

Блохин Л.Н., д.т.н (НАУ, Україна)

Осадчий С.И., к.т.н. (Кировоградский НТУ, Україна)

## ПРАКТИКА И ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ КИБЕРНЕТИКИ

*Излагается субъективный взгляд на исторические этапы развития технической кибернетики как науки, направленной на эффективное удовлетворение назревших различных нужд практической жизни общества. Полагается, что вышесказанные положения помогут теперешнему молодому поколению ученых и практиков более правильно ориентироваться в бушующем море разных по эффективности современных управленческих теорий.*

В настоящее время практически во всех сферах деятельности человека (социальной, экономической, биомедицинской, технической и т.п.) востребованы основополагающие положения современной теории управления (и не только математической). Без этих положений, по-видимому, не могут возникать конкурентоспособные решения в указанных сферах. В связи с бурным развитием за последние десятилетия вычислительной техники в частности и информатики как науки, во многих основных аспектах, обеспечиваемых управленческими задачами, наблюдается попытка подмены базовых положений собственной теории управления методами и средствами информатики. Последние по своей природе не могут заменять стратегические и оперативные управленческие решения, а являются лишь эффективными средствами их реализации.

Понимая всю сложность обсуждаемой темы и насущную необходимость ее прямого обсуждения как предостережения от ряда нецелесообразных действий при решении многих практически важных проблем и задач управления, берем на себя нелегкий труд – попытаться в кратком докладе в историческом аспекте показать лишь веховые, на наш взгляд, этапы развития технической кибернетики, лидеров, знаменующих указанные этапы, и по-возможности, оттенить базовые отличительные моменты и стороны обсуждаемой науки.

Как известно, техническая кибернетика, как и ее интерпретация в настоящее время, которая теперь носит название современной теории управления [1], возникли в сороковые годы прошлого столетия, в связи с нуждами практики. По известным причинам тогда наступило время бурного развития различных транспортных средств (разных типов автомобилей, кораблей, летательных аппаратов и т.п.), создания различных видов высококачественных средств оборонной и наступательной военной техники, многих принципиально новых видов технологических процессов. Решающее значение в бурном развитии перечисленных видов техники определили основополагающие труды [2, 3, 4], А.Н. Колмогорова, Н. Винера, А.М. Ляпунова и их многочисленных последователей. Указанные работы создали реальные перспективы для создания таких могучих направлений в технической кибернетике как теория автоматического полета, аналитическое конструирование регуляторов, общая теория устойчивости движения и ряда других.

Отличительной стороной винеровского подхода к аналитическому конструированию оптимальных регуляторов для стационарных систем при стохастических воздействиях является предварительный (до этапов основного проектирования разрабатываемых изделий) выбор с учетом ряда обстоятельств оптимальных («идеальных») структур (не параметров) самих регуляторов, предварительная оценка эффективности и качества создаваемых управляемых систем и лишь затем их целенаправленное создание и доработки на практике. Именно подобный подход к созданию сложного изделия гарантирует его конкурентоспособность. Видные последователи аналитического конструирования оптимальных регуляторов по методу Винера-Колмогорова: Ш.Чанг, Цянь-Сюэ-Сэнь [5], Кусера V. [6], Ларин В.Б. [7], Ньютон Дж. К., Davis M.C..

Примерно в эти же годы многие видные отечественные ученые развивали ряд подходов к синтезу линейных и нелинейных систем управления и навигации, в основном, при детерминированных воздействиях, а также теорию инвариантности и ее различные аспекты. Это, в первую очередь, Б.Н. Петров [8], А.И. Кухтенко [9], А.М. Летов [10], А.А. Красовский, Н.Н. Красовский [11], В.В. Солодовников, В.А. Боднер, В.С. Пугачев, Е.П. Попов, А.С. Шаталов, Я.З. Цыпкин, Е.А. Федосов, И.С. Богуславский, Ю.П. Доброленский, Л.Г. Евланов, И.Е. Казаков, Р.М. Юсупов, В.Ф. Кротов, В.И. Костюк, В.А. Якубович [12] и многие другие.

Своеобразной вехой на путях развития современной теории управления явилась работы [13, 14, 15] Р. Калмана и его последователей, которые настроили ученых и практиков на создание оптимальных нестационарных разомкнутых и замкнутых систем управления. Отличительная особенность такого управления – использование так называемых фильтров Калмана–Бьюси в прямых и обратных связях систем, в оценивании стохастического состояния объектов управления и использовании для целей выбора оптимального управления замкнутыми системами результатов полученных оценок. Как ученик Н. Винера, Р. Калман специальными процедурами распространил винеровскую оптимальную фильтрацию на нестационарные системы управления.

В 60–70 годы прошлого столетия появились многие труды, например [16 – 20], относящиеся к различным моментам исследований и создания нестационарных и нелинейных систем управления. Исследования таких систем при стохастических воздействиях давали весьма скромные результаты. Существенную пользу приносили лишь исследования систем, проводимые в задачах детерминированного управления. Труды Р. Беллмана [21, 22], Л.С. Понтрягина [23, 24], З. Мишкина и Л. Брауна [25] дали сильный толчок развитию оптимальных систем.

Эпохальную веху в развитии теории управления поставили труды А.А. Фельдбаума [26, 27], в которых определены основные понятия самоорганизующихся систем. Фельдбаумом А.А. показано, что в системах с нелинейностями, стационарных и нестационарных при стохастических воздействиях возникают эффекты самообучения или самоорганизации. Таких эффектов не должно быть лишь в линейных системах стабилизации при квадратических функционалах их качества. После этих работ возник поток трудов по самоорганизующимся системам, например, [28, 29, 30].

В связи с невысокими требованиями к качеству и эффективности создаваемых в тот период сложных систем в сравнении с требованиями к современным системам управления в указанные годы практику вполне устраивали сравнительно простые, понятные разработчикам теоретические обоснования конструкций и их качества. Именно в этот период появляется множество самобытных подходов и методов решения задач анализа, оценивания и идентификации, фильтрации, комплексирования и синтеза систем, например [31, 32, 33, 34].

К концу прошлого и в начале настоящего столетий требования к качеству автоматических систем на порядки возросли, скачок требований к качеству прошел также в информационных системах. Появились крупные проблемы с управлением различными организациями (это – фирмы, предприятия, ведомства, социумы т.п.). конкурентная борьба на рынках производства, сбыта и потребления разрабатываемой продукции достигла в наше время высшей фазы. Появилась необходимость в строго научно обоснованных подходах к вопросам управления сложными и большими системами в условиях почти полной неопределенности. Математическая современная теория управления постоянно стремится дать ответы на возникающие проблемы. Появилась лавина отечественных и зарубежных, например [35, 36], трудов и методов современного управления. Укажем в качестве примеров лишь некоторые труды украинской теоретической школы кибернетиков [37 – 42]. Как уход от гарантирующего подхода к задачам управления, когда создаваемые системы могут быть неработоспособными при несоответствии при-

нятых при их создании допущений реальностям, начали возникать робастные, например [43], методы управления, идентификации и наблюдения. Здесь излагаются новые результаты решения задач синтеза робастных систем, идентификации, оценивания и адаптивного управления, ориентированные на функционирование в условиях большой начальной неопределенности моделей динамики объекта и возмущений. Здесь предложен подход к формализации неопределенностей неизвестной природы, базирующийся на использовании некоторых семейств множественных оценок.

Для линейных стационарных систем управления при стохастических воздействиях возможен новый класс систем, названных [44, 45] оптимальными робастными. В работе [45] как дальнейшее развитие винеровского подхода предложены новые метод и алгоритмы синтеза сложных многомерных систем стохастической стабилизации при произвольной (устойчивой, неустойчивой, неминимально-фазовой) динамике объекта, новые методы структурной идентификации многомерного динамического объекта и его неконтролируемых возмущений в штатных режимах работы системы.

Последние процедуры успешно опробованы экспериментально в процессе модернизации сложной авиакосмической техники и имеют особое значение в связи с необходимостью пересмотра многих подходов к управлению с позиции синергетики – возникшего в настоящее время мировоззрения об основах построения управления в сложных самоорганизующихся системах для различных сфер деятельности человека.

Синергетика – естественное продолжение развития кибернетики, углубление ее феноменологического подхода. Она делает новый качественный шаг по сравнению с кибернетикой. Структуры – аттракторы, к которым сходятся процессы в открытых нелинейных средах, являют собой, по сути, цели эволюции. Кибернетика и варианты общей теории систем по Винеру [46] изучают, в основном, процессы поддержания равновесия в технических, биологических и социальных системах по средствам механизмов обратной связи. Кибернетика сводит сложные, нелинейные процессы эволюции систем к линейным (хотя бы на этапах, когда это возможно). Синергетика исследует существенно «неравновесные» системы (находящиеся вдали от состояний равновесия) и существенно нелинейные процессы эволюции систем. При определенных условиях внутренние и внешние флуктуации могут привести систему к направленным изменениям, к возникновению различных новых относительно устойчивых структур, а не к прежнему состоянию равновесия. Если возмущающая флуктуация недостаточно велика, система может вернуться к прежней равновесной структуре, скатиться на старый «аттрактор» (термин математиков). Следовательно, процессы, которые интересовали кибернетиков, – один из частных случаев синергетики.

В качестве предтечи синергетики рассматривают тектологию А.А. Богданова [47]. По Богданову: 1) «Полной, идеальной организованности в природе не бывает: к ней всегда примешена в той или иной мере, дезорганизация»; 2) «Развитие идет путем расхождения, поскольку части целого обладают «отдельностью».

Направленно развивать кибернетику в сторону синергетики начали, видимо, Хакен Г. [48] и И. Пригожин [49, 50]. В настоящее время известна лавина трудов ученых из дальнего и ближнего зарубежья, например [51 – 54].

Таким образом, можно сделать вывод: ученый-кибернетик, воспринявший синергетическое мышление, должен осознать факт, что любое его новое научное предложение, ориентированное на использование на практике для создания эффективного или модернизации существующего управления сложными и большими системами, будет достигать поставленных целей, если только оно базируется на результатах физических или математических экспериментов, направленных на идентификацию и исследование изменчивости моделей динамики заданной части контуров управления в условиях, близких к натурным для разрабатываемой сложной управляемой системы.

### Список литературы

1. Современная теория систем управления./ Под редакцией К.Т. Леондеса. – М.: Наука, 1970. – 512 с.
2. Колмогоров А.Н. Интерполяция и экстраполяция стационарных случайных последовательностей. Изв. АН СССР, сер. матем., вып. 5, 1941.
3. Wiener N. Extrapolation, Interpolation and Smoothing of Stationary Time Series – New York: I. Wiley, 1949.
4. Ляпунов А.М. Общая задача об устойчивости движения. – М.: Л., ГИТТЛ, 1950. – 472 с.
5. Цянь-Сюэ-Сэнь Техническая кибернетика – М.: ИИЛ, 1956. – 462 с.
6. Kucera V. Linear Quadratic Control: State Space, Polynomial Equation. – Proc. 8 th IFAC Congress, Kyoto, 1981.
7. Ларин В.Б., Науменко К.И., Суницев В.Н. Синтез оптимальных линейных систем с обратной связью. – К.: Наукова думка, 1973. – 151 с.
8. Петров Б.Н., Кухтенко А.И. Структура абсолютно инвариантных систем и условия их физической реализации // В сб. «Теория инвариантности в системах автоматического управления». – М.: Наука, 1964, С. 26-48.
9. Кухтенко А.И. Проблема инвариантности в автоматике. – К.: Гостехиздат, УССР, 1963, 376 с.
10. Летов А.М. Динамика полета и управление. – М.: Наука, 1966.
11. Красовский Н.Н. Игровые задачи о встрече движений. – М.: Наука, 1970. – 420 с.
12. Якубович В.А., Якубович Е.Д. Эквивалентные обратные связи в линейных стационарных системах управления // Автоматика и телемеханика, 1984, № 2, С. 54-65.
13. Kalman R.E., Koepcke R.W. Trans. ASME, 1958, 80, 1820.
14. Kalman R.E., Bucy R.: New Results in Linear Filtering and Prediction Theory – I. Basic Eng. Trans. ASME, Ser. D., 1961, 83D, p.p. 95-108.
15. Квакернаак Х., Сиван Р. Линейные оптимальные системы. – М.: Мир, 1977. – 650 с.
16. Цыпкин Я.З. Теория релейных систем автоматического управления. – М.: ГИТТЛ, 1955. – 456 с.
17. Цыпкин Я.З. Адаптация и обучение в автоматических системах. – М.: Наука, 1968.
18. Шаталов А.С. Структурные методы исследования линейных систем с переменными параметрами // Сб. «Автоматическое управление и вычислительная техника». М.: Машгиз, 1961, вып. 4.
19. Солодовников В.В., Семенов В.В. Спектральная теория нестационарных систем управления. – М.: Наука, 1974. – 330 с.
20. Пупков К.А. Статический расчет нелинейных систем автоматического управления. – М.: Машиностроение, 1963. – 402 с.
21. Беллман Р. Процессы регулирования с адаптацией. – М.: Наука, 1964.
22. Беллман Р., Дейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. – М.: Наука, 1965. – 458 с.
23. Понтрягин Л.С. Оптимальные процессы регулирования // Успехи математических наук. Т.14, вып. 1, 1959. С. 3-20.
24. Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрилидзе Р.В., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. – М.: ФМ, 1961. – 391 с.
25. Приспосабливающиеся автоматические системы / Под редакцией З. Мишкина и Л. Брауна – М.: ИИЛ, 1963. – 670 с.
26. Фельдбаум А.А. О синтезе оптимальных систем с помощью фазового пространства. // Автоматика и телемеханика. Т. XVI. 1955. вып. 2, С. 129-149.
27. Фельдбаум А.А. Основы теории оптимальных автоматических систем. – М.: Наука, 1966. – 623 с.

28. Чаки Ф. Современная теория управления: Нелинейные и автоматические системы. – М.: Мир, 1975. – 424 с.
29. Саридис Дж. Самоорганизующиеся статистические системы управления. – М.: Наука, 1980. – 400 с.
30. Фильтрация и стохастическое управление в динамических системах./ Под редакцией К.Т. Леондеса. – М.: Мир, 1980. – 407 с.
31. Грон Д. Методы идентификации систем. – М.: Мир, 1979.
32. Ли Р. Оптимальные оценки, определение характеристик и управление. – М.: Наука, 1966.
33. Лебедев А.А., Бобровников В.Г., Красильщиков М.Н., Мальшев В.В. Статистическая динамика управляемого полета. – М.: Машиностроение, 1978.
34. Лебедев В.В. Стабилизация летательного аппарата безплатформенной инерциальной системой – М.: Машиностроение, 1977. – 144 с.
35. Кружанский А.Б. Управление и наблюдение в условиях неопределенности. – М.: Наука. 1977. – 392 с.
36. Черноусько Ф.Л. Оценивание фазового состояния динамических систем: Метод эллипсоидов. – М.: Наука, 1988. – 320 с.
37. Кунцевич В.М., Лычак М.М. Получение гарантированных оценок в задачах параметрической идентификации.// Автоматика. 1982. № 4. – С. 37-46.
38. Кунцевич В.М. Определение гарантированных оценок векторов состояния и параметров дискретных динамических систем.//Кибернетика и вычислительная техника. 1987. вып. 75. – С. 1-12.
39. Кунцевич В.М., Лычак М.М. Синтез оптимальных и адаптивных систем управления: Игровой подход. – К.: Наукова думка, 1985. – 248 с.
40. Kuntsevich A.V., Kuntsevich V.M. Linear adaptive control for nonstationary uncertain systems unoler bounded noise.// Sest. And Control Letters, 1997. V 31. № 1. P. 33-40.
41. Кириченко Н.Ф. Введение в теорию стабилизации движения. – К.: Вища школа, 1978. – 181 с.
42. Бакин Г.М. Нестационарная постановка и решение одной задачи фильтрации // Автоматика и телемеханика. 1983. № 9. – С. 32-43.
43. Азарсков В.Н., Блохин Л.Н., Житецкий Л.С., Куссуль Н.Н. Робастные методы оценивания, идентификации и адаптивного управления. – К.: НАУ, 2004. – 498 с.
44. Блохин Л.Н. Синтез оптимальных робастных систем в задачах эргономики и стохастической стабилизации.// Кибернетика и вычислительная техника. 1999. вып. 122. – С. 28-50.
45. Блохін Л.М., Буриченко М.Ю. Статистична динаміка систем управління // Підручник для ВНЗ України. – К.: НАУ. – 208 с.
46. Винер Н. Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине: 2-е изд. – М.: 1983. – 180 с.
47. Богданов А.А. Всеобщая организационная наука: Тектология. В 2-х томах. – Л.: Книга, 1925.
48. Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир. 1980. – 400 с.
49. Пригожин И. От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках. – М.: Наука, 1985. – 103 с.
50. Пригожин И. Конец определенности: Время, хаос и новые законы природы. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000.
51. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного: Введение. – М.: Мир, 1990.
52. Новое в синергетике: Загадки мира неравновесных структур. – М.: Наука, 1996.
53. Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика – теория самоорганизации: Иден., методы, перспективы. – М.: Знание. 1983.
54. Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б. Синергетика – новые направления.// Математика и кибернетика. 1996. № 11. – М.: Знание.