

МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ АДАПТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОРТФЕЛЕМ ЭНЕРГОИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТОВ

Построена модель адаптивных технологий, сформулированы принципы и алгоритм их формирования для решения задачи обеспечения эффективного дуального управления сложной организационно-технической системой – портфелем энергоинфраструктурных проектов, в условиях недостаточности априорной информации и наличия непрогнозируемых внешних воздействий.

Ключевые слова: портфель энергоинфраструктурных проектов, адаптация, адаптивные технологии, дуальное управление.

Вступление

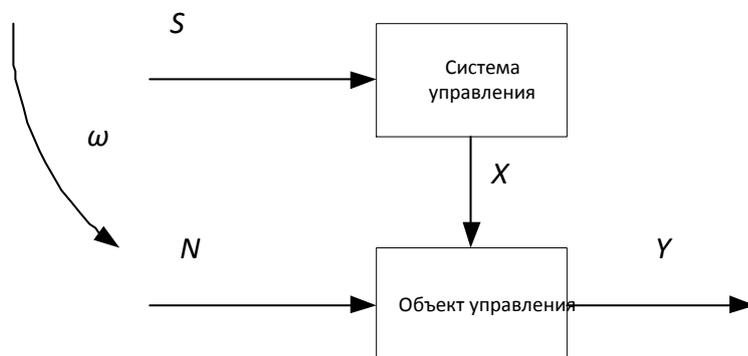
Дуальное управление [1] является наилучшим в тех случаях, когда задана априорная плотность распределения внешних воздействий и параметров управляемого объекта, а показателем оптимальности является полный риск. В то же время такой путь решения является достаточно сложным и может быть применим только в сравнительно простых случаях. Так как недостаток в априорной информации относится также и к плотностям распределения, то имеет смысл искать иные пути решения задач дуального управления портфелем энергоинфраструктурных проектов, не требующие знания априорных плотностей распределения, а именно посредством адаптации.

Постановка задачи

Адаптацию в широком смысле понимают как приспособление системы к изменению условий [2]. Впервые понятие адаптации было использовано в 1954 г. Цянь Сюэ-Ценем в его книге для обозначения

способности живой системы приспосабливаться к изменяющимся условиям. В 1955 г. Е.Х. Беннер и Р. Дренник описали техническую систему, обладающую подобным свойством. До сих пор нет общепринятого определения адаптивных систем [3, 4]. Так адаптивной считается система, которая может приспосабливаться к изменениям внутренних и внешних условий [5,6,7]. Отличительная черта адаптивных систем – поддержание постоянным критерия качества их применения посредством приспособления к постоянно изменяющимся условиям [2,3,4].

По образному выражению А.А. Фельдбаума, адаптация является третьей иерархией (первая – управление как реализация управляющего воздействия; вторая – регулирование как реализация управляющего воздействия с использованием обратной связи) [2]. Действительно, при отсутствии обратной связи система управления должна располагать достаточно точной моделью объекта управления для реализации управляющего воздействия (рис. 1).



S – задание, план управления;
 X – управляющее воздействие;
 Y – выход: состояние объекта управления;
 N – вход: известная информация об объекте управления;
 ω – возмущение внешней среды

Рис.1. Управление без обратной связи, или первая иерархия

Формально задача управления в этом случае может быть представлена следующим образом.

Найти такие управляющие воздействия, которые максимизируют функцию качества системы Q при влиянии возмущений. Параметр качества системы включает стратегическую реализуемость и полезность (ценность) портфеля энергоинфраструктурных проектов, т.е. доведение значения индекса выполнения стратегических целей до единицы $I^S = 1$; максимизацию финансовой, коммерческой, технологической и агрегированной ценностей портфеля:

$$Q(x, \omega) \rightarrow \max_{x \in X}(x), \quad (1)$$

где Q – функция качества системы; x – управляющее воздействие; ω – возмущение внешней среды.

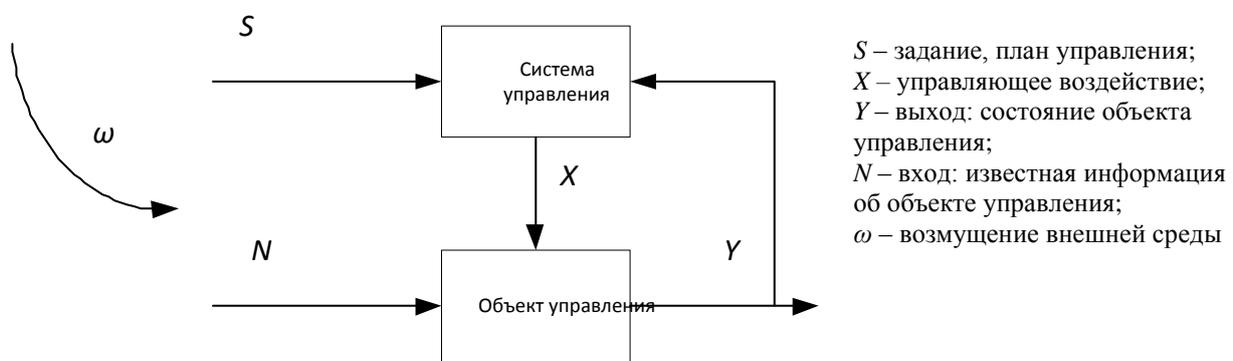


Рис.2. Управление с обратной связью, или вторая иерархия

Формальная постановка задачи управления изменяется:

$$Q(S, x, y, \omega) \rightarrow \max_{x \in X, y \in Y}(x), \quad (2)$$

где S – задание, план управления; y – состояние объекта управления.

Таким образом, даже не располагая моделью объекта управления, система управления с обратной связью может координировать такой объект управления.

В нестационарных условиях, когда портфель энергоинфраструктурных проектов подвергается различного рода возмущающим воздействиям извне, существенным становится вопрос качества управления. Согласно методу модификационной изменчивости качество управления повышается не только по мере снижения энтропии портфеля энергоинфраструктурных проектов, но и за счет наращивания методологической базы, формирующей алгоритм

Иначе говоря, необходимо найти такие допустимые управляющие воздействия, которые бы максимизировали критерий качества. В случае открытой системы, какой является портфель энергоинфраструктурных проектов, такая модель должна предусматривать воздействие на объект всего комплекса факторов внешней среды. Очевидно, что подобное ограничение приводит к чрезмерному возрастанию сложности системы управления.

Введение обратной связи позволит существенно снизить требования к системе управления, так как с помощью обратной связи значительно проще координировать объект, используя информацию о рассогласовании или разрыве между требуемым и фактическим выходом (рис. 2).

управления. Таким образом, формально задача управления преобразуется к виду:

$$Q(S, x, y, m, \omega) \rightarrow \max_{x \in X, y \in Y, m \in M}(x), \quad (3)$$

где m – закон или алгоритм управления.

Иначе говоря, необходимо найти такой закон (алгоритм) управления, при котором обеспечивается максимальное значение индекса выполнения стратегических целей в заданном диапазоне управляющих воздействий. В связи с тем, что возмущения оказывают влияние на портфель энергоинфраструктурных проектов и систему управления, при их возникновении оптимум нарушается, и качество управления падает.

Решение задачи

Дальнейшее снижение качества управления, ввиду увеличения разрыва между новым оптимальным законом управления (закон, который обеспечивает экстремальное значение Q) и фактически дей-

ствующим законом, может привести к неустойчивости и неуправляемости системы.

Решение проблемы возможно двумя основными путями: 1) синтезом системы управления и портфеля энергоинфраструктурных проектов, нечувствительного к возмущениям; 2) синтезом адаптивной системы, перестраивающей закон (алгоритм) управления в зависимости от возмущений.

Синтез нечувствительной к возмущениям системы не представляет интереса ввиду того, что его невозможно применить к портфелю энергоинфраструктурных проектов.

Синтез адаптивной системы представляет собой сложную, но осуществимую задачу. Для ее решения необходимо найти такой закон (алгоритм) адаптации, при котором возмущения не приводят к существенному снижению качества управления и к потере управляемости ввиду того, что компенсируются новым (адаптированным к возмущению) законом (алгоритмом) управления.

Организационно-технические системы, такие как портфель энергоинфраструктурных проектов, имеют значительно более сложные параметры качества управления, включающие комплекс разнооб-

разных критериев, часто неопределяемых и противоречивых. Таким образом, требования к качеству регулирования в динамике требуют оптимизации параметров системы управления, что возможно лишь при наличии достаточно точной (формализованной) модели объекта управления. Введение «третьей иерархии», обратной связи по качеству или контура адаптации позволяет спроектировать систему управления, реализующую оптимальное управление в динамике.

Схема адаптивной технологии может быть показана в следующем виде (рис. 3). Таким образом, необходимость в адаптивном управлении возникает при отсутствии достаточно точной модели управляемого объекта – портфеля энергоинфраструктурных проектов. Адаптация системы означает приспособление системы к внешним и внутренним условиям. Необходимость в адаптации возникает в условиях неполноты информации. В процессе адаптации знания накапливаются и система совершенствуется. Адаптация состоит в изменении параметров системы, структурных элементов и связей, а также алгоритмов управления с целью обеспечения требуемых значений критериев качества.

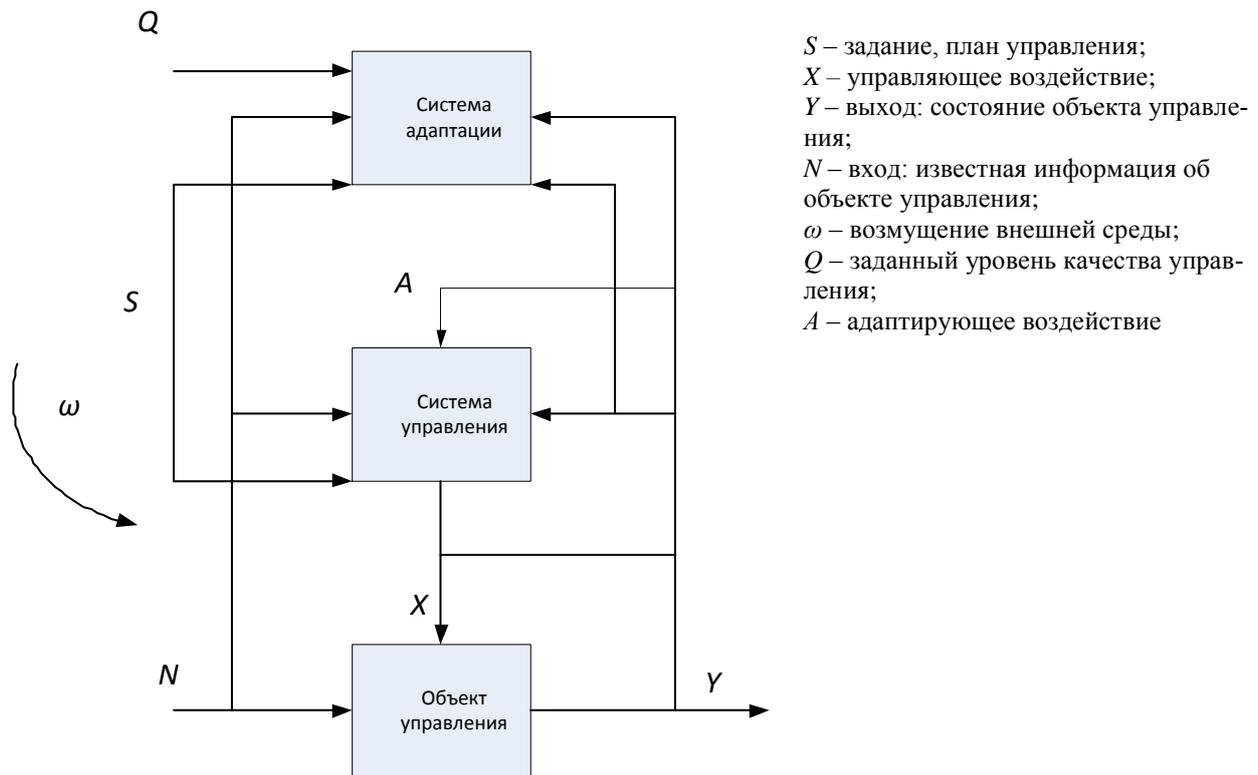


Рис.3. Управление с адаптацией, или третья иерархия управления

Вследствие достаточной сложности портфеля энергоинфраструктурных проектов при построении адаптивной технологии возникает несколько проблем:

– проблема недостатка априорной информации, когда инвариантная модель портфеля энергоинфраструктурных проектов и адекватная модель системы

управления не могут быть построены на основе имеющейся информации;

– проблема невозможности построения аналитической математической модели традиционными средствами (функции, дифференциальные уравнения).

Первая проблема возникает, в частности, тогда, когда модель портфеля энергоинфраструктурных проектов строится с учетом вероятностного характера переменных, зависимостей, связей и т.п. Это приводит к росту потребности в априорной информации ввиду необходимости определения распределений переменных для построения стохастических или нечетких моделей.

Традиционный способ решения такой проблемы состоит в применении метода «черного ящика».

Моделирование системы, рассматриваемой как «черный ящик», основано на наблюдении парамет-

ров входов (N) и выходов (Y) с последующим построением зависимостей:

$$y_i = f_i(n_1, n_2, \dots, n_i), n \in N$$

- статическая модель; (4)

$$y_i(T) = F(n_1(T), n_2(T), \dots, n_i(T)), \forall T \in T^{MAX} = \{T^{St}, T^{Fin}\}, n \in N$$

- динамическая модель. (5)

Важно сознавать, что эти зависимости не известны нам изначально, иначе мы имели бы «белый ящик».

Таким образом, по мере формирования и реализации портфеля энергоинфраструктурных проектов накапливается информация о входах портфеля и уточняется информация о его состоянии (выходах), которая аккумулируется в базе знаний и передается как системе управления, так и системе адаптации (рис. 4).

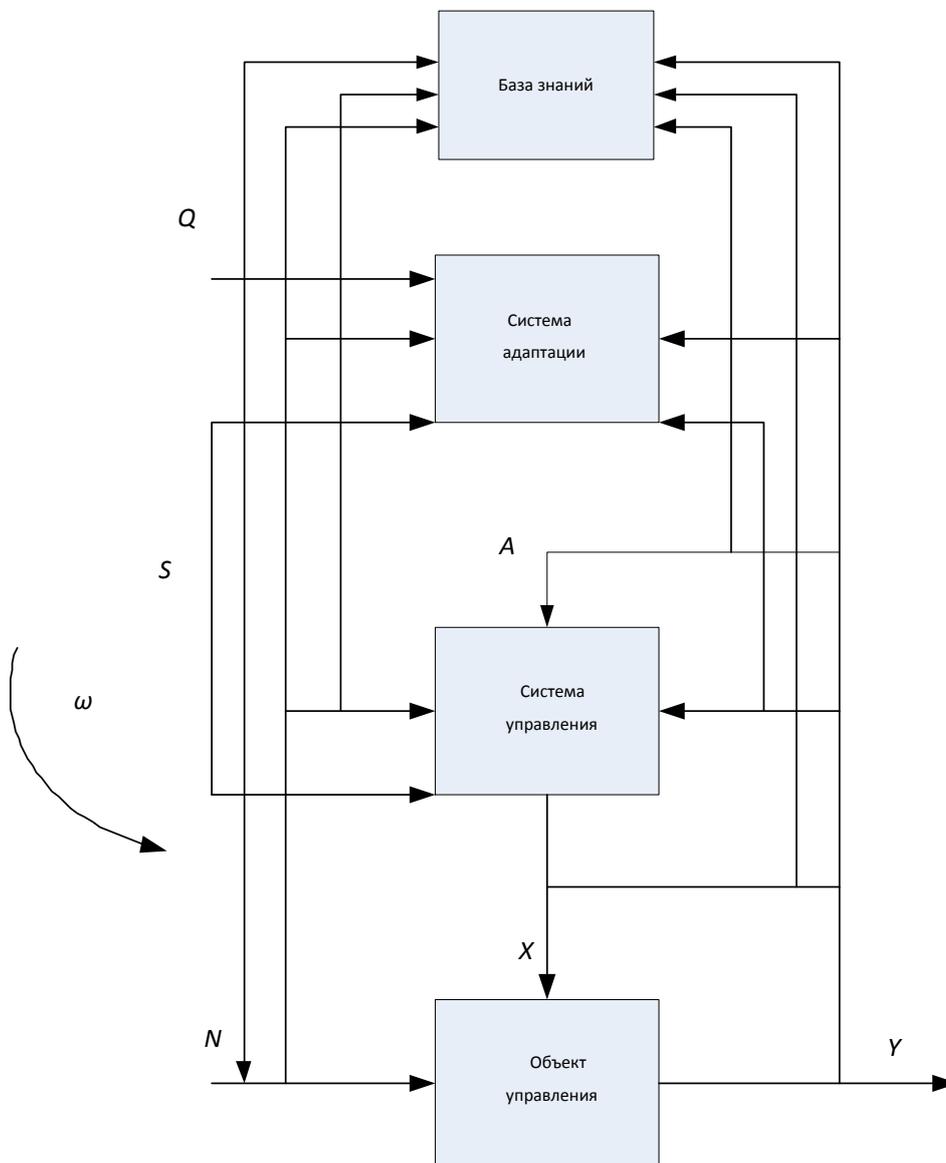


Рис. 4. Адаптивная технология управления портфелем энергоинфраструктурных проектов

Таким образом, наряду с понятием адаптивной системы существует понятие управления с адаптацией (адаптивное управление – адаптивная технология), т.е. управление в системе с неполной априорной информацией об управляемом объекте, которое изменяется по мере накопления информации и применяется с целью улучшения качества работы системы управления.

Можно сформулировать следующие принципы формирования адаптивных технологий:

Принцип необходимого разнообразия. Он утверждает, что разнообразие управляющей системы должно быть не меньше разнообразия объекта управления. В отличие от адаптивных, иные («неадаптивные») системы управления должны для поддержания способности управления объектом включать небольшое число объектов. Адаптивные системы подразумевают отсутствие определенного стационарного закона управления для элементов заданного класса. В процессе функционирования системы, чем больше проявляется разнообразие, тем в большей степени должны происходить изменения ее параметров и структуры.

Принцип дуального управления. Управляющие воздействия носят двойственный характер. С одной стороны, они призваны управлять объектом, с другой, служат для изучения его свойств и закономерностей для последующих управляющих воздействий. То есть структура управляющих воздействий должна изменяться в соответствии с изменениями параметров объекта управления.

Принцип обратной связи. При помощи обратной связи происходит измерение характеристик управляемого объекта и вырабатываются реакции, выражающиеся в управляющих воздействиях.

Особенности организационно-технических систем, к которым относится портфель энергоинфраструктурных проектов, не дают возможности использовать в полной мере схему и методы адаптивного управления, разработанные для технических систем, рассматриваемых в кибернетике.

Организационно-технические системы характеризуются большим набором факторов, значительно усложняющих управление ими:

- трудности при определении начальных координат системы, усугубляющиеся практической невозможностью их точного измерения;
- нерегулярность проявления свойств;
- нерегулярность воздействия внешних факторов;
- трудность четкого определения критерия функционирования;
- определенная вероятность изменения заданной цели движения системы.

Управление в организационно-технических системах не может вестись по усредненным характеристикам, так как не дает надлежащего эффекта: пока оно ведется, изменяются и сама система, и ее окружающая среда. Вследствие этого математическая формализация процесса управления организационно-техническими системами ведет к построению модели, не являющейся в достаточной степени адекватной реальной системе.

Существенное отличие организационно-технических систем от технических обусловлено качественным различием типов их параметров. Параметры в технических системах имеют, как правило, строго определенные физические размерности. Формализация при этом происходит с помощью применения строго определенных физических и математических законов. Для организационно-технических систем проведение формализации подобным образом сложно реализуемо вследствие возникающих трудностей определения точного состава элементов, критериев их отбора и взаимосвязей между элементами.

Таким образом, управление процессами в организационно-технических системах связано с необходимостью принятия решений в условиях неопределенности и вероятностной природы параметров процессов.

Трудности формализации организационно-технических систем обосновывают необходимость применения в системах указанного типа адаптивных технологий управления, подразумевающих необходимость изменения структуры и параметров модели управления в соответствии с изменением характеристик объекта управления под воздействием внешних факторов.

Таким образом, вследствие обоснованной необходимости при управлении организационно-техническими системами учета их нестационарности и эволюционирования во времени использование формальных методов моделирования таких систем минимизируется в связи с их «...большой размерностью, недостаточной априорной информацией, наличием плохо формализуемых факторов, изменчивостью критериев оценки принимаемых решений и т. д.» [8]. Математически формализованные модели управления не дают адекватной картины процесса, не позволяют в полном объеме учитывать возмущения, действующие на организационно-техническую систему в процессе ее функционирования, а также производить компенсации отклонений, возникающих в системе вследствие этих возмущений.

Прежде всего, для формирования системы управления организационно-техническими объектами необходимо определить структуру самого объек-

та управління, в нашому випадку – портфеля енергоінфраструктурних проєктів. Так як реально вона не відома заздалегідь, необхідно проєктувати моделі з гнучкою структурою і параметрами. Тобто в моделі, описуючій портфель, повинні змінюватися структура і параметри відповідно до змін характеристик об'єкта при його функціонуванні. Така модель, відповідно до прийнятими нами положеннями, буде називатися адаптивною. Таким чином, **моделлю адаптивної технології дуального управління портфелем енергоінфраструктурних проєктів** будемо називати таку модель, в якій в результаті уточнення характеристик внутрішніх і зовнішніх властивостей об'єкта відбувається відповідне змінювання структури і параметрів системи управління і алгоритмів управління в сторону їх покращення для реалізації мети управління, тобто досягнення стратегічних цілей розвитку енергоінфраструктури в умовах прийнятих обмежень.

При цьому в кожен момент часу функціонування портфеля енергоінфраструктурних проєктів проводиться оцінка значень його параметрів за даними вхідних і вихідних змінних.

Одним з визначаючих факторів, що обумовлюють застосування моделей адаптивних технологій, є нестационарність зовнішнього середовища.

Неможливість формального опису впливаючих впливів на портфель енергоінфраструктурних проєктів пов'язана з специфічною природою відхилень, що відбуваються в інших процесах системи управління енергоінфраструктурою і підприємства в цілому, і з ймовірнісним характером їх виникнення. Адаптивна підстройка формальної моделі здійснюється за даними поточної і прогнозованої інформації про вхідні і вихідні змінні портфеля.

Таким чином, алгоритм формування адаптивної технології дуального управління портфелем енергоінфраструктурних проєктів має вигляд (рис. 5), де S – завдання, план управління; X – керуючий вплив; Y – вихід: стан об'єкта управління; N – вхід: відома інформація про об'єкт управління; ω – вплив середовища; Q – заданий рівень якості управління; Q_t – фактичний рівень якості управління; A – адаптуючий вплив; I_Σ – потенціал системи управління; P_o – параметри об'єкта управління; M_o – модель об'єкта управління; D – розбіжність між заданим і фактичним рівнем управління ($D = Q - Q_t$); m_A – алгоритм адаптації (закон управління).

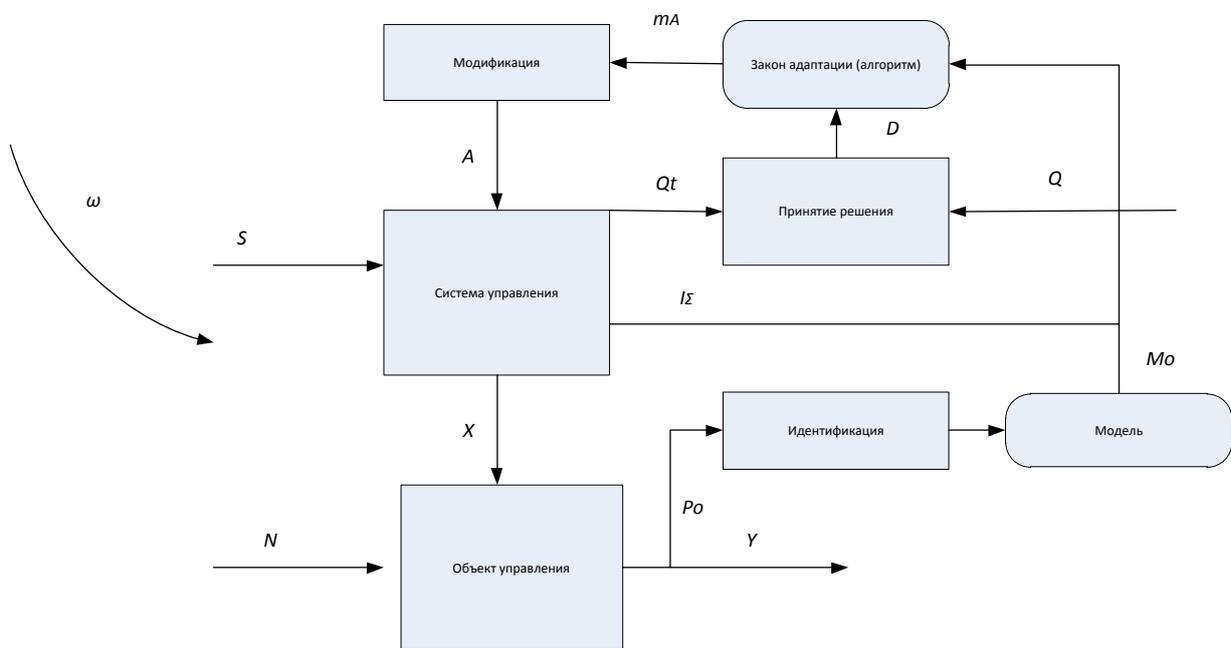


Рис. 5. Алгоритм формування адаптивної технології дуального управління портфелем енергоінфраструктурних проєктів

Деталізуємо представлену схему (рис. 5) для формалізації моделі адаптивної технології дуального управління портфелем енергоінфраструктурних проєктів. Блок «модель» представляє собою загальне описання портфеля енергоінфраструктурних проєктів, модель якого представлена в

передньому розділі даної роботи. Блок «закон адаптації» є формалізацією адаптованого закону управління, а саме:

$$m_A = \{M_o, I_\Sigma, D\}. \tag{6}$$

Алгоритм адаптации активно исследует объект управления, собирает информацию и уточняет модель объекта управления, которая затем используется для уточнения управляющих воздействий системы управления в блоке «модификация».

Таким образом, модель адаптивной технологии дуального управления портфелем энергоинфраструктурных проектов имеет вид:

$$AMU = \{N, m_A, A, X, S, Q, \omega\}. \quad (7)$$

В целом задача синтеза управления на основе адаптивных технологий решается в четыре этапа:

1. Строится плановая траектория, и определяется управляющее воздействие, реализующее план.
2. Осуществляется мониторинг реализации портфеля по отклонениям от первоначального плана в результате возникновения внешних воздействий.
3. Осуществляется ребалансировка или реоптимизация портфеля.
4. Осуществляется адаптация системы управления портфелем энергоинфраструктурных проектов по отношению к изменениям в объекте управления.

Выводы

Таким образом, методология дуального управления портфелем энергоинфраструктурных проектов на основе адаптивных технологий связывает три адаптивных контура, которые реализуются в границах систем: планирования и формирования, мониторинга, управления изменениями. Это позволяет формировать законы адаптации, при которых внешние воздействия на объект управления не приводят к существенному снижению качества управления и потере управляемости.

В данном случае обозначены две ключевых функции портфельного управления – планирование и формирование, мониторинг, а также базовая функция адаптивных технологий управления – управление изменениями. Первая функция трактуется как формирование объекта управления (портфеля энергоинфраструктурных проектов) и определение оптимальной его траектории на конкретный

период времени. Вторая функция (мониторинг) – как выявление дестабилизирующих воздействий случайных возмущений, отклоняющих управляемый объект от оптимальной плановой траектории, а третья функция (изменения) – как нахождение управляющих воздействий, которые направлены на устранение последствий указанных возмущений, что соответственно позволяет накопить методологический потенциал системы управления и способствует ее развитию.

Литература

1. Фельдбаум, А.А. Методы теории автоматического управления. [Текст] / А.А. Фельдбаум, А.Г. Бутковский. — М.: Гл. ред. физ.-мат. лит-ры изд-ва «Наука», 1971. — 744 с.
2. Фельдбаум, А.А. Теория дуального управления I [Текст] / А.А. Фельдбаум // Автоматика и телемеханика. — 1960. — Т. XXI, № 9. — С. 1240–1249.
3. Фельдбаум, А.А. Теория дуального управления II [Текст] / А.А. Фельдбаум // Автоматика и телемеханика. — 1960. — Т. XXI, № 11. — С. 1453–1464.
4. Форрестер, Дж. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика) [Текст] / Дж. Форрестер. — М., 1971. — С. 18.
5. Ефимов, Д.В. Робастное и адаптивное управление нелинейными колебаниями [Текст] / Д.В. Ефимов. — СПб.: Наука, 2005. — 314 с.
6. Тюкин, И.Ю. Адаптация в нелинейных динамических системах [Текст] / И.Ю. Тюкин, В.А. Терехов. — СПб.: ЛКИ, 2008. — 384 с.
7. Цыпкин, Я.З. Адаптация и обучение в автоматических системах [Текст] / Я.З. Цыпкин. — М.: Гл. ред. физ.-мат. лит-ры изд-ва «Наука», 1968. — 400 с.
8. Растринин, Л.А. Адаптация сложных систем [Текст] / Л.А. Растринин. — Рига: Зинатне, 1981. — 375 с.

Автор: СУХОНОС Мария Константиновна
Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова, д.т.н., профессор.

МОДЕЛЬ ТА АЛГОРИТМ АДАПТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ПОРТФЕЛЕМ ЕНЕРГОІНФРАСТРУКТУРНИХ ПРОЄКТІВ

М.К. Сухонос

Побудована модель адаптивних технологій, сформульовано принципи та алгоритм їх формування для вирішення задачі по забезпеченню ефективного дуального управління складною організаційно-технічною системою – портфелем енергоінфраструктурних проєктів, в умовах недостатності апріорної інформації та наявності непрогнозованих зовнішніх впливів.

Ключові слова: портфель енергоінфраструктурних проєктів, адаптація, адаптивні технології, дуальне управління.

MODELS AND ALGORITHMS OF ADAPTIVE TECHNOLOGY OF DUAL PORTFOLIO MANAGEMENT OF ENERGY-INFRASTRUCTURES PROJECTS

M.K. Suhonos

A model of adaptive technology is created, principles and their algorithm of formation for solving the problem of ensuring the effective management of the dual complex organizational and technical system is defined - portfolio of energy-infrastructure's projects, in conditions of the information insufficiency and the presence of unpredictable external influences.

Keywords: portfolio energy-infrastructure's projects, adaptation, adaptive technology, dual management.