате выполнения какого-либо очередного этапа может возникнуть необходимость возвратиться к выполнению одного из предыдущих этапов совершенствования АУ с последующим повторением всех пройденных этапов. На практике известны многочисленные примеры совершенствования АУ по сигналам обратной связи. Причем эти совершенствования, как правило, весьма существенны.

Можно сделать следующие выводы.

I. Алгоритм управления конечные свойства приобретает лишь в результате выполнения (в общем случае многократного) всех этапов его создания, начиная от предварительной разработки и кончая его испытаниями. Поэтому окончательную оценку качества

ПРОЦЕСС АЛГОРИТМИЗАЦИИ БСУ



Рис. 1

продукта алгоритмизации следует производить лишь после завершения всех этапов его разработки и реализации.

2. Под алгоритмизацией БСУ следует понимать весь комплекс мероприятий по разработке и технической реализации как единое целое.

3. Продукт алгоритмизации БСУ, будучи включенным в систему, становится её подсистемой и в этом смысле установившиеся понятия "алгоритм" и "программа" не в полной мере отражают физическую суть этого продукта.

В связи с этим введем понятие об управляющей алгоритмической системе (УАС), под которой будем понимать совокупность взаимодействующих функциональных элементов, каждый из которых реализует алгоритмически вычислимую функцию, входящую в состав алгоритма управления. Физической сутью УАС является память ВС, настроенная на реализацию алгоритма управления.

Модель функционирования управляющего объекта

Одной из важнейших задач теории организации управляющих объектов (УО) [1] является разработка математических моделей функционирования этих объектов как неких систем, предназначенных для преобразования входной информации в выходную (управляющую). Без решения этой проблемы нельзя рассчитывать на успешное решение задач исследования УО и оценки их качества. Процесс преобразования информации в БСУ представляет собой комплекс взаимосвязанных последовательностей совершенно конкретных работ, в зависимости от степени автоматизации БСУ выполняемых либо только управляющими вычислительными машинами (без существенного участия человека), либо людьми и вычислительными машинами. Большие системы первого рода называются автоматическими, второго – автоматизированными.

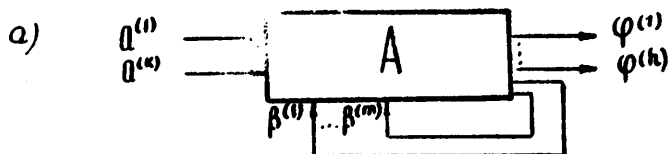
В наиболее общем виде управляющий объект может быть задан как агрегат [5,6] (рис. 2)

$$\Delta = \Delta \{ \bar{a}, \bar{g}, \bar{\varphi}, \bar{x}, \varphi(\bar{a}, \bar{g}, \bar{x}) \},$$

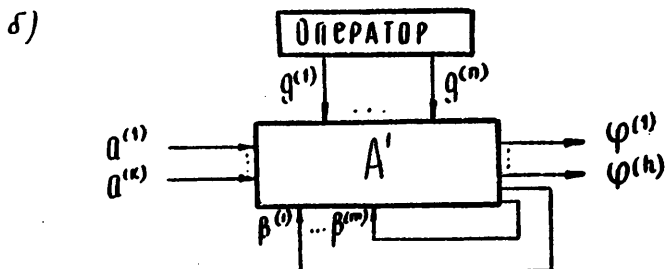
где $\{\bar{a}\}$ – упорядоченная последовательность входных сигналов;

$\{\bar{g}\}$ – упорядоченная последовательность сигналов (команд) от управляющего объекта более высокого уровня управления или оператора диспетчерского пункта;

МАКРОМОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЮЩЕГО ОБЪЕКТА БСУ



$$A = A \{ \bar{a}, \bar{\varphi}, \bar{x}, \varphi(\bar{a}, \bar{x}) \}.$$



$$A' = A' \{ \bar{a}, \bar{g}, \bar{\varphi}, \bar{x}, \varphi(\bar{a}, \bar{g}, \bar{x}) \}; \bar{\varphi}_j = \varphi(x_j, \bar{a}_j, \bar{g}_j)$$

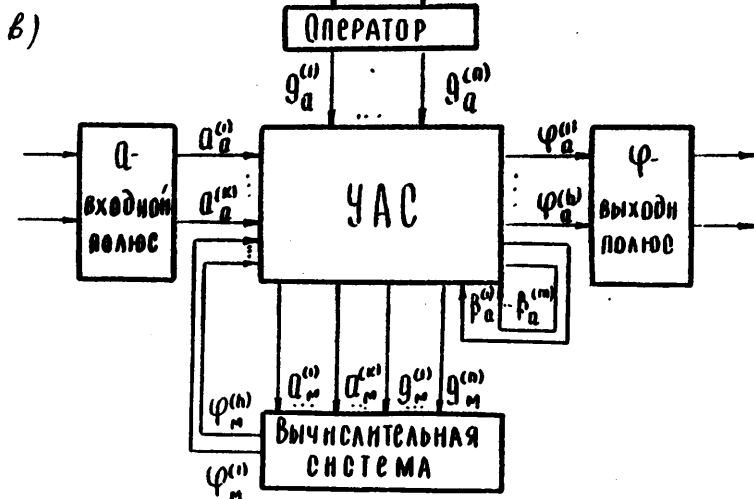


Рис. 2

$\{\bar{x}\}$ - упорядоченная последовательность состояний УО;
 $\{\bar{\varphi}\}$ - упорядоченная последовательность выходных сигналов;
 $\varphi(\bar{a}, \bar{g}, \bar{x})$ - некоторая функция, устанавливающая соответствие между входными, \bar{g} - сигналами, состояниями УО и выходными сигналами.

При макроскопическом подходе модель функционирования УО может быть представлена в виде, изображенном на рис. 2а,б. Однако такого рода модели не отражают процессов управления внутри органа управления. Частичное отображение и этих процессов возможно путем представления УО в виде совокупности агрегатов следующих типов: (рис. 2в) вычислительная система, управляющая алгоритмическая система, входного и выходного полюсов.

Исследование зависимостей между входами и выходами в каждом из выделенных агрегатов и функционирования УО в целом позволяет установить влияние каждого из агрегатов на качество выходных сигналов, а, следовательно, и на качество управления. Существенные трудности при этом могут возникнуть при необходимости учета индивидуальных качеств операторов.

Полное отображение процессов внутри УО возможно путем микроподхода, т.е. разработки таких математических моделей, которые бы отражали микроструктуру каждого из выделенных агрегатов. Для описания процесса функционирования агрегатов вычислительной системы, а также входных и выходных полюсов успешно используются основные понятия теории конечных автоматов [7]. Наименее изученным является процесс функционирования УАС.

Функционирование УАС можно представить как процесс смены ее состояний под воздействием входных сигналов. Под состоянием УАС здесь понимается отображение

$$x = \varphi(y): Y \rightarrow X,$$

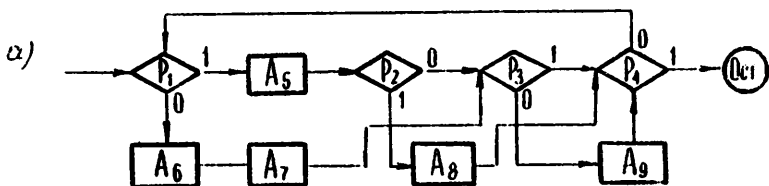
где $Y = \{y_j\}$ - составляют ячейки оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) ВС, используемые для реализации данного алгоритма;

$X = \{x_k\}$ - есть множество элементов, называемых состояниями этих ячеек.

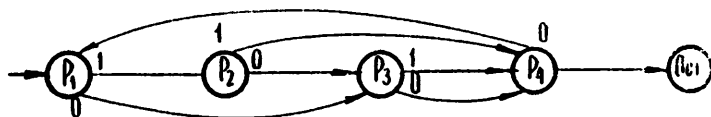
Состояния УАС можно описать с помощью значений логических функций α_k ($k = 1, 2, \dots, K$), поставленных в соответствие каждому из логических операторов $P_k \in P$. Логическая функция α_k всякий раз принимает значение 1, если выполнено условие, проверяемое оператором P_k , и значение 0, если это условие не выполнено.

В качестве примера рассмотрим УАС, блок-схема которой изображена на рис. 3а, а граф-схема на рис. 3б.

МИКРОМОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УАС



б) БЛОК - СХЕМА A_i



ЛОГИЧЕСКАЯ ГРАФ-СХЕМА A_i

рис 3

Вершинами граф-схемы являются логические операторы и оператор останова. Счетные операторы УАС совмещены с дугами. Граф содержит пять вершин. Четыре из них соответствуют логическим операторам.

Пусть УАС функционирует в интервале времени $(0; T_k)$ длительность которого является либо наперед заданной, либо определяется ε - сигналами, либо является функцией от входных сигналов a_k . Интервал времени $(0; T_k)$ состоит из отрезков τ_j ($j = 1, 2, \dots; \tau_{j+1} \geq \tau_j$), представляющих собой такты работы УАС. На вход УАС в моменты времени τ_j поступает входная информация вида $(a_j^{(1)}, a_j^{(2)}, \dots, a_j^{(k)})$. УАС имеет $2n$ входных каналов, по которым поступают сигналы $\{g_1^{(1)}, g_1^{(2)}, \dots, g_1^{(n)}\}$ от УАС более высокого уровня управления или от оператора УАС. Результатом функционирования УАС за время τ_j является последовательность (вектор) выходных сигналов $\Phi^{(h)}$, также последовательность сигналов $\beta_j^{(p)}$, определяющих процесс самоизменения УАС.

Под воздействием входных и ε - сигналов каждая из логических функций α_k принимает одно из двух значений: 0 и 1.

В зависимости от конкретных значений α_k преобразование информации происходит по вполне определенному пути. Из таблицы I видно, что в рассматриваемом примере в зависимости от

Таблица I

№ п/п	Комбинация значений логич. функций	П У Т И
1	1 1 1 1	$U_{112} U_{214} U_{415}$
2	1 1 1 0	$U_{112} U_{214} U_{401}$
3*	1 1 0 1	$U_{112} U_{214} U_{415}$
4*	1 1 0 0	$U_{112} U_{214} U_{401}$
5	1 0 1 1	$U_{112} U_{203} U_{314} U_{415}$
6	1 0 1 0	$U_{112} U_{203} U_{314} U_{401}$
7	1 0 0 1	$U_{112} U_{203} U_{304} U_{415}$
8	1 0 0 0	$U_{112} U_{203} U_{301} U_{401}$
9	0 1 1 1	$U_{103} U_{314} U_{415}$
10	0 1 1 0	$U_{103} U_{314} U_{401}$
11	0 1 0 1	$U_{103} U_{304} U_{415}$
12	0 1 0 0	$U_{103} U_{304} U_{401}$
13*	0 0 1 1	$U_{103} U_{314} U_{415}$
14*	0 0 1 0	$U_{103} U_{314} U_{401}$
15*	0 0 0 1	$U_{103} U_{304} U_{415}$
16*	0 0 0 0	$U_{103} U_{304} U_{401}$

конкретных комбинаций значений логических функций возможно десять попарно различных путей.

Таким образом, если рассматривать состояния УАС только в конце каждого такта её работы, то они могут быть описаны комбинациями значений логических функций. Каждому из этих состояний можно присвоить порядковый номер. Фазовым пространством состояний УАС будет являться совокупность всех возможных состояний, приведенных в таблице I. Последовательность состояний, в которых находилась УАС при η - реализации, будем называть фазовой траекторией состояний. Процесс перехода из состояния в состояние описывается таблицами и графами переходов (рис. 4) [7], а также матрицами переходных вероятностей [8] следующего вида:

$$P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & P_{24} & P_{25} & P_{26} & P_{27} & P_{28} & P_{29} & P_{210} \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ P_{41} & P_{42} & P_{43} & P_{44} & P_{45} & P_{46} & P_{47} & P_{48} & P_{49} & P_{410} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ P_{61} & P_{62} & P_{63} & P_{64} & P_{65} & P_{66} & P_{67} & P_{68} & P_{69} & P_{610} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ P_{81} & P_{82} & P_{83} & P_{84} & P_{85} & P_{86} & P_{87} & P_{88} & P_{89} & P_{810} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ P_{101} & P_{102} & P_{103} & P_{104} & P_{105} & P_{106} & P_{107} & P_{108} & P_{109} & P_{1010} \end{pmatrix}$$

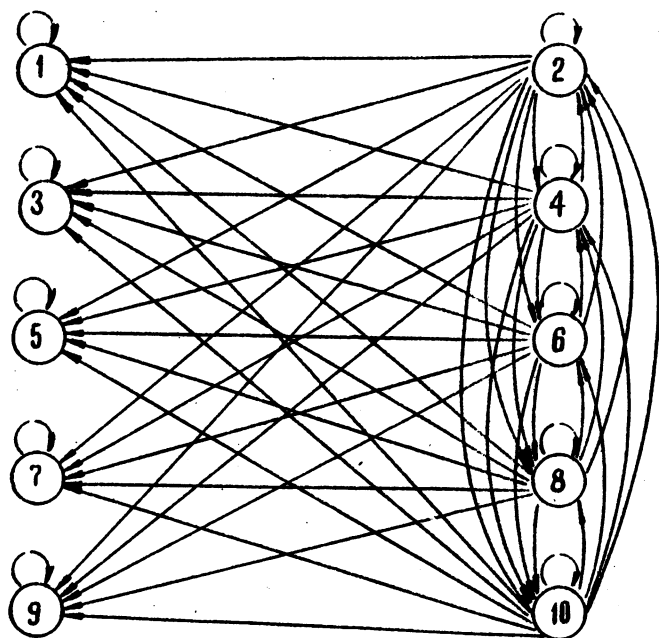


Рис. 4

Таким образом при разработке математических моделей функционирования УАС как элемента управляющего объекта могут быть использованы основные понятия теории конечных автоматов и цепи Маркова.

Выбор системы показателей качества УАС

При выборе системы показателей качества УАС возможны два подхода: экономический и функциональный. Суть экономического подхода заключается в оценке экономического эффекта алгоритмизации. Такой подход возможен при оценке систем, в которых ориентировочно известен эффект от внедрения вычислительной техники. Системы такого рода в работе [1] отнесены ко второй группе БСУ. Методы оценки экономического эффекта алгоритмизации БСУ рассматриваются, например, в работах [9,10]. По ряду причин, рассмотренных в [1], экономический подход к оценке качества УАС в БСУ первого и третьего рода зачастую оказывается малоперспективным.

Исходной предпосылкой функционального подхода к выбору показателей качества УАС является то, что результатом функционирования УАС являются выходные сигналы. Поэтому качество её функционирования может быть оценено по качеству выходных сигналов. При этом необходимо учесть также удобство обслуживания УАС и расходы на её реализацию. В соответствии с этим и в зависимости от характеризующих сторон УАС каждый из частных показателей качества УАС может быть отнесен к одной из следующих групп показателей: функциональные, операционные, стоимостные.

Функциональные показатели характеризуют приспособленность УАС к достижению цели функционирования во всем диапазоне внутренних и внешних условий.

Операционные показатели характеризуют приспособленность УАС к решению задач функционирования в различных режимах, обеспечения функционирования, анализа результатов функционирования, доработки УАС по результатам анализа и поддержания её работоспособности.

Стоимостные показатели характеризуют затраты на реализацию УАС средств (стоимость разработки исходного алгоритма, программирования, а также стоимость ВС, обеспечивающей функционирование УАС).

Функциональные показатели качества УАС

а). Обобщенный показатель качества УАС.

Любую сложную систему можно отнести к одному из двух классов [11]: регулярные системы, нерегулярные системы. В нерегулярных системах (системах разового функционирования) цель функционирования ставится в начале и достигается в конце некоторого интервала времени. В регулярных системах (системах непрерывного функционирования) цель сохраняется и за пределами времени, на котором определяется целесообразное управление.

Ограничимся рассмотрением класса нерегулярных систем, которые всякий раз функционируют с целью достижения некоторого вполне определенного результата, который может быть достигнут или не достигнут, а никакие промежуточные результаты не рассматриваются.

Управляющие алгоритмические системы в рассматриваемом здесь виде являются частями (подсистемами) БСУ. Согласно [12] для каждой из таких подсистем можно определить цель функционирования и оценить эффективность функционирования по функционалу, зависящему от входных воздействий, приложенных к данной подсистеме. Целью функционирования УАС является выработка выходных сигналов, обеспечивающих заданные режимы управления объектами БСУ. Поэтому оценка качества функционирования УАС может быть сведена к оценке качества выходных сигналов, находящегося в зависимости от начального состояния УАС, надежности характеристик ВС, реализующих УАС, и входных сообщений

Для η - реализации ($\eta = 1, 2, \dots, \eta^*$) эта зависимость имеет вид

$$\{\bar{\varphi}\}_0^{T_\eta} = \Phi [x_{0\eta}, \{\bar{a}\}_0^{T_\eta}, \omega_\eta],$$

где $x_{0\eta}$ - начальное состояние УАС в η -реализации;
 $\{\bar{a}\}_0^{T_\eta}$ - последовательность входных сигналов за время функционирования УАС ($0 - T_\eta$), упорядоченная относительно времени их поступления;
 $\omega_\eta = \Omega\{\varepsilon_\eta\}_0^{T_\eta}$ - некоторая функция, характеризующая правильность выполнения алгоритмических предписаний

$\varepsilon_{\eta i}$

Заметим, что при высокой надежности ВС и наличии аппаратного контроля правильности выполнения ВС алгоритмических преобразований влиянием ω_η на качество выходных сигналов можно пренебречь.

За обобщенный показатель качества УАС можно принять вероятность достижения цели её функционирования

$$Q = P(H_{УАС}),$$

где $H_{УАС}$ - событие, заключающееся в достижении цели функционирования УАС.

Факт достижения цели функционирования УАС в любой из конкретных η - реализаций ($\eta = 1, 2, \dots, \eta^*$) этого процесса можно установить непосредственным или косвенным методом.

Непосредственная оценка достижения цели функционирования возможна при наличии эталонных значений выходных сигналов

$\{\bar{\varphi}_{jm}\}_0^{\tau_\eta}$ для каждой из η - реализаций функционирования УАС.

Цель функционирования при этом считается достигнутой, если для каждой из компонент вектора $\bar{\varphi}^m \in \{\bar{\varphi}\}_0^{\tau_\eta}$ справедливо неравенство

$$\varphi_{j\eta}^m - \varphi_{этj\eta}^m \leq \Delta_{j\eta}^m$$

$$(m = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, j^{\tau_\eta}),$$

где $\Delta_{j\eta}^m$ - допустимое отклонение фактического значения выходного сигнала от эталонного в j - такте работы η - реализации.

Величина Q может быть определена путем статистического моделирования с воспроизведением ожидаемого диапазона условий на входе УАС. Блок-схема эксперимента изображена на рис. 5.

На практике сравнительно редко удается установить эталонные значения $\{\bar{\varphi}_{эт}\}_0^{\tau_\eta}$ для любого значения $\{\bar{a}\}_0^{\tau_\eta} \in \Lambda$,

где Λ - ожидаемый диапазон условий на входе УАС.

В случае отсутствия эталонных значений $\{\bar{\varphi}_{эт}\}_0^{\tau_\eta}$ достижение цели функционирования УАС может быть оценено по эффекту от суммарного воздействия выходных сигналов на управляемый объект, т.е. косвенным образом. При этом, если качество всех элементов БСУ, кроме проверяемой УАС, заведомо удовлетворяет

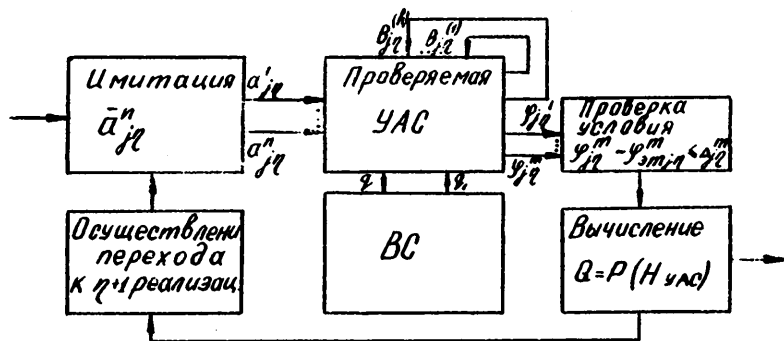


Рис. 5

требуемому, то из события $H_{БСУ}$ следует событие $H_{УАС}$, т.е.

$$P(H_{УАС}) = P[H_{БСУ} / P(H_k) = 1],$$

где $H_{БСУ}$ — событие, заключающееся в достижении цели функционирования БСУ;

H_k — событие, заключающееся в том, что качество k -го элемента БСУ (кроме УАС) удовлетворяет требуемому.

Эксперимент по оценке обобщенного показателя качества УАС косвенным методом может быть организован по схеме, изображенной на рис. 6.

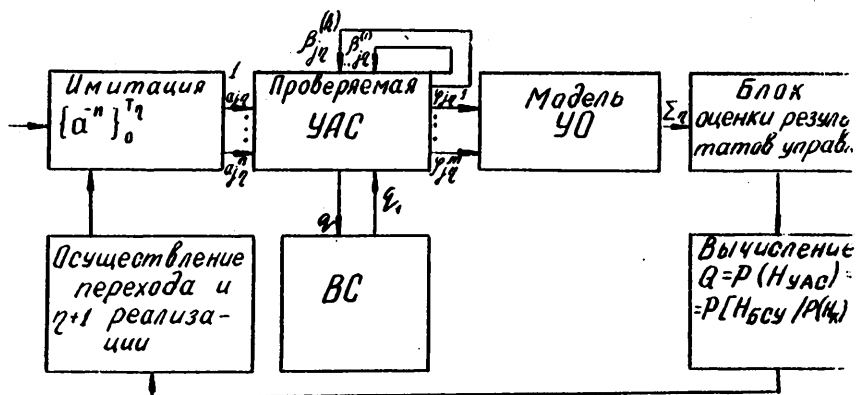


Рис. 6

Из схемы видно, что для проведения статистического моделирования с целью получения обобщенного показателя качества УАС косвенным методом необходимо создать имитаторы входной информации УАС и модель управляемого объекта [13]. Качество выходных сигналов УАС оценивается по реакции УО на эти сигналы. Цель функционирования УАС считается достигнутой, если достигнута цель функционирования управляемого объекта.

б) Частные функциональные показатели качества УАС.

Анализируя процессы преобразования входной информации в выходные сигналы по заданному алгоритму управления, можно выявить отдельные причины, отклоняющие компоненты вектора выходного сообщения $\Phi_j^{(m)}$ от их истинных значений. Так, из наблюдения за качеством выходных сигналов в ряде сложных систем установлено, что причинами рассеяния выходных сигналов могут быть:

- ошибки преобразования информации (методические ошибки алгоритма управления и его реализации) - Δ_j ;
- ошибки, обусловленные искажениями входных сообщений - σ_j ;
- ошибки, обусловленные искажающими воздействиями со стороны ВС, приводящие к искажению структуры УАС - ϵ_j ;
- ошибки запаздывания выходных сигналов за счет времени, затрачиваемого на преобразование входного сообщения в выходное - v_j .

В соответствии с этим каждая из компонент вектора

$$\bar{\Phi}_j^{(m)} = \{\Phi_j^1, \Phi_j^2, \dots, \Phi_j^m\} \quad (j = 1, 2, \dots, j^k)$$

может быть представлена в виде комбинаций истинного значения и элементарных ошибок, вызванных отдельными факторами, т.е.

$$\Phi_j^m = \Phi_{ист,j}^m \cdot \Phi_{\Delta,j}^m \cdot \Phi_{\sigma,j}^m \cdot \Phi_{v,j}^m$$

Причины рассеяния выходных сигналов зависят от структуры УАС и от внешней (по отношению к УАС) среды. Однако степень подавления этих воздействий при заданных характеристиках внешней среды и вычислительной системы, на которой реализуется алгоритм управления, зависит только от конечных характеристик УАС. Поэтому под частными функциональными показателями качества УАС условимся понимать некоторые функционалы, характеризующие меру степени влияния на выходные сигналы ошибок преоб-

разования, искажения входных сигналов, искажения структуры УАС и ошибок запаздывания. Соответствующие показатели назовем: точность преобразования; устойчивость УАС к искажающим воздействиям; надежность; пропускная способность.

Методы оценки показателей качества УАС рассматриваются в [14].

в) Операционные показатели качества УАС.

Операционные показатели качества УАС в основном характеризуют приспособленность УАС к её эксплуатации.

К операционным показателям можно отнести:

- удобство изучения УАС и обучения обслуживающего персонала (операторов-программистов) правилам её эксплуатации;
- простоту и удобство обеспечения функционирования УАС и поддержания её работоспособности;
- удобство и доступность проведения анализа результатов функционирования УАС;
- приспособленность УАС к внесению доработок.

Удобство изучения УАС и обучения обслуживающего персонала правилам её эксплуатации достигается за счет наличия соответствующей документации и специальных тренажеров. По своему назначению документация может быть подразделена на техническую и эксплуатационную.

В состав технической документации должны входить:

- описание задач и формальных зависимостей, реализованных в УАС;
- блок-схемы УАС и отдельных её элементов;
- временная диаграмма режимов работ;
- текст реализуемой программы на специальных бланках;
- описание расположения элементов УАС в оперативном и внешнем запоминающих устройствах;
- характеристика обмена информацией между УАС и другими элементами системы;
- структурная схема системы и схема взаимодействия её элементов.

Состав эксплуатационной документации может быть следующим:

- инструкция по обеспечению функционирования УАС, включающая в себя наставления по подготовке к запуску и запуску УАС, а также по контролю за правильностью её функционирования;

- инструкция по выводу информации, необходимой для анализа результатов функционирования УАС;

- инструкция по внесению доработок;

- инструкция о порядке контроля состояния УАС.

Простота и удобство обеспечения функционирования УАС и поддержания её работоспособности достигается благодаря высокой степени автоматизации следующих процессов: контроля состояния УАС и её работоспособности; ввода параметров и их изменения; демонстративность её работы.

Для обеспечения качественного анализа функционирования УАС необходимо предусмотреть элементы, обеспечивающие запоминание той информации о процессе функционирования, которая может быть полезной для анализа, а также элементы, обеспечивающие оперативный вывод информации на печать, перфокарты или графопостроители по окончании работы БСУ. Полезными здесь также оказываются модели воспроизведения реальных условий работы.

Приспособленность УАС к внесению доработок характеризуется наличием соответствующих запасов по памяти и быстродействию, а также степенью автоматизации процесса доработки и наличием критериев для определения эффективности тех или иных усовершенствований.

Количественная оценка операционных показателей качества УАС затруднительна, хотя, по-видимому, возможна. Качественная же оценка этих показателей возможна путем определения конкретных содержательных требований к факторам, влияющим на эти показатели.

г). Стоимостные показатели УАС.

Под стоимостными показателями УАС здесь понимается стоимость затраченных на внедрение алгоритмов управления средств. Все экономические затраты могут быть отнесены к одной из двух категорий затрат: капитальные и эксплуатационные. К капитальным затратам относятся стоимость разработки исходного алгоритма, программирования, отладки и т.п. Эксплуатационные затраты характеризуются затратами на поддержание работоспособности УАС и её обслуживания, отнесенными к определенному промежутку времени.

Необходимость учета стоимостных характеристик, как дисциплинирующего условия при выборе того или иного варианта УАС, обусловлена высокой общей стоимостью внедрения УАС, а также про-

порциональной зависимостью качества УАС от её стоимости. Так, например, опыт алгоритмизации систем управления производством в нашей стране и за рубежом показывает [15], что затраты на разработку алгоритмов управления и их внедрение нередко превышают затраты на разработку вычислительных средств.

Итак, качество УАС может быть оценено либо по экономическому эффекту алгоритмизации БСУ, либо с помощью системы показателей качества, учитывающей функциональные и операционные свойства УАС, а также её стоимостные характеристики.

Л и т е р а т у р а

1. Б.Н. Петров, Г.С. Поспелов. О путях развития больших систем управления. - Известия АН СССР, Техническая кибернетика, 1966, № 2.
2. Основные понятия автоматизации. Терминология. М., Изд-во "Наука", 1966.
3. Г.С. Поспелов. Третий конгресс ИФАК. - Известия АН СССР. Техническая кибернетика, 1967, № 1.
4. А.Ф. Кулаков. О соотношениях между ЭВМ и алгоритмами управления в сложных системах. - Известия АН СССР, Техническая кибернетика, М., 1966, № 4.
5. Н.П. Бусленко. К теории сложных систем. - Известия АН СССР, Техническая кибернетика, 1963, № 5.
6. Н.П. Бусленко, О.М. Юркевич. Об операциях над алгоритмами в сложных системах. - Известия АН СССР, Техническая кибернетика, 1967, № 2.
7. В.М. Глушков. Синтез цифровых автоматов. М., Физматгиз, 1962.
8. В.И. Романовский. Дискретные цепи Маркова. М., Гостехиздат, 1949.
9. И.М. Шенброт. Об общих принципах алгоритмизации автоматизированного управления промышленным предприятием. - Системы автоматического управления производством. Материалы семинара при МДНТП им. Ф.Э. Дзержинского, М. 1967, № 1.
10. Э.Л. Ицкович. Экономический критерий системы централизованного контроля и оперативного управления производством. - Системы автоматического управления произ-

водством. Материалы семинара при МДНТП им.Ф.Э.Дзержинского. М., 1967, № I.

- II. Техническая кибернетика. Проблемы управления и информации. М., Изд-во "Наука", 1966.
- 12. А.Я. Лернер. Большие системы и задачи. Теории автоматического управления. Автоматическое оперативное управление производственными процессами. М., Изд-во "Наука", 1966.
- 13. А.И. Котов, А.Ф. Кулаков. Оценка качества УАС методом статистического моделирования. В настоящем сборнике.
- 14. Н.К. Хитальский. Методы оценки качества УАС. В настоящем сборнике.
- 15. Э.А. Трахтенгерц. Программирование алгоритмов централизованного контроля и управления производством. — Системы автоматического управления производством. М., МДНТП, 1967.