

Зайцев Г.Ф., д.т.н. (НЦ МО, Україна)

ВКЛАД АКАДЕМИКА АН УССР А.И. КУХТЕНКО И ЕГО ШКОЛЫ В ТЕОРИЮ ИНВАРИАНТНОСТИ

В настоящее время системы автоматического управления (САУ) все шире внедряются в различные отрасли науки, техники и промышленности. Круг задач, решаемых с помощью автоматических систем, непрерывно расширяется, а их сложность возрастает. В связи с этим непрерывно повышаются и требования, предъявляемые к показателям качества САУ, в первую очередь, к их динамической точности и быстродействию. Уменьшение динамических ошибок, сокращение продолжительности переходных процессов систем автоматического управления техническими объектами и технологическими процессами ведет к повышению производительности труда, улучшению качества выпускаемой продукции, увеличению эффективности производства, использования технологического оборудования.

Основным препятствием на пути повышения точности САУ является свойственное им противоречие между условиями повышения динамической точности и устойчивости. Вопросам повышения динамической точности, улучшения переходных процессов САУ посвящен довольно широкий круг работ ученых и в этой области достигнуты определенные результаты. В частности были разработаны методы анализа и синтеза автоматических систем, подверженных действию детерминированных и статистически заданных возмущающих воздействий. Эти методы хотя и позволяли в некоторой степени повысить точность САУ, однако они не устраняли указанного выше противоречия и этим объясняется их ограниченные возможности. Кроме того, они не решали наиболее сложной проблемы синтеза высококачественных систем автоматического управления, на которые действуют произвольно изменяющиеся возмущения с неизвестными статистическими характеристиками. Стояла задача определения таких структур и параметров систем автоматического управления, при которых влияние произвольно изменяющихся внешних воздействий и внутренних параметров систем на динамические характеристики процессов управления были полностью или частично скомпенсированы.

Наиболее плодотворным направлением построения высококачественных систем автоматического управления, инвариантных (независимых) к возмущающим воздействиям, возникшим в СССР, в том числе и в Украине, является теория инвариантности. В настоящее время теория инвариантности представляет собой оформившееся направление общей теории автоматического управления, имеющее свои оригинальные задачи, идеи и методы исследования. Основная задача, решаемая в теории инвариантности - компенсация внешних относительно системы управления и внутренних возмущающих воздействий и точное воспроизведение задающих воздействий. Важной особенностью теории инвариантности является предположение о произвольном характере возмущающих воздействий, когда не требуется априорная информация о законах изменения этих воздействий, как необходимо, например, при применении статистической динамики. Структуры автоматических систем, синтезированные методами теории инвариантности, обеспечивают высокую точность управления при произвольно изменяющихся возмущениях.

Впервые проблема инвариантности была поставлена в 1939 г. Г.В. Щипановым. Дальнейшее ее развитие связано с работами академиков Н.Н. Лузина, В.С. Кулебакина, Б.Н. Петрова, А.Ю. Ишлинского, академика НАН Украины А.Г. Ивахненко, академика НАН УССР А.И. Кухтенко, проф. Б.А. Рябова, проф. П.И. Кузнецова, доктора техн. наук Г.М. Уланова.

На первом этапе развития теории инвариантности появилось много работ в этой области, однако систематического изложения этого важного научного направления теории автоматического управления и решения возникших к тому времени задач не было. Поэтому выход в свет после второго Всесоюзного совещания, посвященного теории ин-

вариантности в Киеве в 1962 г., первой в мире монографии А.И. Кухтенко «Проблема инвариантности в автоматике» (Гос. изд-во технической литературы УССР, Киев, – 1963 г., 376 с.), несомненно, сыграло важную роль в становлении этого научного направления. Как пишет А.И. Кухтенко в предисловии к книге «... автор и поставил перед собой задачу, используя известные к настоящему времени публикации и новые научные работы, выполненные им и другими лицами дать в определенной мере систематическое изложение проблемы инвариантности. При написании книги автор стремился по возможности наиболее отчетливо выяснить сущность тех недоразумений, которые так долго сдерживали развитие теории инвариантности и показать на ряде примеров физическую осуществимость инвариантных систем и их техническую целесообразность». Поставленную в предисловии книги задачу А.И. Кухтенко успешно разрешил. Его монография, являясь настольной книгой специалистов в области автоматического управления, дала новый толчок в развитии теории инвариантности, способствовала подготовке молодых ученых, ориентированных на решение новых задач по повышению динамической точности и быстродействия систем автоматического управления.

Проблеме инвариантности в период с 1958 по 1982 г.г. были посвящены шесть Всесоюзных (СССР) конференции, пять из которых были проведены в г. Киеве, а шестая в Москве в Институте проблем управления АН. СССР. Кроме того, в 1978 г. в г. Баку была организована Всесоюзная школа «Общие проблемы теории устойчивости, инвариантности и чувствительности систем автоматического управления».

Александр Иванович Кухтенко принимал самое активное участие во всех Всесоюзных конференциях, посвященных теории инвариантности и ее применению. Неоднократно был заместителем председателя Оргкомитета этих конференций.

Наряду с Всесоюзными конференциями, посвященными теории инвариантности и ее применению в системах автоматического управления в г. Киеве был организован постоянно действующий семинар по теории автоматического управления и регулирования при Доме научно-технической пропаганды. Семинары проводились один раз в две недели. Организаторами семинара явились Александр Юрьевич Ишлинский, Алексей Григорьевич Ивахненко, Александр Иванович Кухтенко. В семинарах активное участие принимали О.М. Крижановский, П.И. Чинаев, Н.М. Чумаков, В.М. Кунцевич, В.В. Павлов, В.И. Иваненко, В.И. Костюк, С.Ф. Козубовский, Б.Ю. Мандровский - Соколов, А.А. Туник, П.И. Дехтеренко, О.М. Костюк, Г.Ф. Зайцев, Ю.И. Самойленко, В.К. Стеклов, Л.М. Бойчук, Н.А. Озеряный, М.А. Иващенко, А.Г. Шевелев, Г.Н. Черкашин, Э.А. Кузьмин и многие другие. На семинаре выступали обычно один или два докладчика. Для всестороннего критического анализа содержания доклада заблаговременно назначались, как правило, два оппонента. Среди тем, обсуждаемых на семинарах, большое место занимали темы, связанные с теорией инвариантности. Семинары способствовали решению текущих проблем в теории автоматического управления и регулирования, явились хорошей школой подготовки молодых специалистов в области автоматики, в том числе и специалистов по теории инвариантности.

Лично Александр Иванович в своих многочисленных научных работах внес следующий вклад в теорию инвариантности и решение на ее основе проблемы повышения точности функционирования систем автоматического управления:

- используя идеи теории инвариантности, разработал теоретические основы создания систем автоматического регулирования рудничных турбомашин (1941 г.);
- применил теорию инвариантности для разработки регуляторов нагрузки врубных машин и угольных комбайнов (1953 г.);
- показал возможность использования методов операционного исчисления для изучения линейных инвариантных систем автоматического управления (1959 г.);
- распространил критерии абсолютной инвариантности на объекты с переменными параметрами (1961 г.);
- предложил самонастраивающуюся по принципу инвариантности систему автоматического управления (совместно проф. А.Г. Шевелевым, 1962 г.);

- выполнил анализ инвариантной системы с реальными дифференциаторами (1962 г.);
- предложил критерии физической осуществимости инвариантных систем (совместно с академиком Б.Н. Петровым, 1964 г.);
- предложил самонастраивающуюся систему автоматического автопилотирования (совместно с проф. А.Г. Шевелевым, 1964 г.);
- показал пути решения задачи инвариантности относительно изменения параметров систем автоматического управления (1964 г.);
- систематизировал методы проектирования инвариантных систем автоматического управления (совместно с акад. Б.Н. Петровым, 1967 г.);
- охарактеризовал и критически рассмотрел состояние теории инвариантности и ее практических применений (совместно с акад. Б.Н. Петровым, 1969 г.);
- показал связь алгебраической теории инвариантов с теорией инвариантности систем автоматического управления (1978 г.);
- дал обзор состояния теории инвариантности к середине 80 годов двадцатого века.

Научные работы Александра Ивановича Кухтенко, Алексея Григорьевича Ивахненко, а также Всесоюзные совещания по теории инвариантности и ее применению в системах автоматического управления, семинары по теории автоматического управления и регулирования при Республиканском (г. Киев) доме научно - технической пропаганды, несомненно, сыграли большую роль в подготовке ученых в области автоматического управления и, в частности, теории инвариантности и дальнейшем ее развитии. В 1991 г. за работу «Цикл монографий по теории инвариантности и ее применению в системах автоматического управления» группе украинских ученых в составе А.И. Кухтенко, А.Г. Ивахненко, В.М. Кунцевича, В.В. Павлова, Г.Ф. Зайцева, В.К. Стеклова. П.И. Чинаева была присуждена Государственная премия Украины.

Выдвинутая на соискание Государственной премии Украины работа представляла собой научные результаты многолетних исследований в области теории инвариантности и ее применения для решения важной научно-технической проблемы повышения точности систем автоматического управления, опубликованные в период с 1954 по 1989 г.г. в цикле монографий, выпущенных издательствами Гостехиздат УССР, Техніка, Наукова думка, Вища школа (Киев), Энергоиздат, Машиностроение (Москва), а также в многочисленных научных статьях, трудах научно-технических совещаний по теории инвариантности и защищенные серией авторских свидетельств на изобретения.

Авторами были разработаны общие принципы построения инвариантных систем применительно к трем основным способам управления: по «отклонениям», по «возмущениям» и способу комбинированного управления, сочетающему первых два способа одновременно. Установлены условия инвариантности и выполнено исследование возможности достижения абсолютной инвариантности в автоматических системах с различными способами управления с учетом условий физической реализуемости.

Наряду с вопросами инвариантности непрерывных линейных систем рассмотрены особенности инвариантности дискретных и нелинейных автоматических систем. Идеи и методы решения задач инвариантности распространены на системы с переменными параметрами. Решены задачи построения многосвязных инвариантных автоматических систем, адаптивных систем управления и систем с переменной структурой. Вместе с разработкой вопросов инвариантности систем автоматической стабилизации исследованы возможности построения инвариантных следящих систем, в которых наряду с компенсацией возмущающих воздействий решается задача точного воспроизведения задающих воздействий.

Результаты теоретических исследований авторами работы доведены до практических приложений - разработаны эффективные способы повышения точности систем автоматического управления на основе идей теории инвариантности, инженерные методы расчета этих систем, предложены некоторые технические средства (серия корректирующих устройств), способствующие реализации методов повышения точности ав-

томатических систем, а также разработаны системы автоматического управления, применяющиеся в различных отраслях промышленности и народного хозяйства, высокая точность которых достигнута благодаря использованию указанных способов. Можно утверждать, что в настоящее время при проектировании систем автоматического управления самого различного назначения, к показателям, качества которых предъявляются высокие требования, используются те или иные методы повышения точности, разработанные авторами на основе теории инвариантности.

Основные положения теории инвариантности, методы повышения точности управления с помощью автоматических систем прочно вошли в учебники и учебные пособия по дисциплине «Теория автоматического управления» и широко внедрены в учебный процесс высших технических учебных заведений в нашей стране.

Работа состояла из 21 монографии:

1. Ивахненко А.Г. Электроавтоматика. Ч.II. – К.: Гостехиздат УССР, 1954. – 292 с; изд.2-е, 1957.– 452 с.
2. Ивахненко А.Г. Техническая кибернетика. – К.: Гостехиздат УССР, изд.1-е, 1959. – 422 с; изд.2-е, 1962.-с.
3. Зайцев Г.Ф. Теория инвариантности и комбинированное управление в автоматических системах. – К.: Изд-во КВИРТУ ПВО, 1961. – 64 с.
4. Кухтенко А.И. Проблема инвариантности в автоматике.– К.: Гостехиздат УССР, 1963. – 376 с.
5. Чинаев П.И. Многомерные автоматические системы. – К.: Гостехиздат УССР, 1963.– 280 с.
6. Ивахненко А.Г. Кибернетические системы с комбинированным управлением. – К.: Техніка, 1966.– 512 с.
7. Кунцевич В.М. Импульсные самонастраивающиеся и экстремальные системы автоматического управления.- К.: Техніка, 1966.-284 с.
8. Кухтенко А.И. Петров Б.Н. Теория проектирования инвариантных систем управления. Раздел I в кн. Современные методы проектирования систем автоматического управления /Под ред. Б.Н. Петрова, В.В. Солодовникова, Ю.И. Топчеева. - М.: Машиностроение, 1967.– С.13-76.
9. Зайцев Г.Ф. Коррекция систем автоматического управления постоянного и переменного тока. – М.: Энергия, 1969. –384 с.
10. Чинаев П.И. Методы анализа и синтеза многомерных автоматических систем. – К.: Техніка, 1969. – 380 с.
11. Чинаев П.И. Инвариантность автоматических систем/ В кн.: Беседы по автоматике/ под ред. П.И. Чинаева. – К.: Техніка, 1971.– С.157-164.
12. Павлов В.В. Инвариантность и автономность нелинейных систем управления. – К.: Наукова думка, 1971. – 272 с.
13. Зайцев Г.Ф., Стеклов В.К. Комбинированные следящие системы. – К.: Техніка, 1973. – 264 с.
14. Зайцев Г.Ф., Стеклов В.К. Юрасов В.С. Автоматическое регулирование в магнитной записи. – К.: Техніка, 1979. – 168 с.
15. Зайцев Г.Ф., Стеклов В.К. Квазиоптимальные следящие системы. – К.: Вища школа, Головное изд-во, 1981. – 176 с.
16. Зайцев Г.Ф., Стеклов В.К. Компенсация естественных нелинейностей автоматических систем. – М.: Энергоиздат, 1982. – 96 с.
17. 13. Стеклов В.К., Милько Р.Э. Системы управления с безредукторным приводом. – К.: Техніка, 1933. – 120 с.
18. Зайцев Г.Ф., Стеклов В.К. Автоматические системы с дифференциальными связями. – К.: Техніка, 1984. – 168 с.
19. Зайцев Г.Ф., Стеклов В.К. Радиотехнические системы автоматического управления высокой точности. – К.: Техніка, 1983.
20. Бойко Н.П., Стеклов В.К. Системы автоматического управления на базе микроЭВМ.- К.: Техніка, 1989.- 182 с.