

УДК 65.01

РАЗРЕШЕНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ – КЛЮЧЕВАЯ ЗАДАЧА АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ

^{1,2}Черников Б.В., ³Антончиков С.Н.

¹Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, e-mail: bor-cher@yandex.ru;

²ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Москва;

³МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, e-mail: sergeyantochikov@gmail.com

В условиях ускорения развития современного общества растет количество изменений, оказывающих существенное воздействие на все его элементы, в т.ч. на организационные системы. В целях обеспечения выживаемости все большее значение приобретают качества адаптивности организационных систем. На фоне достижений теории адаптивного управления техническими системами результаты исследований адаптивности организационных систем выглядят не столь впечатляющими. Это требует большего внимания ученых и специалистов к проблематике адаптивности социально-экономических систем. В работе сделана попытка уточнения сущности адаптивности систем вообще и применения этого понятия к организационным системам в частности. Проведен анализ влияния изменений условий среды на деятельность системы. Сделан вывод о необходимости классификации возмущений с целью раздельного изучения их влияния на систему и оценки адаптивных реакций и свойств системы. Предложены подходы и некоторые основания для классификации возмущений. Раздельное рассмотрение влияния факторов среды позволяет выделить виды проблем, с которыми сталкивается система в условиях изменений факторов среды. Соответственно, это дает возможность определить ключевые задачи системы для адаптации к возмущениям. Одной из таких важных задач при адаптации системы к изменениям представляется преодоление неопределенности возмущений. Обоснованием важности устранения неопределенности для системы является возможность применения более простых в реализации схем управления объектами, в т.ч. моделей разомкнутого управления. В статье рассмотрены результаты исследований и направления по разрешению проблематики неопределенности, сформировавшиеся в рамках теории управления в процессе ее развития. Это позволило лучше осознать степень влияния неопределенности на систему, ознакомиться с задачами, решавшимися при управлении системами в условиях неопределенности, выделить виды неопределенностей.

Ключевые слова: адаптивность, адаптация, организационная система, неопределенность

RESOLUTION OF UNCERTAINTY – A KEY TASK OF ADAPTIVE SYSTEMS

^{1,2}Chernikov B.V., ³Antonchikov S.N.

¹Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, e-mail: bor-cher@yandex.ru;

²LLC «Gazprom VNIIGAZ», Moscow;

³Bauman Moscow State Technical University, Moscow, e-mail: sergeyantochikov@gmail.com

In the context of modern society development accelerating the number of changes that have a significant impact on all of its elements, including organizational systems, is increasing. It's becoming increasingly important properties of adaptive organizational systems in order to ensure survival. Against the background of the achievements of the adaptive control theory of technical systems of adaptive organizational systems research does not look as impressive. This requires more attention of scientists and specialists to the problems of adaptability of the socio-economic systems. An attempt to clarify the essence of adaptive systems in general and the application of this concept to the organizational system in particular in this paper. The effect of changes in environmental conditions on system performance was analyzed. The conclusion about the necessity of disturbances classification for the purpose of a separate investigate their impact on the system and evaluation of adaptive reactions and properties of the system is made. Approaches and some grounds for disturbances classification are proposed. Separate consideration of the influence of environmental factors allows selecting the kinds of problems faced by the system under changes in environmental factors. Accordingly, this makes it possible to identify the key tasks of the system to adapt to disturbances. One such important tasks when the system is adapting to change is to overcome the perturbation uncertainty. The rationale for the importance of eliminating uncertainty for the system is the possibility of simple objects in the implementation of control schemes, namely an open management models. The results of research and ways of solving the problems of uncertainty that were formed in the framework of the process of its development management theory discussed in the paper. It is possible to understand the extent of the impact of uncertainty in the system, to get acquainted with the problems that are solved in the management of systems under uncertainty, identify types of uncertainties.

Keywords: adaptability, adaptation, organizational system, uncertainty

Многими авторами адаптация рассматривается как способность системы приспосабливаться к внешним либо внутренним изменениям. В качестве примера приведем несколько определений. Л.М. Лукьянова в работе [3] утверждает: «Адаптация – способность системы приспосабливаться к из-

меняющимся условиям окружающей среды (помехам, исходящим от среды и оказывающим влияние на систему)». По мнению Ф. Чаки, адаптация «...означает приспособление организма к изменяющимся внешним и внутренним условиям» [10]. Таким образом, специалистами, разделяющими

приведенные формулировки, адаптация рассматривается как регулярная реакция системы на изменение воздействия внешних либо внутренних факторов.

Представляется необходимым сделать некоторое терминологическое уточнение относительно понятий, используемых для описания адаптивных свойств системы. Кроме термина «адаптация» в литературе широко используется понятие «адаптивность», причем в достаточно близких по смыслу выражениях. Чтобы исключить применение двух отличающихся друг от друга терминов применительно к одним и тем же ситуациям, предлагается термин «адаптация» использовать для указания на процесс, связанный с проявлением адаптивных свойств системы. А адаптивность понимать как свойство, присущее системе, реагировать на внешние и внутренние изменения.

Зададимся вопросом, является ли такое понимание адаптивности исчерпывающим, полноценно определяющим суть этого феномена? Можно ли на его основе провести качественную постановку задачи по созданию адаптивных систем? В целом, приведенные определения выглядят весьма общими, оставляющими множество белых пятен относительно сути такого достаточно обширного понятия. Например, какие изменения и каких условий среды оказывают влияние на систему? Какие изменения факторов среды требуют какой-либо существенной реакции системы, а какие нет? Что означает «приспосабливаться» для системы? Как это происходит? И вообще, зачем это нужно системе? Как мы увидим далее, ознакомление с этапами развития, а также с решаемыми в ходе них задачами и достижениями теории управления, позволяет приблизиться к ответам на некоторые из этих вопросов.

Актуальность и цель исследования

В связи с наблюдающимся ускорением развития человеческого общества на современном историческом этапе в социуме все чаще происходят различные перемены. Наблюдаются количественный рост и качественные изменения, что приводит к повышению сложности организации социума. Общественные изменения затрагивают все более широкий круг участников, касаются различных процессов и институтов, социальных явлений и систем разного типа, в т.ч. организационных. Действенным фактором возрастания скорости развития и усложнения общественных отношений выступает, безусловно, научно-технический прогресс.

В силу перечисленных причин изменения становятся все более труднопрогнози-

руемыми и способны оказывать существенное влияние на организационные системы. Это определяет короткий жизненный цикл и высокую «смертность» ряда категорий организационных систем, в частности, – субъектов малого и среднего бизнеса. По этой причине повышение адаптивных свойств организационных систем приобретает все большую актуальность.

С другой стороны, наблюдается отставание в развитии управленческих теорий, занимающихся исследованиями феномена адаптивности социально-экономических систем, в сравнении с техническими системами. Поэтому изучение достижений теории адаптивного управления техническими системами, попытка применения некоторых из этих открытий в интересах организационных систем, представляются оправданными и актуальными.

Таким образом, целью настоящей работы является преодоление упрощенного понимания адаптивности организационных систем и уточнение сущности данного феномена на основе анализа результатов развития теории управления, в т.ч. одного из ее направлений – теории адаптивных систем. Основной задачей работы является нахождение ключевой проблемы, решаемой адаптивной системой в условиях действия возмущений, с целью ее дальнейшего углубленного исследования.

Проблематика неопределенности в теории управления

Известно, что теория управления занимается решением задач анализа и синтеза систем (моделей) управления. Под управлением будем понимать «... воздействие на управляемую систему с целью обеспечения требуемого ее поведения» [5]. Последовательно рассмотрим этапы эволюции теории управления, а также проблемы, решаемые на каждом из этапов. Это полезно для осознания сущности адаптивности систем, т.к. современная теория адаптивных систем эволюционно сформировалась в рамках теории управления. Как пишет о развитии управленческой науки в своей монографии А.В. Медведев, «... здесь можно говорить об этапах создания детерминированной теории управления, стохастической теории управления и, наконец, теории адаптивных систем» [4]. В интересах уточнения сущности адаптивности рассмотрим подходы к управлению и задачи, решаемые в рамках этих, последовательно возникавших и теперь ставших самостоятельными разделов теории управления.

Управление в условиях изменений в детерминированной теории. Начнем

с анализа основ детерминированной теории управления. Для этого уточним понятие детерминированной системы. Согласно определению, приведенному в [9], «... детерминированные системы – это системы, отвечающие на один и тот же входной сигнал всегда одним и тем же вполне определенным выходным сигналом». Согласно утверждениям, приведенным в работе [4], системы управления (классическая и комбинированная, см. рис. 1–2) позволяют решать управленческие задачи в рамках детерминированной теории управления.

На приведенных рисунках использованы следующие обозначения: $u(t)$ – управляемый входной сигнал (например, количество сырья, передаваемого в производство со склада предприятия); $x(t)$ – выходной сигнал (например, показатели производительности (производства)); $x^*(t)$ – задающее воздействие (например, производственная программа); $m(t)$ – измеримый входной сигнал (например, физико-химическая характеристика сырья).

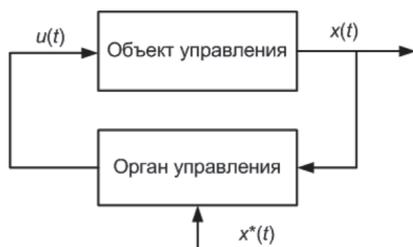


Рис. 1. Классическая схема системы управления [4]

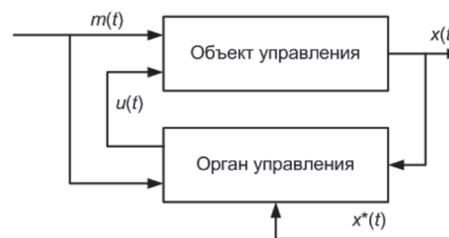


Рис. 2. Схема комбинированной системы управления [4]

в соответствии со схемой на рис. 1 изменение входного воздействия $u(t)$ полностью регулируется органом управления (ОУ), чем и обеспечивается достижение необходимого результата функционирования объекта $x(t)$. Реализация закона управления $x^*(t)$ не вызывает затруднений для ОУ, т.к. объект является детерминированным и предсказуемо отвечает на изменение входного воздействия $u(t)$ регулятором, который представлен ОУ. Таким образом, изменение входа $u(t)$ для системы, состоящей из объекта и органа управления, является полностью предсказуемым, определенным. Отличие схемы, представленной на рис. 2, от схемы на рис. 1 состоит в том, что вход системы характеризуется еще одним параметром. Например, им может быть некоторая качественная характеристика поступающего в производство сырья. При этом, согласно принятому нами ограничению, данный показатель не является случайным, контролируется системой (т.е. является измеримым, но не управляется ею). Соответственно, система

По нашему мнению, решение задач с использованием подходов детерминированной управленческой теории для систем, представленных на рис. 1–2, требует введения следующих ограничений:

- преобразование объектом входного сигнала $u(t)$ в выходной $x(t)$ описывается детерминированной зависимостью;
- внешние для данной системы воздействия, такие как закон управления $x^*(t)$, входной сигнал $m(t)$, не являются случайными и измеримы, а их изменение не выходит за допустимые для данного объекта пределы.

Как видно из рис. 1, на объект действует внешний по отношению к нему сигнал $u(t)$, параметры которого могут изменяться с течением времени. Применительно к проблематике адаптивности такое воздействие может рассматриваться объектом как изменение фактора внешней среды. Однако,

управления, отраженная на рис. 2, решает более сложную задачу, например, по обеспечению выпуска продукции с заданными характеристиками при изменяющихся показателях качества поступающего сырья. Таким образом, если рассматривать функционирование детерминированных систем управления в свете проблематики адаптивности, необходимо отметить следующие их особенности. Изменения одних факторов, таких как закон управления $x^*(t)$, входной сигнал $m(t)$, не являются случайными, другие, например, входной сигнал $u(t)$, управляются самой системой. Закономерности, характеризующие процесс, реализуемый объектом, известны и являются детерминированными, в т.ч. с учетом влияния внешних, неуправляемых системой факторов $m(t)$, $x^*(t)$. Следовательно, можно сказать, что функционирование таких систем происходит при отсутствии какой

бы то ни было неопределенности, как относительно неопределенности изменений внешних или внутренних воздействий, так и относительно полноты априорной информации, описывающей закономерности и системы, и среды. Управление системой при заранее известных воздействиях может быть реализовано более простым, не требующим контроля выходного сигнала, способом. О ситуациях, когда воздействие внешних факторов определено некоторой закономерностью, заранее известной системе, Ф. Чаки писал в работе [10] следующее: «... с помощью управления без обратной связи (разомкнутое управление) можно исключить влияние некоторых предсказуемых внешних возмущений».

Вероятностная неопределенность в стохастической теории управления. По мере развития техники ученые столкнулись с проблемой, когда управление более сложными техническими системами с использованием ранее применяемых алгоритмов (разработанных в рамках детерминированной теории) не обеспечивало необходимого качества управления. Стало понятно, что данные объекты не являются детерминированными, т.к. применявшиеся интегродифференциальные уравнения при знании прошлых, настоящих и будущих входов не позволяли точно описать ожидаемые выходные параметры таких систем. Это было связано с тем, что поведение систем нового типа носило вероятностный характер, и каждое будущее состояние могло характеризоваться не точным значением выходных характеристик, а лишь плотностью распределения их вероятностей. Поэтому такие системы стали называться вероятностными или стохастическими. Согласно [9] «... стохастические системы – это системы, у которых реакция на входное воздействие представляет собой случайный выходной сигнал в соответствии с некоторым распределением вероятностей». Таким образом, появилась неопределенность относительно ожидаемых состояний управляемой системы, что потребовало применения иных подходов в управлении такими системами.

Кроме того, понятно, что не только управляемые объекты могут являться системами стохастической природы, но и окружающие их другие системы. Тогда влияние таких систем на объект управления также будет носить вероятностный характер. Это обстоятельство увеличивает уровень неопределенности поведения управляемого объекта и приводит к повышению уровня сложности систем управления объектом в условиях вероятностной среды. Об этом Дж. Саридис в работе [7] писал следующее:

«... этот класс систем характеризуется необходимостью учета в процессе управления непредсказуемых входных сигналов или изменяющихся параметров с известными статистическими характеристиками. Это потребовало постановки задачи стохастического управления». Стохастическая схема системы управления, составленная согласно работе [4], представлена на рис. 3, где $p(t)$ – случайное возмущение.

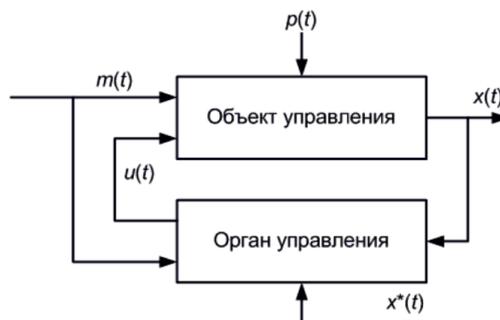


Рис. 3. Стохастическая схема системы управления [4]

Ее отличие от систем управления, отраженных на рис. 1–2, заключается в появлении случайного возмущения $p(t)$. В соответствии с определением, предлагаемым в работе [9], «... возмущающее воздействие представляет собой воздействие внешней среды на объект управления». Авторы работы [9] делят возмущения на объективно существующие и случайные. Очевидно, что именно случайные возмущения могут носить вероятностный характер.

Разрешение априорной неопределенности в теории адаптивных систем. Решения, предоставляемые стохастической теорией, казалось, позволили ученым преодолеть трудности управления объектами, действовавшими в случайной обстановке. Однако естественная потребность создавать еще более сложные системы, эффективно работающие в условиях, выходящих за пределы возможностей регуляторов, вызвала новые проблемы. Трудности были связаны с тем, что в момент создания таких систем разработчикам не были полностью известны ни закономерности, определяющие функционирование объекта, ни закономерности, описывающие поведение факторов окружающей среды. В этом случае речь идет о недостатке априорной информации об объекте и условиях его работы. Под априорной информацией понимают некоторые начальные сведения о создаваемом объекте

и окружающей среде, их свойствах, взаимном влиянии, необходимые конструктору для формирования математической модели системы. Цитируя своего учителя Я.З. Цыпкина, А.В. Медведев в монографии [4] указывает, что «... априорная информация – это средство математической формулировки задач». Как правило, математические модели представляют собой системы уравнений, описывающих зависимости преобразования некоторых входных величин в требуемые результаты работы реальных систем. Для формулирования таких зависимостей исследователи используют знание более общих законов и закономерностей, вытекающих из природы объектов. Свойства моделируемых систем выражаются в уравнениях соответствующими параметрами. Важным является знание зависимостей параметров уравнений (или свойств объектов) от факторов среды. Наличие накопленных статистических данных о поведении реальных объектов стохастической природы позволяет получить плотности распределения вероятностей требуемых их состояний. Все эти сведения и являются априорной информацией. Таким образом, неполная априорная информация не позволяет исследователю создать качественную математическую модель будущей реальной системы. Это и является причиной появления неопределенности нового типа – относительно априорной информации о создаваемой системе и среде ее функционирования. Этот факт стал вызовом для существовавшей в то время теории стохастического управления и послужил толчком к развитию нового направления – теории адаптивных систем. Следовательно, можно сделать вывод, что одной из важных задач, решаемых адаптивными системами, является разрешение проблемы неопределенности, связанной с недостатком априорной информации о системе и ее окружении. При этом важно сделать следующее замечание о характере решения данной проблемы. Дж. Саридис в работе [7] выразил это так: «... в момент создания системы конструктор еще не полностью знает ее свойства, причем степень его незнания может быть уменьшена в ходе реального процесса». Это означает, что восполнение недостающей априорной информации осуществляется в ходе реального функционирования объекта за счет сбора и обработки органом управления текущей информации об условиях и результатах его работы.

Виды возмущений и их влияние на систему

С использованием вышеизложенного материала проведем рассуждения и сделаем

выводы о поведении систем в условиях изменений в зависимости от видов возмущающего воздействия.

Внешние возмущения. Системы, функционируя во внешней среде, взаимодействуют с окружающими их системами и испытывают влияние такого взаимодействия. Соответственно, влияние изменений внешних по отношению к системе факторов среды можно выделить в отдельную категорию факторов влияния. Флуктуации состояния внешних факторов вызывают определенную реакцию системы, что и является проявлением ее адаптивных свойств. Адаптация системы может, в том числе, осуществляться через изменение регулирующего воздействия $u(t)$, осуществляемого органом управления, как это представлено на рис. 1–2.

Количество внешних контрагентов у больших и сложных систем, к которым относятся и организационные системы, огромно. Более того, каждый из факторов внешней среды имеет различную природу, формирует разные виды связей с системой, ее подсистемами и элементами и, соответственно, оказывает различное влияние на систему. Очевидно, что без классификации оценить влияние объектов внешней среды на систему будет весьма затруднительно. Одним из вариантов классификации условий внешней среды может выступать их деление на факторы макро- и микроокружения, предложенное А.М. Карминским и Б.В. Черниковым в работе [2]. Распределение факторов между этими двумя большими классификационными группами представлено на рис. 4.

В принципе, в качестве критериев классификации могут выбираться различные основания. Например, известно, что системы обмениваются между собой материальными ресурсами, энергией и информацией. Использование вида ресурсов межсистемного обмена в качестве критерия классификации позволяет разделить объекты внешней среды на поставщиков материальных, энергетических и информационных ресурсов. Примеры классификации объектов по такому основанию хорошо известны. Укрупненно ресурсы, потребляемые предприятием, принято делить на сырье и материалы, энергоносители, информационные ресурсы. Соответственно, количественные изменения этих факторов внешней среды оказывают существенное влияние на систему. Это объясняет, почему системам приходится реагировать на изменения внешних факторов данной категории – чтобы предотвратить избыток или недостаток ресурсов. Какой из ресурсов наиболее важен для си-

стемы, по всей видимости, зависит от природы системы, стоящих перед нею целей, решаемых в данный период задач и этапа жизненного цикла в целом. Конечно, общим ответом здесь может быть следующий: тот вид ресурсов, который в наибольшей мере обеспечивает жизнеспособность системы. Однако для более обоснованного ответа на этот вопрос требуется проведение дальнейших исследований.

Еще одним основанием для классификации внешних факторов может быть характеристика его поведения. Известно, что системы в зависимости от реакции на входной сигнал делятся на детерминированные и вероятностные. Соответственно, факторы внешней среды также могут быть отнесены к одному либо другому типу систем. Критерии отнесения внешних факторов к детерминированным и вероятностным системам, также как и ресурсные критерии, являются характеристиками природной сущности внешних объектов.

качественном параметре другого входа $u(t)$, выступающего в качестве потребляемого системой ресурса, т.е. качественная характеристика какого-либо входа может явиться основанием для следующей его классификации как внешнего фактора.

Таким образом, классификация факторов внешней среды может быть реализована по широкому набору оснований. Уже только по критериям, связанным с природной сущностью внешних факторов, может быть введено значительное количество классификационных категорий. Классификация внешних факторов на основании критериев, связанных с их природной сущностью, позволяет понять причины и механизм влияния фактора на систему. Однако такой классификации недостаточно для оценки степени влияния факторов и их изменений на систему с позиций формирования ею ответной реакции, т.е. проявления свойств адаптивности. С одной стороны, это объясняется тем, что количество критериев



Рис. 4. Деловая среда предприятия [2]

Важно отметить, при необходимости классификацию факторов внешней среды нетрудно продолжить. Как это принято в кибернетике, факторы, оказывающие воздействие на систему, мы изображали входами (см. рис. 1–2). Соответственно, любые качественные характеристики входов системы могут выступать критериями классификации. Как мы видели, отдельные входы (например, $m(t)$) могут служить для системы источником информации о каком-либо

классификации не является ограниченным, т.е. может быть очень большим, что естественно затрудняет оценку их влияния. С другой стороны, применение разнородных по своей сущности критериев классификации внешних факторов выделяет группы, представляющие пересекающиеся между собой множества, т.е. не имеющие общих характеристик. Это не позволяет осуществить сравнительный анализ их влияния на систему и значимость ее ответной

реакции с позиций необходимости адаптации. Поэтому для оценки влияния на систему внешних факторов требуется введение дополнительных критериев классификации. Одним из оснований выбора таких критериев может быть их связь с наиболее важными целями системы, например, обеспечением ее существования.

Для более полного понимания влияния изменений внешних факторов на систему необходимо отметить следующую специфику такого влияния. Если рассматривать систему как совокупность элементов и подсистем, то следует различать характер воздействия внешних факторов на систему в целом и отдельные ее элементы. Это определяется спецификой связей между рассматриваемой системой (и ее элементами в том числе) и другими системами. Например, внешние изменения могут оказывать влияние на результаты деятельности системы, но не оказывать такого влияния на элементы системы, т.е. не менять их свойств. Так происходит при изменении качества поступающего на предприятие сырья. Его ухудшение неизбежно скажется на качестве готовой продукции. При этом характеристики производственного процесса (например, производительность оборудования) могут и не изменяться. С другой стороны, неблагоприятные факторы среды могут вызвать изменение свойств элементов системы, например, погодные условия могут дестабилизировать работу транспортного подразделения завода, что, в свою очередь, может отразиться на показателях производства из-за перебоев с поставками сырья. Однако производственный план может быть полностью выполненным при формировании необходимого объема запасов сырья на складе. Еще одним примером влияния условий среды на элементы системы может быть изменение потребностей и мотивов сотрудников организации под влиянием изменений общественных институтов. Например, изменение качества работы системы образования может способствовать повышению квалификации специалистов предприятий и организаций, что, в свою очередь, способно вызвать различные количественно-качественные изменения в самой организационной системе и результатах ее деятельности. Так, например, высокий уровень квалификации сотрудников позволяет организации использовать новые более сложные и совершенные технологии, что обеспечивает повышение производительности труда на предприятии, а также повышение качества производимой продукции. Кроме того, более высокий уровень образованности

может стать и фактором развития организации, когда уровень зрелости персонала позволит формировать и реализовывать более амбициозные цели, совершенствовать внутренние производственные и управленческие процессы и т.д. Таким образом, оценивая влияние изменений внешних факторов, следует учитывать не только их воздействие на систему в целом, но и возможность влияния факторов среды на свойства элементов системы.

Внутренние возмущения. Отдельно стоит остановиться на внутренних по отношению к системе возмущениях и их природе. Естественно, что теоретики автоматического управления, занимающиеся анализом и синтезом систем управления техническими объектами, преимущественно рассматривали влияние внешних возмущений. Однако по мере развития управленческой науки совершенствовался ее аппарат, который позволял решать задачи управления все более сложными системами. Рос интерес к достижениям теории управления со стороны смежных научных дисциплин. Стали предприниматься попытки математического описания и разработки моделей управления иными, не техническими системами. Как указывает Д.А. Новиков в работе [5], в конце 60-х годов XX века, на фоне бурного развития кибернетики, математической теории управления «... как в СССР, так и за рубежом, начали предприниматься попытки применения общих подходов теории управления для разработки математических моделей социальных и экономических систем». Это привело к зарождению ряда теорий, в т.ч. теории активных систем, изучавших особенности функционирования социально-экономических систем, обусловленные проявлением активности входящих в них элементов. Дальнейшая интеграция этих научных направлений послужила основанием возникновения современной теории управления организационными системами.

Источником внутренней активности, нелинейности происходящих в организационной системе процессов и, соответственно, внутренних возмущений, рассматривается человек. Преобразование входов организационной системы в ее результаты обеспечивается деятельностью человека. В.Н. Бурков с группой авторов в работе [1] рассмотрел структурные (процессуальные) компоненты деятельности человека в организационной системе, т.к. именно деятельность выступает формой целенаправленной активности человека. Модель, описывающая структурные компоненты человеческой деятельности в организационной системе, приведена на рис. 5.

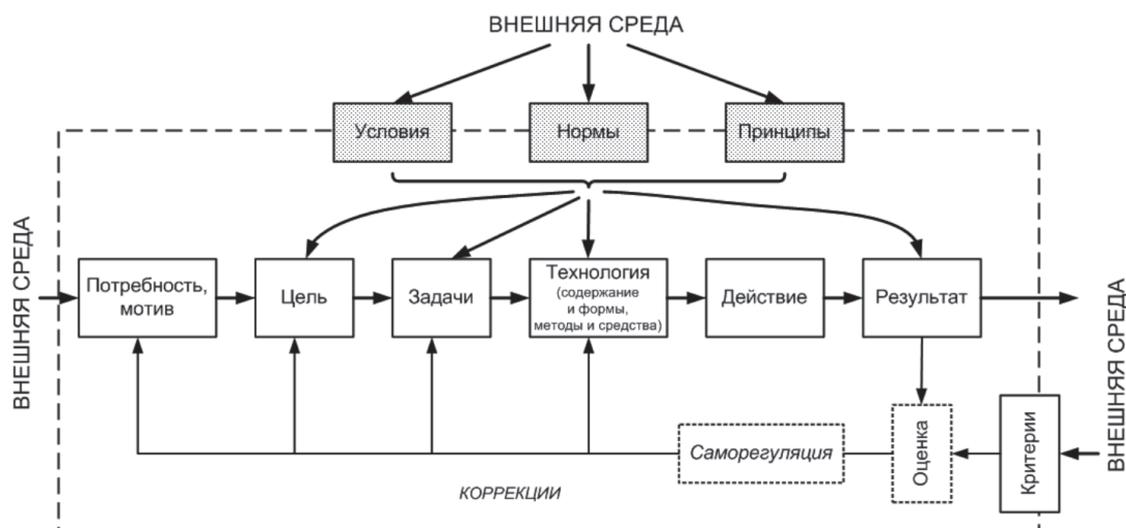


Рис. 5. Структурные компоненты деятельности [1]

Модель включает в себя разнородные компоненты. С одной стороны, в нее входят составляющие, обусловленные участием в организационной системе человека. Эти элементы характеризуют внутреннее состояние человека. Например, такие, как потребности и мотивы, цели, задачи. Они управляют его поведением и определяют направленность, организованность, активность человека в организационной системе. С другой стороны, такой компонент модели, как технологии, реализован в организации через совокупность технических систем, включенных в хозяйственные, технологические, информационные и иные процессы. В то же время, структурные компоненты деятельности выстроены в организационной системе в процесс, осуществление которого и приводит к преобразованию входов системы в выходы (результат). Как мы видим из приведенной модели, ряд компонентов (потребности и мотивы, цели, задачи, технологии, результат) связаны и испытывают непосредственное влияние внешней среды. Это воздействие внешней среды на компоненты деятельности оказывается через влияние условий, норм, принципов и критериев деятельности, которые, как известно, организуются в обществе в форме институтов. Таким образом, приходим к выводу, что изменения внешней среды (через влияние условий, норм, принципов и критериев) могут воздействовать на указанные компоненты деятельности организации, вызывая их изменения. Изменения структурных компонентов деятельности, в свою очередь, и будут являться источниками внутренних воз-

мушений в организации, проявляющихся через изменение поведения ее участников. При этом, как справедливо замечают авторы работы [1], «... часть влияний внешней среды может носить нецеленаправленный (случайный, недетерминированный, неконтролируемый управляющим органом) характер». А это вызывает возникновение неопределенности. Здесь следует обратить внимание на наличие двух видов неопределенности. Первая связана с неопределенностью изменения структурных компонентов деятельности внутри организации под действием среды. Ее относят к природной неопределенности. Второй тип неопределенности вызван нелинейностью поведения индивида при принятии решений в той или иной ситуации, в том числе характеризуемой условиями внешней среды. В теории игр поведение человека, принимающего решение о выборе какой-либо стратегии действий в зависимости от различных факторов, в т.ч. влияния среды, рассматривают как игру агентов. Поэтому такой тип неопределенности называют игровой неопределенностью.

Таким образом, активность элементов некоторых типов систем, в т.ч. организационных, приводит к появлению внутренних возмущений. Поэтому при исследовании таких систем необходимо проводить оценку влияния изменений внутренних факторов. Причиной возникновения внутренних возмущений выступает активность элементов систем, которая, в свою очередь, определяется наличием собственных потребностей, мотивов и целей элементов. В организацион-

ных системах источником внутренних возмущений является человек, активность которого проявляется в деятельностной форме.

Иные критерии классификации возмущений

Измеримость возмущений. Одним из критериев классификации влияния изменений на систему, может рассматриваться возможность их контроля, т.е. измеримости со стороны системы. С точки зрения адаптивности системы введение, такой классификационной категории представляется важным, т.к. отсутствие возможности контроля изменения фактора среды не позволяет системе адекватно реагировать на его появление. В такой ситуации орган управления может реагировать на возникновение неизмеримого возмущения лишь фиксируя отклонения в результатах работы объекта. Невозможность измерения может быть вызвана различными причинами. Применительно к организационным системам это могут быть технические ограничения, если речь идет об измерениях динамики каких-либо характеристик производственного процесса. Сложности контроля изменений потребностей и мотивов сотрудников организации возникают в связи с нелинейностью их поведения, выражающегося в нежелании раскрывать истинные мотивы в некоторых ситуациях. Экономические причины, ограничивающие возможность оценки изменений факторов, как правило, связаны с высоким уровнем затрат на организацию измерений. Трудности контроля изменений значительного числа факторов среды могут быть вызваны ограниченностью ресурсов организации.

Управляемость возмущениями. В качестве следующего критерия классификации факторов среды рассмотрим возможность управления изменением фактора со стороны системы (ее органа управления). Иными словами, мы говорим о подчиненности фактора среды органу управления системы, который и определяет закон изменения фактора в соответствии с задающим воздействием. Это выглядит трудно реализуемым в отношении технических систем, т.к. они, как правило, функционируют в условиях природной внешней среды, изменение которой человеком пока еще весьма ограничено. В то же время многие факторы социума, влияющие на организационные системы, в свою очередь являются зависимыми от деятельности самих организационных систем. Например, нам известны различные способы лоббирования организациями собственных интересов. Такой вид изменения представлен на рис. 1, как управ-

ляемый входной сигнал $u(t)$. Для производственного предприятия это может быть поток сырья, направляемого на переработку с собственного склада предприятия. Против использования данной классификационной категории возможны возражения по причине того, что управляемое изменение фактора не оказывает неблагоприятного влияния на систему, а также то, что такой входной сигнал может рассматриваться как управляющее воздействие органа управления в целях реализации задающего воздействия. Однако введение такой классификации представляется оправданным с точки зрения дальнейшего рассмотрения механизмов адаптивности систем. Так, для адаптации системы к изменению какого-либо неблагоприятного фактора среды одним из способов формирования адаптивной реакции может быть подчинение этого фактора системе и последующее управление им в соответствии с задающим воздействием. Как известно, данный механизм обеспечения адаптивности системы реализован при создании вертикально-интегрированных компаний. Таким образом, полярными значениями данной классификационной категории будут абсолютная управляемость либо неуправляемость изменением фактора среды системой. Промежуточные значения могут быть введены в зависимости от задач исследования.

Неопределенность возмущений. Как было отмечено выше, авторы работы [9] делят возмущения на объективно существующие и случайные. Такой характер проявления возмущения относительно системы определяется детерминированной или вероятностной природой фактора среды, а также наличием у системы априорной информации о возмущении. Говоря о сущности данной классификационной категории, хотелось бы дополнить ее следующими рассуждениями. Понятие случайности связано с категорией осведомленности системы (или органа управления) о возникновении и характере будущего возмущения. Кроме того, именно осведомленность является фактором, обеспечивающим возможность применения более упрощенных моделей управления системами, действующими в условиях изменений (например, разомкнутый контур управления). В свою очередь, степень осведомленности о наступлении возмущения может характеризоваться показателем неопределенности.

Неопределенность как ключевая проблема адаптивности

Учитывая, что адаптивность заключается в способности системы реагировать

на изменение условий среды, необходим анализ факторов, определяющих такую способность. Рассматривая адаптацию как результат взаимодействия системы и фактора среды, можно говорить о наличии условий, благоприятствующих, либо, наоборот, препятствующих получению необходимой реакции системы. Следовательно, можно ввести понятие сложности формирования системой ответной реакции на возмущение. В качестве примера приведем рассуждения ряда исследователей о причинах, вызывающих затруднения в работе систем в условиях изменений среды.

определенность. Автор указывает на сложности в управлении организационными системами, связанные с отсутствием полной априорной информации. Что, по мнению А.В. Медведева, «... приводит к необходимости формулировать те или иные задачи локального характера в различных, принципиально отличающихся постановках, а их объединение в единую систему представляет серьезные теоретические трудности» [4].

По мнению Ф. Чаки, предсказуемость возмущений позволяет организовать управление, исключаящее их влияние на систему [10]. Предсказуемость возмущений для

Классификация алгоритмов управления по объему необходимого информационного обеспечения

Текущее (апостериорное) информационное обеспечение, характеристика и номер варианта	Априорное информационное обеспечение, характеристика и номер варианта		
	Высокое (1)	Среднее (2)	Малое (3)
Высокое (1)	1,1	1,2	1,3
Среднее (2)	2,1	2,2	2,3
Малое (3)	3,1	3,2	3,3

Дж. Саридис в работе [7] указывал, что ухудшение качества работы многих систем вызвано выходом изменений внешних факторов за пределы диапазона, где возможна их компенсация с использованием имеющегося регулятора в обратной связи. Другой причиной некачественного функционирования систем является неточная или идеализированная модель системы, что является следствием недостатка априорной информации о системе. Автор подчеркивал, что в обоих случаях «... трудности связаны с наличием неопределенностей в описании системы или с неточным знанием действующих на систему сигналов».

В учебнике «Методы робастного, нейронечеткого и адаптивного управления» под редакцией Н.Д. Егупова [6] понятие неопределенности называется «... одним из основных понятий в теории робастного управления». Неопределенность входных сигналов вызвана различной природой внешних возмущений. Поэтому неопределенный объект, оказывающий влияние на систему, «... может рассматриваться как некое множество объектов». Что, естественно, приводит к усложнению управления системой, вынужденной реагировать на множество различных входных сигналов.

А.В. Медведев, говоря в монографии [4] об активных процессах, т.е. процессах, протекающих в активных системах с участием человека или коллективов людей, отмечает, что их характерной особенностью являются в т.ч. неполнота априорных данных и не-

системы делает управление по формированию ответной реакции на изменения среды менее сложным. Значит, одним из важных условий адаптивного поведения системы является ее «осведомленность» о будущем изменении фактора среды. Такое «знание» и выражается показателем неопределенности представления системы относительно будущих изменений условий среды.

С.П. Сердобинцев в работе [8] предложил классификацию алгоритмов управления в зависимости от объемов необходимого априорного и апостериорного информационного обеспечения (таблица). Автор указывает, что «... осуществление управления затрудняется при перемещении в таблице ... сверху вниз и слева направо». Говоря о сложностях управления в условиях неопределенности, С.П. Сердобинцев отмечает: «Возможности управления в условиях малого априорного (вариант 2.3) и апостериорного (вариант 3.2) информационного обеспечения (управление в условиях неопределенности) резко ограничены».

Следовательно, можно заключить, что неопределенность будущих изменений любых факторов среды любой природы является важной характеристикой состояния системы, определяющей ее последующую реакцию на действие возмущения. Соответственно, неопределенность может рассматриваться в качестве критерия классификации состояния системы при оценке ее последующей реакции при проявлении свойства адаптивности. Состояние полной

определенности относительно будущих возмущений позволяет системе реализовать модель управления по разомкнутому контуру. Наличие неопределенности существенно затрудняет и требует иных подходов к управлению, которые будут различаться в зависимости от вида и степени неопределенности. Это требует учета величины и специфики неопределенности при организации адаптивного поведения системы, а также анализа факторов, ее вызывающих.

Виды неопределенности возмущений

Как было показано ранее, появление неопределенности вызвано рядом причин, которые могут служить основанием для их классификации. Раздельное изучение видов неопределенности представляет не только научный интерес, но и в целях выработки подходов для ее преодоления. А это, учитывая, что неопределенность представляет одну из ключевых проблем организации адаптивного поведения системы, является актуальным в рамках нашего исследования. Рассмотрим некоторые виды неопределенности.

Вероятностная неопределенность.

С одним из источников неопределенности ученые столкнулись при попытке управления стохастическими системами. Напомним, данная неопределенность возникает в связи с вероятностным распределением результатов деятельности таких систем. Таким образом, если фактор среды имеет вероятностную природу, система сталкивается с соответствующей неопределенностью поведения данного фактора. Естественно, наличие стохастической неопределенности затрудняет выработку необходимого закона управления, позволяющего системе нивелировать влияние возмущения. В случае изменений фактора среды, являющегося детерминированной системой, такая неопределенность отсутствует.

Априорная неопределенность. Объем априорной информации о факторе среды также является причиной возникновения неопределенности. Наличие полной априорной информации о факторе среды предполагает знание законов и закономерностей, под действием которых происходит его изменение в зависимости от влияния других факторов, в т.ч. действий самой системы. Это позволяет прогнозировать поведение фактора, т.е. предвидеть его изменение и, соответственно, формировать адекватную реакцию системы. Соответственно, отсутствие необходимой априорной информации влечет возникновение неопределенности. Понятно, что обладание полной априорной информацией предполагает информирован-

ность о типе системы, к которой относится фактор среды (детерминированной или стохастической), а также о закономерностях поведения элементов системы. Поэтому вероятностная (иначе – стохастическая) неопределенность может рассматриваться в качестве частного случая априорной неопределенности.

Игровая неопределенность. Еще одним видом неопределенности является игровая неопределенность. Этот тип неопределенности присущ исключительно активным системам, к которым в т.ч. относятся организационные системы. Игровая неопределенность связана с активностью элементов системы. Она возникает в связи с нелинейностью поведения одних участников системы под действием условий внешней среды и поведением других участников. Поэтому данный вид неопределенности характерен для внутренних изменений в системе.

Можно предположить, что перечень причин, вызывающих неопределенность, гораздо шире, чем приведенный в рамках данной статьи. А значит, и список видов неопределенности может быть продолжен. Следовательно, в интересах исследования адаптивности необходимо дальнейшее изучение неопределенности.

Заключение

1. Для исследования адаптивных свойств системы необходима раздельная оценка влияния на нее факторов среды, что предполагает их классификацию. Классификация возмущений возможна по широкому набору оснований. Примером наиболее крупных классификационных категорий являются внешние и внутренние возмущения. Использование качественных и сущностных критериев позволяет продолжить классификацию внутри этих больших групп практически неограниченно. Однако выделение возмущений на основании критериев такого типа недостаточно при изучении адаптивных свойств системы, т.к. не позволяет выявить степень их значимости для системы. Соответственно, теряется качественная связь между адаптацией, как необходимой реакцией системы, и фактором среды. Для корректировки ситуации требуется использование дополнительных критериев, устанавливающих зависимость между фактором среды и целями жизнеобеспечения системы.

2. В процессе оценки возможности осуществления системой адаптивных реакций важны характеристики измеримости возмущений и управляемости ими.

3. Наиболее важной для организации адаптивного поведения системы является характеристика возмущений с позиции нео-

пределенности. Осведомленность системы относительно возникновения возмущения и характера его воздействия позволяет осуществлять управление системой наиболее простым способом. Поэтому устранение неопределенности является ключевой задачей адаптивности как свойства системы.

4. Системы сталкиваются с неопределенностью разных типов, среди которых следует выделить вероятностную, априорную и игровую неопределенность.

Список литературы

1. Бурков В.Н. Введение в теорию управления организационными системами / В.Н. Бурков, В.А. Коргин, Д.А. Новиков; Под ред. чл.-корр. РАН Д.А. Новикова. – М.: Либроком, 2009. – 264 с.
2. Карминский А.М. Методология создания информационных систем / А.М. Карминский, Б.В. Черников – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2012. – 320 с.
3. Лукьянова Л.М. Основы теории систем и системного анализа: Основы теории систем: / Л.М. Лукьянова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014. – 154 с.
4. Медведев А.В. Основы теории адаптивных систем / А.В. Медведев; – Красноярск: Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т, 2015. – 526 с.
5. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами / Д.А. Новиков. – М.: Моск. психол.-соц. ин-т, 2005. – 584 с.
6. Пупков К.А. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления / К.А. Пупков, Н.Д. Егупов, А.И. Гаврилов и др.; Под ред. Н.Д. Егупова. – 2. изд., стер. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 744 с.
7. Саридис Дж. Самоорганизующиеся стохастические системы управления / Дж. Саридис; Пер. с англ. Т.Г. Абрамянц и др. – М.: Наука, 1980. – 400 с.
8. Сердобинцев С.П. Теория автоматического управления: оптимальные и адаптивные системы / С.П. Сердобинцев. – Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2010. – 205 с.
9. Тюкин В.Н. Теория управления. Ч. 1. Обыкновенные линейные системы управления / В.Н. Тюкин. – 2-е изд., испр. и доп. – Вологда: ВоГТУ, 2000. – 200 с.
10. Чаки Ф. Современная теория управления. Нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. / Ф. Чаки; Пер. с англ. В.В. Капитоненко и С.А. Анисимова; Под ред. Н.С. Райбмана. – М.: Мир, 1975. – 424 с.

References

1. Burkov V.N., Korgin V.A., Novikov D.A. Vvedenie v teoriiju upravlenija organizacionnymi sistemami. Moscow, Librokom, 2009. 264 p.
2. Karminskiy A.M., Chernikov B.V. Metodologija sozdaniya informacionnyh system. Moscow, ID «FORUM»: INFRA-M, 2012. 320 p.
3. Lukjanova L.M. Osnovy teorii sistem i sistemnogo analiza. Kaliningrad, Izd-vo FGBOU VPO «KGTU», 2014. 154 p.
4. Medvedev A.V. Osnovy teorii adaptivnyh system. Krasnojarsk, Sib. gos. azerokosmich. un-t, 2015. 526 p.
5. Novikov D.A. Teorija upravlenija organizacionnymi sistemami. Moscow, Mosk. psihol.-soc. in-t, 2005. 584 p.
6. Pupkov K.A., Egupov N.D., Gavrilov A.I. i dr. Metody robstnogo, nejro-nechetkogo i adaptivnogo upravlenija. Moscow, Izd-vo MGTU im. N.E. Bauman, 2002. 744 p.
7. Saridis Dzh. Samoorganizujushhiesja stohasticheskie sistemy upravlenija. Moscow, Nauka, 1980. 400 p.
8. Serdobincev S.P. Teorija avtomaticheskogo upravlenija: optimal'nye i adaptivnye sis-temy. Kaliningrad, Izd-vo FGOU VPO «KGTU», 2010. 205 p.
9. Tjukin V.N. Teorija upravlenija: Konspekt lekcij. Ch. 1. Obyknovennye linejnye siste-my upravlenija. Vologda, VoGTU, 2000. 200 p.
10. Chaki F. Sovremennaja teorija upravlenija. Ne-linejnye, optimal'nye i adaptivnye sis-temy. Moscow, Mir, 1975. 424 p.