

УДК 616.711-002-07

О НЕОБХОДИМОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОМ УПРАВЛЕНИИ

Бондаревский А.С., Лебедев А.В.

ФГУП НИИ физических проблем им. Ф.В. Лукина, Москва,
e-mail: admin@niifp.ru

В статье предложено использовать имитационную модель объекта управления в компьютерном контуре для осуществления управления в ускоренном масштабе времени, решении задачи синтеза и переносе, – в режиме советчика, полученных результатов на реальный объект.

Ключевые слова: кибернетика, управление, Н. Винер кибернетика 1-го порядка, кибернетика второго порядка, координатно-параметрически-структурное управление

С точки зрения факторов активного воздействия все разновидности управления подразделяются на координатное, параметрическое, структурное и смешанное (координатно-параметрическое, координатно-структурное, координатно-параметрически-структурное).

Понятия этих факторов – «координата», «параметр» и «структура» применимы в общем случае как к объекту управления, так и к его средству (модели объекта в том числе). В методическом отношении смысл этих понятий удобно вести от отвечающих им факторов воздействия на модель объекта управления.

Понятия координат, параметров и структуры как факторы воздействия на модель объекта управления

Изначально эти понятия происходят от аналитического – в виде дифференциального уравнения, представления информационной модальности-модели того или иного объекта управления. Происходят в том смысле, что в качестве *координат* этой модели рассматриваются входная $K_{\text{вх}} = U$ и выходная $K_{\text{вых}} = Y$ переменные дифференциального уравнения (рис. 1). При этом этимология термин «координата» определяется его синонимом, – соответствующей осью фазового пространства решений этого дифференциального уравнения. Что же касает-

ся *параметров* (здесь, Π_1, Π_2, Π_3) модели объекта управления, то их понятия происходят от понятий коэффициентов $\alpha = \Pi_1, \beta = \Pi_2, \gamma = \Pi_3$ при переменных и производных переменных $K_{\text{вх}} = U$ и $K_{\text{вых}} = Y$ дифференциального уравнения

$$Y'' + \alpha Y' + \beta Y = \gamma U.$$

В свою очередь, в структурной модели объекта управления в случае модели дифференциального уравнения являются отношения его (дифференциального уравнения) координат $K_{\text{вх}} = U, K_{\text{вых}} = Y$ и параметров $\alpha = \Pi_1, \beta = \Pi_2, \gamma = \Pi_3$. Т.е. получается, что структурой модели объекта управления является её (модели) типаж. Так, в случае модели-дифференциального уравнения таким типажом является класс этого уравнения. В рассматриваемом случае, – класс типа «линейное дифференциальное уравнение 2-го порядка с правой частью». А могут быть ещё такие типаж-классы дифференциальных уравнений, как, например, «система линейных дифференциальных автономных уравнений n-го порядка», «нелинейное уравнение Бернулли», «нелинейное уравнение Риккати» и т.д.

Рассматриваемые понятия координат, параметров и структуры модели объекта управления могут быть проиллюстрированы ещё и на примере её топологического представления (блок-схемы объекта управления) (см. рис. 1), где стрелками обозначе-

ны рассматриваемые координаты – входная $K_{вх}$ (инвестиции I), промежуточные $K_{п}$ (координата состояния – количество N произведенных изделий) и выходная $K_{вых}$ (доход D). При этом «начинки» блоков-прямоугольников блок-схемы объекта управления представляют собой параметры его модели Π_1 (коэффициент выхода годных изделий

W) и Π_2 (цена изделия \mathcal{C}). Что же касается понятия структуры, то ею, как установлено выше, являются отношения координат и параметров модели объекта управления, в данном случае, – отношения стрелок и «начинок» блоков – прямоугольников блок-схемы объекта управления, т.е. является её конфигурация.

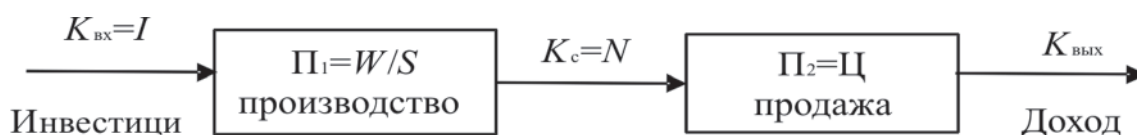


Рис. 1. Иллюстрация понятий координат, параметров и структуры на примере топологического представления модели объекта управления, где $K_{вх}$, $K_{вых}$ и $K_с$ – входная, выходная координаты и координата состояния; S – себестоимость изделия, W – коэффициент выхода годных изделий, \mathcal{C} – цена изделия, N – произведенное изделие

Начала координатного и параметрического (координатно-параметрического) управления

Известны два способа придания целевой функции, выходной координате того или иного изменяемого объекта, заданной определённости: регулирование и управление. В системах регулирования и управления эта определённая выражается так называемой уставкой:

– желаемой для выходной координаты объекта функцией;

– желаемым функционалом от функции выходной координаты объекта [экстремумом (максимумом, минимумом), вероятностной мерой (математическим ожиданием, СКО, риском) и т.д.];

– желаемым оператором (например, в том или ином функциональном пространстве) от функции входной и/или выходной координат объекта.

Тогда цель-сущность регулирования и управления может быть выражена, как обеспечение с помощью упомянутых факторов воздействия, – координат, параметров и структуры, максимально соответствующей уставке целевой функции-выходной координаты объекта.

При этом класс операций (регулирование или управление), обеспечивающих оз-

наченную цель, определяется задаваемой потребительской разновидностью-характером уставки:

1) *Случай уставки-функции:*

а) константной – автоматическое **регулирование-стабилизация**;

б) произвольной известной – **программное регулирование**;

в) произвольной неизвестной – следящее **регулирование**.

2) *Случай уставки функционала, оператора и т.д. – управление.*

Начало широкого распространения регулирования (уставка – константная функция) относится к 1765 году – времени изобретения русским механиком И. Ползуновым первого в мире регулятора питания паровой машины. Позднее были заложены и основы теории регулирования, – Дж. Максвеллом (1868 год) и И. Вышнеградским (1877 год).

Первое средство управления [здесь управления «довинеровского», – адаптации (самонастройки, самоорганизации) на техногенных объектах] – экстремальный регулятор [уставка – функционал (максимум, минимум), фактор воздействия (управляющее воздействие) – координата] было создано во Франции в 1922 году (М. Леблан и Т. Штейн). В СССР первые экстремальные регуляторы появились в 1940 году

(Ю. Хлебцевич) и в 1944-1945 годах (В. Казакевич). Позднее, в начале 50-ых годов, Ч. Драйпером и В. Ли (США) были заложены основы теории экстремального регулирования.

В 1948 году понятию управление было придано кибернетическое наполнение – генерализационная работа Н. Винера [1] (Википедия: «Основой теории управления является кибернетика»). Здесь придано кибернетическое наполнение в том смысле, что традиционное управление-адаптация («экстремальное регулирование») было распространено с техногенных объектов Ползунова-Максвелла-Вышнеградского и Леблана-Штейна-Хлебцевича-Казакевича-Драйпера-Ли на объекты живой («био») природы («control...in the animal»). При этом позднее стали применяться и уставки самого общего вида: не только функции-функционалы, но и операторы.

А еще позднее, в 1950-е годы, Ст. Бир [2], У. Эшби, У. Мак-Каллох, Г. фон Фёрстер и Г. Бейтсон распространяют управление Н. Винера с отдельных объектов техносферы и живой (в т.ч. и «ноо») природы на их системы. В пределе – социумы.

При этом если управление Н. Винера, по аналогии с регулированием и управлением-адаптацией осуществлялось по координатам¹ (т.е. являлось координатным, или в этом отношении, – одномерным: «кибернетика 1-го порядка»), то управление Ст. Бира, У. Эшби и др. осуществлялось уже, – в связи с резким (новое качество!) усложнением объектов управления [переходу к социумам (например, отражающим их целенаправленное поведение финансовым потокам)] не только по координатам, но ещё и по параметрам, на этот раз, – уже не только средств, но и объектов управления. При этом, в отличие от винеровского одномерного управления, управление по Ст. Бире, У. Эшби и др. оказывалось уже, таким образом, двумерным – «кибернетика 2-го порядка. При

этом критерий перехода от «кибернетики 1-го порядка» к «кибернетике 2-го порядка» дан в [3].

Далее следует отметить, что в Советском Союзе широкомасштабное проведение работ по координатно-параметрическому управлению началось в 1968 году с создания по инициативе акад. Б. Петрова одноименной лаборатории проф. В. Рутковского [4] в Институте автоматизации и телемеханики (ИАТ) АН СССР.

О технической реализации параметрического управления

Здесь следует отметить, что переход от операций регулирования-управления (адаптации) к управлению, по Н. Винеру, было ознаменовано введением в теорию управления ещё и информационных представлений. В соответствии с этим обратим внимание на то, что имеющий место объект управления-физическая реальность – является в то же время и носителем информации о самом себе. При этом сущность, семантика, информации об объекте управления содержится, в том числе, и в рассмотренной выше аналитической или топологической его модели. Здесь – содержится в этой модели и посредством её же и *проявляется*, т.е. *является* во-вне.

Образно эта информация может быть интерпретирована в виде некоего кувшина (рис. 2), где его содержимое, допустим, жидкость, представляет собой семантику-сущность объекта управления, а сам кувшин – форму этой семантики. Здесь – форму как аналитическую или топологическую модель, эту семантику содержащую и проявляющую. Тогда получается, что названные выше параметры и структура модели объекта управления выражаются в параметрах Π (размерах) и структуре S (конфигурации) кувшина (см. рис. 2). Что же касается координат объекта управления, то в случае кувшина аналогами их являются таковые входная $K_{вх}$, – количество вливаемой в кувшин жидкости, и выходная $K_{вых}$, – количество жидкости, выливающаяся из кувшина.

¹ А ещё, – и по параметрам-структуре. Но...только по параметрам-структуре средств управления (не объектов!) – см. ниже.

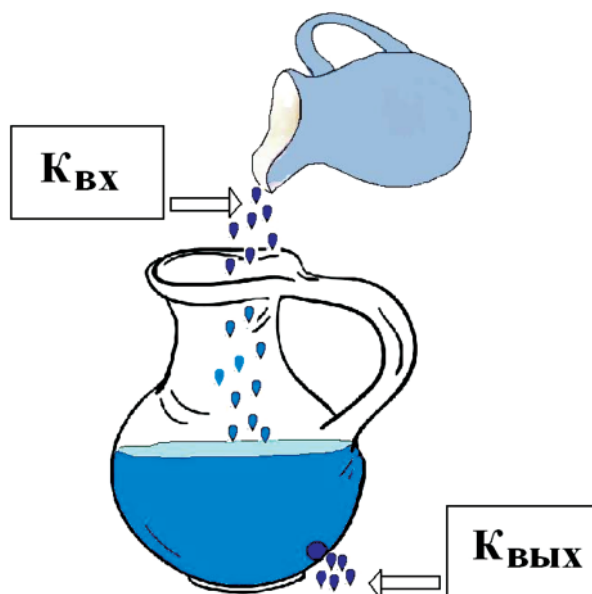


Рис. 2. Интерпретация информации об объекте управления, содержащейся в его модели

Далее – в соответствии с рассматриваемыми аналогиями, получается, что количество содержащейся в кувшине жидкости (выходная координата $K_{\text{вых}}$) зависит как от вливаемой в кувшин жидкости (входной координаты $K_{\text{вх}}$), так и от конфигурации кувшина (структуры С) с её (структуры С) определённой – размерами-параметрами П.

В результате получается, что в представленной интерпретации координатное управление, по Ст. Биру, У. Эшби и др., заключается в изменении содержащейся в кувшине жидкости, – выходной координаты $K_{\text{вых}}$ – посредством изменения размеров кувшина – параметров П. Т.е. получается, что координатное управление по определению – как оно изначально задумано – должно осуществляться непосредственно на самом объекте и, таким образом, в реальном масштабе времени. Это значит, что такое – непосредственно на самом объекте, управление, во-первых, **нарушает режим нормальной эксплуатации объекта** (необратимость возможных негативных последствий управления), а во-вторых, как реализуемое в реальном масштабе времени, **является чрезвычайно медленным в осуществлении** и, таким образом, **непригодным не только**

для многократного варьирования параметров П, но и вообще для их варьирования.

Это означает, что подобное, – непосредственно на самом (физическом) объекте управления, манипулирование параметрами П, как управление является нереализуемым на практике.

О необходимости моделирования при параметрическом управлении

Выход – в использовании в контуре параметрического управления вместо самого объекта его модели (рис. 3).

В данном случае на полученной заранее и верифицированной по результатам нормальной эксплуатации объекта управления модели (из соображений максимальной близости к объекту, например – имитационной) в ускоренном, машинном, масштабе времени осуществляется многократное (с помощью компьютера и, например, по методу полного факторного планирования, или, более экономно, ротатбельно [5]) изменение параметров П модели.

Цель – определение таких значений П* параметров П, которые обеспечивали бы требуемую выходную координату $K_{\text{вых}}$ объекта управления. Здесь – требуемую выходную координату объекта управления $K_{\text{вых}}$

в том смысле, что в максимальной степени приближенную, как это имеет место при всяком регулировании-управлении, k , – это

имеет место уже только при управлении, произвольной (например, экстремальной) уставке $K_{\text{вых}}^*$ этой координаты.

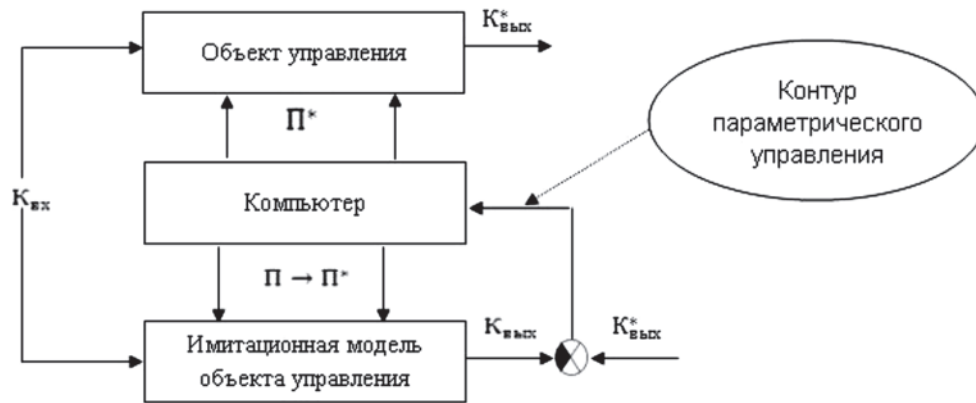


Рис. 3. Блок-схема системы параметрического управления

А далее осуществляется, в режиме советчика, перенос найденных таким образом значений P^* параметров модели объекта управления на сам физический объект управления.

Аналогично для задач Ст. Бира, У. Эшби и др. может быть показана такая же необходимость моделирования в контуре структурного управления. А это значит, что такая же необходимость имеет место и при всех возможных сочетаниях параметрического и структурного управления с координатным – координатно-параметрическом, координатно-структурном и др.

Заключение

Возникновение кибернетики в 1948 году ознаменовалось переходом от операций регулирования и управления-адаптации в техносфере к управлению по Н. Винеру – такому одномерному (координатному) ещё и отдельными объектами живой («био») природы, т.е. ознаменовалось переходом к так называемой «кибернетике 1-го порядка».

В 50-е годы, в связи с вовлечением в сферу кибернетики *систем* объектов жи-

вой (в т.ч., и «ноо») природы, т.е., социумов (Ст. Бир, У. Эшби, У. Мак-Каллох, Г. фон Фёрстер, и Г. Бейтсон), происходит переход от винеровского одномерного (координатно-параметрически-структурное) управления – «кибернетики 1-го порядка», к дву- и многомерному (координатно-параметрическому) управлению, или «кибернетике 2-го порядка».

Такое управление (в частности параметрическое) хотя и должно, но принципиально не может осуществляться на реальных объектах. Оно может осуществляться только на моделях объектов управления (прежде всего имитационных) посредством включения этих моделей в контур управления и использования режима советчика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. – М.: Советское радио, 1958.
2. Бир Ст. Кибернетика и управление производством. – М.: Наука, 1965.
3. Бондаревский А.С., Лебедев А.В. О «кибернетике второго порядка»: научные основа-

ния и критерий применимости координатно-параметрического управления // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2010. – №5.

4. Петров Б.Н. Рутковский В.Ю. Земляков С.Д. Адаптивное координатно-параметри-

ческое управление нестационарными объектами. – М.: Наука, 1980.

5. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. – М.: Наука, 1965.

NECESSITY OF MODELLING AT PARAMETRICAL MANAGEMENT

Bondarevsky A.S., Lebedev A.V.

*FGYP NII of Physical Problem . F.V. Lukina, Moscow,
e-mail: admin@niifp.ru*

In article it is offered to use imitating model of object of management in a computer contour for management realization in the accelerated time scale, the decision of a problem of synthesis and carrying over, – in a mode of the adviser, the received results on real object.

Keywords: cybernetics, management, N. Wiener cybernetics of 1st order second-order cybernetics, coordiant – parametriceski-structural management