

Раздел I. Проблема комплексной безопасности сложных систем

УДК 681.51

Г.Е. Веселов, А.А. Колесников

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Предлагается новая концепция комплексной безопасности сложных систем, основанная на гармоничном взаимодействии между технологической и информационной безопасностью современных сложных систем разной природы. Применение указанной концепции позволяет осуществлять синтез объективных законов управления и структур хаосодинамической обработки информации в сложных системах с регулярной и хаотической динамикой. На основе указанной концепции могут быть построены принципиально новые сложные технические системы, обладающие гармоничным сочетанием технологической и информационной безопасности.

Технологическая и информационная безопасность; взаимодействие; хаосодинамика; сложная система.

G.E. Veselov, A.A. Kolesnikov

SYNERGETICS APPROACH TO INTEGRATED SECURITY OF COMPLEX SYSTEM

In the paper we propose the new concept of complex security of complicated systems. This concept is based on harmonic co-action between engineering and informational security of modern complicated systems of various natures. Application of this concept provides synthesis of objective control laws and the structures of chaos-dynamics processing of information for complex system with regular and chaotic dynamics. On the basis of this concept it is possible to built principally new engineering system ensuring harmonic correlation of engineering and informational secure.

Technological and Informational Security; inter-co-action; chaosodynamics; complex system.

Введение. Ключевой проблемой современного общества является комплексная безопасность сложных систем (КБСС), которая включает в себя ряд важных составляющих: техносферную, техногенную (технологическую), информационную безопасность и др. В целом они и определяют должный уровень безопасности жизнедеятельности человека современного общества риска.

В настоящее время задача физической реализации весьма сложных технических объектов и устройств во многом фактически отходит на второй план, а на первый план выходит проблема создания сложных нелинейных динамических высоконадежных систем.

Ярким примером нарушения законов техносферной безопасности и, следовательно, КБСС в последнее время могут служить катастрофы с запуском разных российских космических аппаратов, «Фобоса» на Марс, разрушение Саяно-Шушенской ГЭС и др., которые привели к колоссальным материальным потерям, человеческим жертвам и нанесли значительный урон престижу России как совре-

менной страны. Между тем эти сложные технические системы были насыщены всякого рода информационными подсистемами, которые выдавали самостоятельную текущую информацию, недостаточно связанную с технологией функционирования соответствующей системы. Иначе говоря, между информационной и технологической безопасностями в указанных сложных системах явно отсутствовало, говоря языком синергетики [1–6], эффективное (гармоничное) взаимодействие. На наш взгляд, именно концепция взаимодействия технологической и информационной безопасности (КВТИБ) и должна составлять ключевую суть проблемы КБСС, которой посвящен настоящий сборник.

Перейдем далее к обсуждению ряда первоисточников и понятий КВТИБ.

1. Базовые свойства современных сложных систем. В литературе имеются разные определения понятия «система», базирующиеся в основном на свойстве взаимодействия между компонентами, входящими в общую систему. Однако выдающийся физиолог П.К. Анохин считал это недостаточным и дал следующее замечательное определение системы: «Системой можно назвать только такой комплекс избирательно вовлеченных компонентов, у которых взаимодействие и взаимоотношение приобретают характер *взаимодействия* компонентов на получение фиксированного полезного результата». Из этого определения следует, что сложная система – это совокупность динамических компонентов, взаимодействующих друг с другом для достижения общей цели, т.е. в нашем случае, комплексной безопасности.

Окружающая нас среда: природная, социально-экономическая, технологическая – это мир сложных суперсистем разнообразной природы, которые представляют собой комплекс различных подсистем, выполняющих определенные функции и связанных между собой процессами интенсивного динамического взаимодействия и обмена энергией, веществом и информацией. Подчеркнем, что указанные суперсистемы являются *управляемыми, динамическими, нелинейными, многомерными и многосвязными*, в которых протекают сложные переходные процессы и возникают критические и хаотические режимы, связанные, в первую очередь, с *бифуркациями и «странными аттракторами»* в их фазовом пространстве [3–6]. Именно бифуркации разного вида и «странные аттракторы», на которые неизбежно попадет соответствующая сложная система, и приводят в подавляющем числе случаев к катастрофам и разрушениям соответствующих систем.

Проблемы системного синтеза, т.е. поиска общих объективных законов процессов управления и хаосодинамической обработки информации, обеспечивающих технологическую и информационную безопасность в такого рода динамических системах на основе КВТИБ, являются весьма актуальными, трудными и во многом практически недоступными для существующих теории управления и теории информации. Эти теории позволили успешно освоить методы локального обеспечения технологической и информационной безопасности различных объектов. Однако наступило время пересмотра таких подходов в задачах управления и обработки и защиты информации в сложных системах и перехода на идеи КВТИБ, т.е. идеи самоорганизации новой науки – синергетики (в США – это хаосодинамика, во Франции – наука о диссипативных структурах, а в России и Германии – это синергетика и нелинейная наука). Отсюда вытекает насущная потребность поиска путей целевого технологического и информационного воздействия на процессы самоорганизации в конструируемых сложных системах. Другими словами, возникла необходимость создания способов формирования и резонансного возбуждения внутренних сил взаимодействия, которые могли бы породить в фазовом пространстве сложных систем желаемые динамические и информационные структуры – аттракторы, адекватные физической (биологической, социально-экономической и т.д.) сущности соответствующей системы.

Подчеркнем, что кардинальное решение проблемы технологической безопасности сложных систем может быть весьма эффективно достигнуто на основе целостной концепции единства процессов самоорганизации и управления (КЕПСУ), впервые предложенной, обоснованной и развитой научной школой кафедры синергетики и процессов управления [3–16]. Эта концепция нелинейного системного синтеза объективных законов управления нашла широкое применение при решении задач управления сложными техническими системами разного применения – в электроэнергетике, электромеханике, авиации и др. Эти системы обладают асимптотической устойчивостью в целом, параметрической робастностью и инвариантностью к внутренним и внешним возмущениям. В целом эти свойства и обеспечивают высокую технологическую безопасность сложных систем. На основе идеологии КЕПСУ может быть развита и КВТИБ, как ее некоторая хаосодинамическая составная часть синтеза сложной системы.

Дело в том, что процессы управления и самоорганизации пронизывают окружающий нас мир систем разнообразной природы. Мировоззренческая значимость науки о процессах управления и обработки информации определяется тем важным обстоятельством, что как утверждают ученые Санкт-Петербургского государственного университета, «...всякий процесс в Мироздании может быть интерпретирован в качестве процесса управления или самоуправления. По этой причине понятийный и терминологический аппарат именно теории управления как таковой является обобщающим, что позволяет с его помощью единообразно описывать разные процессы: общеприродные, биологические, технические...» [17]. С точки зрения современной науки о сложных системах с этим базовым утверждением невозможно не согласиться. Разумеется, что в понятия «управление» и «самоуправление», т.е. самоорганизация, входит и обработка информации. Тогда, по существу, это – обобщенная КВТИБ, положенная в работах научной школы кафедры синергетики и процессов управления [4, 8] в основу, например, синергетической теории и методов хаосодинамической обработки, защиты и передачи информации. Именно КВТИБ позволяет синтезировать объективные законы управления и обработки информации, обеспечивающие гармоническое взаимодействие между технологической и информационной безопасностями сложных систем.

Прикладная значимость науки о процессах управления и динамической обработки информации особо возросла в настоящее время. Дело в том, что сегодня, когда формируется постиндустриальное информационное «общество риска», кардинальной проблемой становится существенное увеличение удельного веса искусственных самоорганизующихся регуляторов в единой целостной системе «общество – техносфера – природа». Основное внимание ученых, политиков и общественности все в большей мере концентрируется на фундаментальных проблемах управления, связанных с ресурсосберегающими технологиями, новой организацией социально-экономических систем, экологической и ядерной безопасностью открытого общества. Существенное отличие стратегий технологической деятельности в начале XXI века состоит в освоении принципиально новых типов объектов и процессов, представляющих собой весьма сложные саморазвивающиеся макросистемы. В таких открытых макросистемах возникают, как известно, кооперативные явления, базирующиеся, в первую очередь, не на силовых, а на информационных взаимодействиях. В результате проявления кооперативных эффектов развивающиеся системы порождают новые структуры без каких-либо внешних силовых воздействий. Иначе говоря, в сложных макросистемах возникают процессы самоорганизации, изучаемые современной нелинейной динамикой и синергетикой. Такого рода принципиально новые кооперативные явления в макросистемах следует непременно учитывать при разработке эффективных стратегий безопасной жизнедеятельности человека, опирающиеся на базовую идеологию КВТИБ. Эти явления

и стратегии естественным образом должны быть включены в познавательные процессы новой мировоззренческой ориентации – нелинейно-целостного мышления современного специалиста. Возникает кардинальный вопрос о соответствии когнитивных возможностей существующих теорий технологической и информационной безопасности уровню и важности проблемы КБСС.

2. Метод синтеза систем хаосодинамической обработки и защиты информации. Развивая идеологию КВТИБ, далее предложен способ скрытой передачи информации, основанный на методе глобальной реконструкции динамической системы на примере модели Лоренца с использованием синергетического наблюдателя.

Одной из важнейших проблем в сфере коммуникаций является обеспечение надежной, устойчивой и стабильной работы систем передачи и защиты информации. В связи с этим долгие годы возникновение хаотических колебаний в телекоммуникационных системах считалось нежелательным явлением. И лишь после многих исследований стало ясно, что причинами появления хаоса являются не только шумы и внешние возмущения, а в первую очередь сама собственная динамика нелинейной системы.

Хаотические процессы обладают многими свойствами случайных, в том числе непредсказуемостью на больших интервалах времени. Вместе с этим, хаотические колебания воспроизводимы и при повторении начальных условий процесса, система выдает одну и ту же фазовую траекторию.

Исследование причин появления хаоса в системе дало возможность ученым сделать вывод о возможности применения хаотических колебаний при создании новых технологий.

В связи с этим в последние годы бурно развивается принципиально новое научное направление, основанное на явлении самоорганизации в нелинейных системах с динамическим хаосом. Эти системы характеризуются так называемыми «странными» аттракторами, которые могут применяться в качестве гибких информационных процессоров, эффективно обрабатывающих информацию. Суть нового подхода состоит в том, что информация порождается как каскадом бифуркаций, приводящих к нарушению симметрии в системе, так и ее хаотической диссипативной динамикой, приводящей к все более тонкому разрешению процессов.

К генераторам информации – аттракторам – предъявляются следующие основные требования: во-первых, большая емкость памяти и, во-вторых, способность к значительному сжатию информации. Известно, что регулярные аттракторы типа Ван дер Поля, Релея, Пуанкаре и др., имеющие размерность 1, малоэффективны как модули для хранения информации, но практически идеальны как устройства для сжатия информации [1]. Однако в нелинейной динамике были обнаружены хаотические («странные») аттракторы, обладающие с информационной точки зрения универсальными свойствами: с одной стороны, они имеют значительную информационную размерность, а с другой, являются «компрессорами» информации.

Указанные свойства оказались весьма неожиданными для науки. Дело в том, что хаотические аттракторы, например типа Лоренца, осуществляют процессы обработки информации путем уменьшения числа степеней свободы в фазовом пространстве. когда динамическая система, стартуя из определенного множества начальных условий размерности n_0 , через некоторое время неизбежно попадет на некоторый регулярный аттрактор (притягивающее множество), имеющий значительно меньшую размерность, т.е. $n_1 \ll n_0$. Это – процесс сжатия фазового пространства, который называют самоорганизацией системы. Таким образом, методы нелинейной динамики дают возможность создания принципиально новых методов обработки информации.

3. Метод динамической обработки и защиты информации с использованием синергетического наблюдателя. В последнее время в литературе был предложен ряд способов скрытой передачи информации, основанных на применении в качестве несущего сигнала широкополосных колебаний генератора хаоса [18–27]. Среди них наиболее популярными являются такие способы, как хаотическая маскировка [18], переключение хаотических режимов [19–21], нелинейное подмешивание [22, 23], дуальное нелинейное преобразование [24] и др. При этом с целью выделения сигнала из хаотического обычно используется явление хаотической синхронизации. Но такие способы имеют ряд недостатков, наиболее существенным из которых является требование идентичности генераторов хаотических колебаний в приемнике и передатчике. Так, если параметры этих генераторов отличаются всего лишь на 2 %, то указанный способ становится неэффективным [24, 25]. Другой, более перспективный подход к реконструкции передаваемой информационных сигналов с использованием параметрически модулированных хаотических генераторов (ХГ) был предложен в работах [26, 27]. Суть этого подхода заключается в следующем. Исходная динамическая система, генерирующая обрабатываемый сигнал, описывается нелинейными дифференциальными уравнениями:

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \mathbf{F}(\mathbf{x}, \boldsymbol{\mu}^0), \quad \mathbf{x} \in R^n, \boldsymbol{\mu}^0 \in R^m, \quad (1)$$

где \mathbf{x} – вектор переменных состояния ХГ, \mathbf{F} – вектор правых частей модели ХГ, $\boldsymbol{\mu}^0$ – вектор постоянных номинальных параметров ХГ. Отдельные параметры вектора $\boldsymbol{\mu}^0$ достаточно медленно модулируются передаваемыми информационными сигналами $\mu_i(t)$. В результате образуются новые параметры ХГ:

$$\mu_i^*(t) = \mu_i^0 + \mu_i(t), \quad i = 1, \dots, m, \quad (2)$$

где μ_i^0 – постоянные значения параметров системы (1), $\mu_i(t)$ – информационные сигналы.

Условия медленной модуляции можно представить в форме следующего неравенства:

$$\left| \frac{d\mu_i}{dt} \right| \ll \left| \frac{dx_j}{dt} \right| \quad (3)$$

для любых i и j . Тогда система уравнений (1) с учетом (2) принимает вид

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \mathbf{F}(\mathbf{x}, \boldsymbol{\mu}^0 + \boldsymbol{\mu}(t)), \quad (4)$$

где $\boldsymbol{\mu}^0 = (\mu_1^0, \mu_2^0, \dots, \mu_m^0)$, $\boldsymbol{\mu}(t) = (\mu_1(t), \mu_2(t), \dots, \mu_m(t))$.

Как показано в [26, 27], путем соответствующей замены переменных модели многих ХГ вида (4) можно преобразовать к виду

$$\frac{dx_1}{dt} = x_2; \quad \frac{dx_2}{dt} = x_3; \quad \dots \quad \frac{dx_{n-1}}{dt} = x_n; \quad \frac{dx_n}{dt} = f(\mathbf{x}, \boldsymbol{\mu}^*). \quad (5)$$

Далее генерируемый сигнал, например $x_n(t)$, передается в канал связи, а на принимающей стороне значения сигналов $x_1(t), \dots, x_{n-1}(t)$ получаются последовательно путем интегрирования системы уравнений (5). При этом на принимающей стороне по известным значениям сигналов $x_i(t), i = 1, \dots, n$ вычисляются параметры $\boldsymbol{\mu}^*$ посредством метода наименьших квадратов на основе уравнения

$$f(\mathbf{x}, \boldsymbol{\mu}^*) = 0. \quad (6)$$

В конечном итоге реконструированные информационные сигналы находятся из выражения (2), т.е.

$$\hat{\mu}_i(t) = \hat{\mu}_i^*(t) - \mu_i^0.$$

Здесь $\hat{\mu}_i(t)$ – реконструированный информационный сигнал, $\hat{\mu}_i^*(t)$ – реконструированный модулированный параметр. Это означает, что, согласно (3), предложенный в [26, 27] подход к реконструкции сигналов по своей сути является статическим со всеми вытекающими отсюда последствиями. Дело в том, что условие (3) требует выбора такого временного окна t^* , что в его пределах значения параметров $\mu_i^* \approx const$ допустимо еще считать практически постоянными. Иначе говоря, в течение времени t^* неавтономность системы (4) в расчет не принимается. Тогда, скользя временным окном вдоль несущего сигнала, например $x_n(t)$, можно на основе математической модели ХГ (5) осуществить выделение сигналов модуляции $\mu_i(t)$ в реальном времени [26, 27]. Однако в нелинейной динамике хорошо известно свойство повышенной чувствительности ХГ типа Лоренца, Релея и др. к малым изменениям их «управляющих параметров» и начальных условий. Эти особенности ХГ могут привести к практическим затруднениям при реализации описанного способа обработки и защиты информации. В связи с этим, находясь в рамках идеологии глобальной реконструкции [25–27], предлагается динамический метод обработки информации, основанный на текущем вычислении параметров $\mu_i^*(t)$ с помощью синергетического наблюдателя [3, 4, 28].

Методику и синтез динамического наблюдателя проиллюстрируем на конкретном примере ХГ, представленного моделью Лоренца [25–27]:

$$\frac{dx}{dt} = \sigma(y - x); \quad \frac{dy}{dt} = rx - y - xz; \quad \frac{dz}{dt} = -bz + xy, \quad (7)$$

здесь $\mathbf{x} = (x, y, z)$ – вектор переменных состояния, $\boldsymbol{\mu}^0 = (\sigma, r, b)$ – вектор постоянных (номинальных) параметров.

Сначала преобразуем модель (7) к виду (5), для чего используем замену переменных [25]:

$$X = x; \quad Y = \sigma(y - x); \quad Z = \sigma((r + \sigma)x - (\sigma + 1)y - xz).$$

В результате получим новую систему

$$\frac{dX}{dt} = Y; \quad \frac{dY}{dt} = Z; \quad \frac{dZ}{dt} = f(X, Y, Z, \boldsymbol{\mu}^0), \quad (8)$$

где

$$f(X, Y, Z, \boldsymbol{\mu}^0) = b\sigma X r_1 - b(\sigma + 1)Y - (b + \sigma + 1)Z - X^2 Y - \sigma X^3 + \frac{Y((\sigma + 1)Y + Z)}{X}; \quad (9)$$

$$r_1 = r - 1.$$

Итак, рассмотрим новый управляющий параметр генератора Лоренца:

$$r^*(t) = r + \mu(t). \quad (10)$$

Для этого будем полагать, что в канал связи передается сигнал $Z(t)$, сгенерированный системой (8)–(10). Примем следующие допущения: модулирующий сигнал $\mu(t)$ является кусочно-постоянным, т.е. осуществляется передача цифровой информации; параметры σ, b – известны, а параметр $r(t) > 0$ является модули-

руемым параметром. Как известно [25, 26], в зависимости от значения параметра r (при постоянстве σ, b), например, при $24,74 < r < 30,1$, в системе Лоренца (7) наблюдается хаотический режим функционирования, т.е. осуществляется генерация хаотических колебаний.

Покажем процедуру построения наблюдателя за параметром $r_1 = r - 1$ на принимающей стороне для системы (8). Для этого, согласно [21, 22], неизвестный параметр необходимо заменить его динамической моделью, отражающей эволюцию этого параметра. В нашем случае это может быть модель вида $dw/dt = 0$, поскольку решением этого дифференциального уравнения является $w(t) = const$, что и отражает скачкообразное изменение во времени параметра $r_1(t)$. На этом основании сформируем следующую расширенную систему:

$$\frac{dX}{dt} = Y; \quad \frac{dY}{dt} = Z; \quad \frac{dZ}{dt} = b\sigma Xw + G_1; \quad \frac{dw}{dt} = 0, \quad (11)$$

где $G_1 = -b(\sigma + 1)Y - (b + \sigma + 1)Z - X^2Y - \sigma X^3 + \frac{Y((\sigma + 1)Y + Z)}{X}$, w – переменная состояния динамической модели параметра r_1 .

Как видно, в системе (11), в отличие от (8), параметр r_1 заменен переменной состояния модели w . В системе (11) наблюдаемыми (известными) являются переменные X, Y, Z , а ненаблюдаемой (неизвестной) переменной – w . Пусть \hat{w} – искомая оценка параметра r_1 , т.е. $\hat{w} = \hat{r}_1$. Для построения оценки этого параметра введем макропеременную

$$\psi = w - \hat{w} \quad (12)$$

и зададим выражение для оценки параметра r_1

$$\hat{w} = Q(X, Y, Z) + v_1, \quad (13)$$

где $Q(X, Y, Z)$ – неизвестная функция от наблюдаемых переменных состояния системы (11), v_1 – переменная состояния динамического наблюдателя. При дифференцировании по времени уравнения (13) получаем

$$\frac{d\hat{w}}{dt} = \frac{\partial Q(X, Y, Z)}{\partial X} \frac{dX}{dt} + \frac{\partial Q(X, Y, Z)}{\partial Y} \frac{dY}{dt} + \frac{\partial Q(X, Y, Z)}{\partial Z} \frac{dZ}{dt} + \frac{dv_1}{dt}. \quad (14)$$

Согласно [3, 4], макропеременная (12) должна удовлетворять решению $\psi = 0$ функционального уравнения:

$$\frac{d\psi}{dt} + L(X, Y)\psi = 0, \quad (15)$$

где $L(X, Y)$ – неизвестная функция, обеспечивающая устойчивость решения уравнения (15).

С учетом (11)–(14) функциональное уравнение (15) записывается как

$$\begin{aligned} & -\frac{\partial Q(X, Y, Z)}{\partial X} Y - \frac{\partial Q(X, Y, Z)}{\partial Y} Z - \frac{\partial Q(X, Y, Z)}{\partial Z} (b\sigma Xw + G_1) - \\ & - \frac{dv_1}{dt} + L(X, Y)(w - \hat{w}) = 0. \end{aligned} \quad (16)$$

Поскольку уравнение наблюдателя не должно содержать в себе ненаблюдаемые переменные состояния, то необходимо выписать из уравнения (16) все слагаемые, содержащие ненаблюдаемую переменную w . Приравняем их к нулю:

$$w \left(-\frac{\partial Q(X, Y, Z)}{\partial Z} b\sigma X + L(X, Y) \right) = 0.$$

Очевидно, что так как $w \neq 0$, то это равенство выполняется при условии

$$-\frac{\partial Q(X, Y, Z)}{\partial Z} b\sigma X + L(X, Y) = 0. \quad (17)$$

Выражение (17) можно записать в следующем виде:

$$\frac{\partial Q(X, Y, Z)}{\partial Z} = \frac{L(X, Y)}{b\sigma X},$$

проинтегрировав данное выражение, получим

$$Q(X, Y, Z) = \frac{L(X, Y)}{b\sigma X} Z. \quad (18)$$

С учетом требования по обеспечению устойчивости решения функционального уравнения (15) примем

$$L(X, Y) = \alpha X^2. \quad (19)$$

Здесь $\alpha > 0$ – постоянный коэффициент, задающий динамику (скорость) оценивания неизвестного параметра r_1 . Тогда с учетом (19) выражение (18) записывается как

$$Q(X, Y, Z) = \frac{\alpha}{b\sigma} XZ. \quad (20)$$

Следовательно, из выражения (16) можно получить уравнение относительно динамической составляющей наблюдателя возмущения:

$$\frac{dv_1}{dt} = -\frac{\alpha}{b\sigma} ZY - \frac{\alpha}{b\sigma} XG_1 - \alpha X^2 \left(\frac{\alpha}{b\sigma} XZ + v_1 \right), \quad (21)$$

а выражение для оценки параметра r_1 принимает вид:

$$\hat{w} = \hat{r}_1 = \frac{\alpha}{b\sigma} XZ + v_1. \quad (22)$$

Окончательно из (9) и (22) получаем:

$$\hat{r} = 1 + \hat{r}_1 = 1 + \frac{\alpha}{b\sigma} XZ + v_1. \quad (23)$$

Таким образом, синтезированный синергетический наблюдатель параметра r_1 состоит из двух составляющих: во-первых, динамической, заданной дифференциальным уравнением (21), и, во-вторых, статической, заданной выражением (23). Теперь из соотношения (10) найдем реконструированный на принимающей стороне информационный сигнал:

$$\hat{\mu}(t) = \hat{r} - r, \quad (24)$$

который равен разности оцененного параметра и его номинального значения.

Компьютерное моделирование синтезированной системы реконструкции информации на основе ХГ Лоренца с синергетическим наблюдателем параметра проведено при следующих значениях неизменных параметров системы Лоренца (7): $b = 8/3$, $\sigma = 10$; номинальном значении модулируемого параметра $r = 24$ и параметре синергетического наблюдателя: $\alpha = 0,2$. Сигнал, передаваемый в канале связи, представлен на рис. 1, а информационный сигнал на передатчике $\mu(t)$ и его реконструированное значение на приемнике показаны на рис. 2.

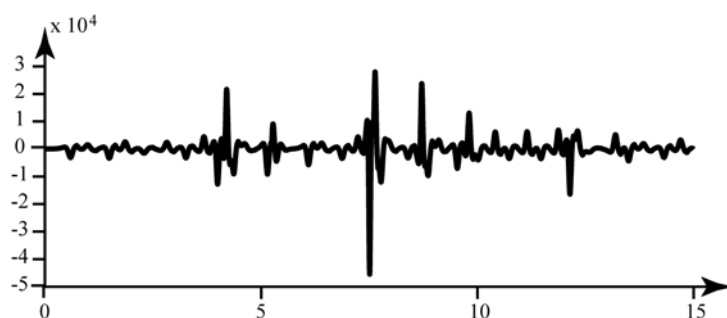


Рис. 1. Информационный сигнал на выходе передатчика

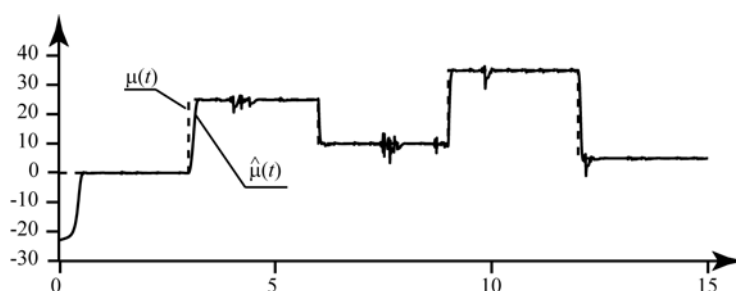


Рис. 2. График изменения информационного сигнала на передатчике $\mu(t)$ и его реконструированного значения на приемнике $\hat{\mu}(t)$

Таким образом, предложен новый метод динамической обработки и защиты конфиденциальной информации, основанный на методе глобальной реконструкции динамики системы с использованием синергетического наблюдателя. Как следует из результатов моделирования, синтезированный наблюдатель обеспечивает достаточно точную реконструкцию информационного сигнала $\mu(t)$.

Заключение. Таким образом, одной из фундаментальных и актуальнейших проблем современной науки о сложных системах является развитие высокоэффективной прикладной теории нелинейного системного синтеза объективных законов управления и обработки информации на основе КВТИБ. Именно на основе этой концепции можно развить принципиально новые методы создания сложных систем, обладающих высокой комплексной безопасностью. В связи с этим возникает фундаментальная проблема поиска общих объективных законов единства процессов технологической и информационной безопасности, которая сводится к максимальному учету естественных свойств системы соответствующей природы. Последние достижения синергетики и теории информации позволяют надеяться, что теория и прикладные методы комплексной безопасности сложных систем на основе КВТИБ получат существенное развитие и применение в различных областях деятельности современного общества.

На основе КВТИБ могут быть построены принципиально новые сложные технические системы, обладающие гармоничным сочетанием технологической и информационной безопасности. Именно в этом и заключается, на наш взгляд, основная цель при решении проблемы КБСС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Хакен Г.* Тайны природы. Синергетика: учение о взаимодействии. – М.: Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003.
2. *Хакен Г.* Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. – М.: Мир, 1985.
3. *Колесников А.А.* Синергетическая теория управления. – М.: Энергоатомиздат, 1994.
4. *Колесников А.А.* Синергетическая теория управления: концепции, методы, тенденции развития // Известия ТРТУ. – 2001.– № 5 (23). – С. 7-27.
5. *Колесников А.А.* Синергетические методы управления сложными системами: теория системного синтеза. – М.: КомКнига, 2006. – 240 с.
6. *Колесников А.А.* Синергетическая концепция системного синтеза: единство процессов самоорганизации и управления // Известия ТРТУ. – 2006.– № 6 (61). – С. 10-38.
7. *Колесников А.А.* Аналитическое конструирование нелинейных агрегированных регуляторов по заданной совокупности инвариантных многообразий. I. Скалярное управление // Изв. Вузов. Электромеханика. – 1987. – № 3.
8. *Колесников А.А.* Кибернетика и синергетика: концептуальный альянс. Размышления о новой научной концепции. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2011. – 491 с.
9. *Колесников А.А., Веселов Г.Е., Попов А.Н., Мушенко А.С. и др.* Синергетические методы управления сложными системами: механические и электромеханические системы. – М.: КомКнига, 2006. – 304 с.
10. *Колесников А.А., Веселов Г.Е., Попов А.Н., Мушенко А.С., Кузьменко А.А. и др.* Синергетические методы управления сложными системами: энергетические системы. – М.: КомКнига, 2006. – 248 с.
11. *Колесников А.А., Кузьменко А.А., Веселов Г.Е.* Новые технологии проектирования современных систем управления процессами генерирования электроэнергии. – М.: Изд. дом МЭИ, 2011. – 280 с.
12. *Колесников А.А.* Прикладная синергетика: основы системного синтеза. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2007. – 384 с.
13. *Колесников А.А., Кобзев В.А.* Динамика полета и управление: синергетический подход. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 198 с.
14. Синергетика и проблемы теории управления / Под ред А.А. Колесникова. – М.: Физматлит, 2004. – 504 с.
15. *Веселов Г.Е.* Аналитическое конструирование агрегированных дискретных регуляторов на основе последовательной совокупности инвариантных многообразий // Известия ТРТУ. – 1997. – № 1 (4). – С. 64-70.
16. *Веселов Г.Е.* Синергетический подход к синтезу иерархических систем управления // Известия ТРТУ. – 2006. – № 6 (61). – С. 73-84.
17. Достаточно общая теория управления. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://dotu.ru/files/20040623-DOTU_red-2004.zip, 2004.
18. *Kocarev L.* Experimental demonstration of secure communications via chaotic synchronization / L. Kocarev, K.S. Halle, K. Eckert, L. Chua, U. Parlitz // Int. J. Bifurcation and chaos. – 1992. – № 3. – P. 709-713.
19. *Бельский Ю.Л.* Передача информации с использованием детерминированного хаоса / Ю.Л. Бельский, А.С. Дмитриев // Радиотехника и электроника. Журнал Российской Академии Наук. – 1993. – № 7. – С. 1310-1315.
20. *Капранов М.В.* Свойства систем передачи информации с манипуляцией параметрами и начальными условиями генераторов хаотических колебаний / М.В. Капранов, В.Н. Кулешов, М.В. Ларионова, А.Г. Морозов, Н.Н. Удалов // Зарубежная радиотехника. Успехи современной радиотехники. – 2000. - №11. – С. 48-60.
21. *Morozov A.G.* Modified CSK -system with discriminant procedure for signal processing / A.G. Morozov, M.V. Kapranov, O.Ya. Butkovsky, Yu.A. Kravtsov // Proceedings of COC'2000. – St.-Petersburg, Russia. – 2000. – P. 536-539.
22. *Волковский А.Р.* Синхронный хаотический отклик нелинейной системы передачи информации с хаотической несущей /А.Р. Волковский, Н.В. Рувльков // Письма в ЖТФ. – 1993. – Т.19. – Вып. 3. – С. 71-75.
23. *Дмитриев А.С.* Радиосвязь с использованием хаотических сигналов / А.С. Дмитриев, Л.В. Кузьмин, А.И. Панас, С.О. Стариков // Препринт ИРЭ РАН. – М., 1997. – № 1.

24. Halle K.S. Spread spectrum communication through modulation of chaos / K.S. Halle, C.W. Wo, M. Iton, L.O. Chua // Int. J. Bifurcation and chaos. – 1993. – № 2. – P. 469-477.
25. Анищенко В.С., Астахов В.В., Вадивасова Т.Е., Нейман А.Б. Нелинейные эффекты в хаотических и стохастических системах. – М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003.
26. Анищенко В.С., Вадивасова Т.Е., Астахов В.В. Нелинейная динамика хаотических и стохастических систем. Фундаментальные основы и избранные проблемы / Под ред. В.С. Анищенко. – Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1999.
27. Anishchenko V.S., Pavlov A.N., Yanson N.B. Reconstruction of dynamic systems as applied to secure communications // Technical Physics, 1998. – Vol. 43 (12). – P. 1401-1407.
28. Колесников А.А., Капустина А.С. Синергетический метод синтеза генераторов «управляющих параметров» в системах с хаотической динамикой // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 12 (113). – С. 109-116.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор И.М. Першин.

Веселов Геннадий Евгеньевич – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: deanfib@tti.sfedu.ru; 347928, г. Таганрог, ул. Чехова, 2; тел.: 88634360450; факультет информационной безопасности; декан.

Колесников Анатолий Аркадьевич – e-mail: anatoly.kolesnikov@gmail.com; тел.: 88634360707; кафедра синергетики и процессов управления; заведующий кафедрой; д.т.н.; профессор.

Veselov Gennady Evgen'evich – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: deanfib@tti.sfedu.ru; 2, Chekhov street, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634360450; college of informational security; dean.

Kolesnikov Anatoly Arkad'evich – e-mail: anatoly.kolesnikov@gmail.com; phone: +78634360707; the department of synergetics and control; head the department; dr. of eng. sc.; professor.

УДК 004.056:061.68

О.Б. Макаревич

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»

Рассмотрена комплексная система подготовки кадров по направлению «Информационная безопасность» в Южном федеральном университете. Работа ведется в следующих направлениях: подготовка специалистов, повышение квалификации и переподготовка кадров. Учебно-методическая деятельность при этом сопровождается научными исследованиями, в которых активно участвуют как преподаватели, так и студенты, аспиранты. Результатами данных исследований являются новые алгоритмы, методы, методики, комплексы программ, а так же оптимальные инженерно-технические решения по отдельным аппаратно-программным средствам, использование которых позволит решить многие проблемы в области защиты информации объектов информатизации.

Безопасность; подготовка кадров; защита информации; управление доступом; криптоанализ; компьютерные сети; повышение квалификации.