

5. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Научные основы техногенной безопасности. Науч. рук. Махутов Н.А. – М.: МГОФ «Знание». – 2015. – 936 с.
6. Махутов Н.А., Зацаринный В.В., Резников Д.О. Особенности статистических подходов при оценке статической прочности. Безопасность в техносфере. – 2014, №2. С.33-39.
7. Ржаницин А.Р. Расчёт сооружений с учётом пластических свойств материала. М.: Стройиздат. – 1954.
8. Когаев В.П., Махутов Н.А., Гусенков А.П. Расчёты деталей машин на прочность и долговечность: Справочник – М.: Машиностроение. – 1985.–224
9. Махутов Н.А., Резников Д.О., Зацаринный В.В. Два типа сценариев аварий в сложных технических системах. Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. №2, 2014. С. 28-41.
10. Прочность и ресурс ЖРД. Махутов Н.А., Рачук В.С., Гаденин М.М. и др. М.: Наука. – 2011. – 525 с.
11. Локальные критерии прочности, ресурса и живучести авиационных конструкций. Махутов Н.А., Гаденин М.М., Москвичёв В.В. и др. Новосибирск.: Наука. – 2017. – 600 с.
12. Анализ риска и повышение безопасности водо-водяных энергетических реакторов. Махутов Н.А., Гаденин М.М., Зацаринный В.В. и др.-М.: Наука. – 2009. – 449 с.

Сведения об авторах

Николай Андреевич Махутов – д.т.н., главный научный сотрудник Института машиноведения им. А.А.Благонравова РАН, тел. (499) 135 7771; e-mail: mibsts@mail.ru. Адрес: 101990, г. Москва, Малый Харитоньевский пер., д.4.

Владимир Васильевич Зацаринный – ведущий научный сотрудник Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, тел. 8-916 169 7569; e-mail: v.zatsar@mail.ru. Адрес: 101990, г. Москва, Малый Харитоньевский пер., д.4.

УДК 614.8

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОБЛЕМ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: СОСТОЯНИЕ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Доктор техн. наук **В.А. Акимов**, кандидат социолог. наук **С.Л. Диденко**
ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России

Представлены результаты междисциплинарных исследований проблем комплексной безопасности и обоснованы направления дальнейших исследований. Показано, что закрытые системы в принципе являются менее безопасными, нежели открытые, поскольку последним доступны ресурсы окружающей их среды, имеются источники и стоки вещества, энергии и информации. Поэтому самый лучший способ обеспечения безопасности лежит на пути самоорганизации и усложнения систем, а не на пути сохранения достигнутой системой сложности с помощью ее изоляции от внешней среды.

Ключевые слова: междисциплинарные исследования, комплексная безопасность, общая теория безопасности, термодинамика, синергетика, теория катастроф, чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера.

INTERDISCIPLINARY STUDIES OF PROBLEMS OF INTEGRATED SAFETY AND SECURITY: CURRENT SITUATION AND SOLUTIONS

Dr. (Tech.) *V.A. Akimov*, Ph.D. (Sociology) *S.L. Didenko*
FC VNII GOChS EMERCOM of Russia

The article presents the results of interdisciplinary studies of problems of integrated safety and security and outlines the areas for further research. It shows that closed systems are, in principle, less secure than the open ones, since the latter have access to resources in their environment, have sources of, and drains for matter, energy and information. Therefore, the best way to ensure safety and security is through systems' self-organization and sophistication, rather than by isolating the system from environment to maintain its current complexity.

Keywords: interdisciplinary studies, integrated safety and security, general theory of safety, thermodynamics, synergetics, catastrophe theory, natural and human-induced emergencies.

Проблемы комплексной безопасности России в течение последних 20-ти лет остаются в центре внимания руководства страны и являются одним из приоритетных направлений работы Совета Безопасности РФ, РАН, МЧС России, ведущих научных центров и вузов страны. При поддержке администрации Президента РФ с 1997 года ведется подготовка и издание многотомной серии «Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты». К ее работе было привлечено около 1000 специалистов, в которой обобщены актуальные отечественные достижения, современные разработки и мировой опыт по различным проблемам безопасности.

К настоящему времени издано более 50 томов указанной серии, посвященных фундаментальным и прикладным проблемам экономической, природной, техногенной, социальной, региональной, экологической, энергетической, продовольственной, транспортной, промышленной, ядерной, радиационной, информационной, биологической, психологической, национальной, международной и другим видам безопасности [1] и сводный том [2].

В сводном томе отмечается, что в результате глобальных военных, социальных, экономических, экологических, природных и техногенных катастроф, проблема обеспечения комплексной безопасности в полном объеме вошла в число междисциплинарных проблем современной цивилизации.

Проблема безопасности как междисциплинарная область научных знаний исследуется учеными МЧС России уже более 15-ти лет [3 - 6].

В научно-методическом труде [3] представлены приложения естественных, общественных, гуманитарных и технических наук к проблемам безопасности. В монографии [4] показана принципиальная возможность построения в рамках современной общенаучной картины мира фундаментального и междисциплинарного научного знания в области безопасности жизнедеятельности. Исследованию чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера современными методами математической теории катастроф посвящена монография [5]. В издании [6] рассмотрены научные основы общей теории безопасности жизнедеятельности и ее приложения к исследованию катастроф и стихийных бедствий.

В [7] рассматривается общенаучная методология исследований проблемы безопасности, акцентируя внимание на синергетическом подходе. Показано, что наиболее эффективный способ обеспечения безопасности лежит на пути самоорганизации, усложнения и повышения информационного содержания социальной системы, а не через ее защиту и изоляцию.

Кардинальным отличием синергетического подхода от традиционного термодинамического является рассмотрение сложных систем в качестве открытых в пространстве и времени, то есть взаимодействующих с окружающей средой и обменивающихся с ней веществом, энергией и информацией. При взаимодействии систем с внешней средой в системе уменьшается энтропия, протекают процессы самоорганизации и образования новых диссипативных структур.

В закрытых же системах идет только процесс непрерывной дезорганизации, хаотизации, разрушения изначально заданной структуры, что и установила классическая термодинамика, которую иногда называют теорией разрушения структур. Проблема безопасности как раз и связана с обеспечением сохранения структур от разрушительного или неблагоприятного воздействия внешних и внутренних возмущений.

С синергетической точки зрения закрытые системы в принципе являются менее безопасными, нежели открытые, поскольку последним доступны ресурсы окружающей их среды, имеются источники и стоки вещества, энергии и информации. Поэтому изоляция системы, использование защитных способов обеспечения безопасности — не самый эффективный механизм сохранения системы и поэтому такое обеспечение может быть лишь кратковременным, о чем свидетельствует история использования защитной идеологии обеспечения безопасности. Таким образом, безопасность — это первичная, базовая потребность, которая «вырастает» из свойства самосохранения сложных систем на пути их прогрессивной эволюции.

Синергетика изучает самосохранение систем в результате их эволюции не только в процессах самоорганизации, но и в противоположных процессах, негативно влияющих на системы [8]. Если самоорганизация — это процессы спонтанного перехода от хаоса к порядку и появления более сложных структур в открытых нелинейных системах, то самодезорганизация — это процессы перехода от порядка к хаосу, кризисным явлениям и катастрофам. Поэтому самый лучший способ обеспечения безопасности лежит на пути самоорганизации и усложнения систем, а не на пути сохранения достигнутой системой сложности с помощью ее изоляции от внешней среды.

Эволюция носит нелинейно-бифуркационный характер, и элементарный цикл развития происходит от одной бифуркации к другой. В зоне бифуркации усиливаются положительные обратные связи между системой и средой, происходит снижение устойчивости систем и появляется за счет случайной флуктуации возможность скачкообразного изменения траектории эволюции, ее ветвление на два или большее число возможных траекторий.

В процессе развития система не находится в стабильном состоянии, в ней происходят изменения, и она либо накапливает, либо теряет элементы и связи. Это приводит ее в неравновесное состояние, когда любое малое и случайное воздействие на систему может вызвать ее деградацию, либо выход на более высокий уровень устойчивости. То или иное состояние системы при выходе из зоны бифуркации зависит от того, под притяжение какого аттрактора попадает система.

В принципе эволюционный процесс может идти по двум основным сценариям:

сценарий прогрессивного развития, когда идет рост сложности, увеличение информационного содержания системы, которая вступает в бифуркационный период не в силу обострения внутренних противоречий, а благодаря воздействию тех или иных внешних факторов в открытой нелинейной среде;

сценарий деструктивного развития, когда кризисное состояние системы достигается благодаря как внешним, так и внутренним факторам, происходит разрушение объекта и последующее движение к хаосу более низкого структурного уровня.

Очевидно, что существует определенная мера (соотношение) между сохранением (безопасностью) системы и ее прогрессивным развитием, что связано с действием обратных связей. Положительная обратная связь приводит к неустойчивости, выходу на режим с обострением, усиливая внешние воздействия на систему, способствуя ее усложнению и росту информационного содержания. Отрицательные обратные связи ослабляют внешние воздействия, стабилизируют систему, способствуя сохранению ее квазиравновесия с окружающей средой. Таким образом, в зависимости от соотношения положительных и отрицательных обратных связей система движется по прогрессивной или регрессивной эволюционной траектории.

Очевидно, что настало время для создания науки о безопасности человека и окружающей среды. Сразу можно утверждать, что новая наука должна возникнуть на стыке всех ранее появившихся естественных и общественных наук [9].

Преимущественным типом объектов *современной (постнеклассической) науки* являются сложные системы, системы открытого типа, эволюционирующие объекты, человек, общество, биосфера и техносфера.

Сегодня физики и математики ввели в научный оборот и теоретически обосновали кардинальные концепции и понятия теорий самоорганизации материи — диссипативные структуры (Пригожин) [10, 11], синергетику (Хакен) [12, 13], теорию катастроф (Том, Арнольд) [14, 15] и др.

Самоорганизация — это процесс, в ходе которого создается, воспроизводится и совершенствуется организация сложной динамической системы. Система называется самоорганизующейся, если она стремится сохранить свои свойства и природу протекающих процессов за счет структурных изменений. Класс систем, способных к самоорганизации, — это открытые, нелинейные системы. Открытость системы означает постоянный обмен с окружающей средой веществом, информацией и энергией.

Выяснилось, что все разномасштабные самоорганизующиеся системы, независимо от того, каким разделом науки они изучаются, имеют единый алгоритм перехода от менее сложных и менее упорядоченных к более сложным и более упорядоченным состояниям. Тем самым открывается возможность единого теоретического описания подобных процессов во времени и пространстве.

Адекватная и полная реконструкция содержания общенаучной картины мира постнеклассической науки затруднена в связи с тем обстоятельством, что она находится в процессе становления. Тем не менее, целый ряд новых онтологических (сущностных) *принципов современной общенаучной картины мира* уже можно сформулировать [16]:

все реальные объекты и системы являются открытыми и постоянно обмениваются веществом, энергией и информацией;

изменения всех объектов и систем носят эволюционный, то есть направленный характер;

однозначный (линейный) характер поведения наблюдается только у устойчивых и способных полностью себя самовоспроизводить в некотором временном интервале систем;

любая система со временем становится неустойчивой и проходя точку бифуркации либо погибает, либо переходит в новое устойчивое состояние;

все сложные системы ведут себя вероятностным образом, в целом их поведение имеет нелинейный характер;

прогрессивное развитие систем в течение длительного времени возможно только за счет подкачки для них энергии извне;

человек, общество, биосфера, техносфера являются сложными системами, подчиняющимися законам функционирования открытых, диссипативных (неравновесных) и нелинейных систем.

В основе современной общенаучной картины мира лежит *синергетика* — междисциплинарное направление научных исследований, методы которой могут использоваться как в естественных, так и гуманитарных науках [17]. Происходит это слово от греческого «*synergeia*» — совместное действие, соактивность. Сегодня под синергетикой понимают междисциплинарную науку о самоорганизации — спонтанном (естественном) возникновении порядка из хаоса [18]. Основными источниками появления и развития синергетики были термодинамика и новый раздел математики, получивший название теория катастроф.

Одним из основных корней, из которых произрастает синергетика, является термодинамика — наука о тепловых процессах. В составе современной термодинамики выделяют более ранние и классические разделы, получившие название равновесная термодинамика, и более поздние и неклассические ее разделы, называемые обычно неравновесной термодинамикой.

В равновесной термодинамике основным является понятие термодинамического равновесия, т.е. такого состояния термодинамической системы, при котором она не обменивается материей и энергией с окружающей средой и не меняется во времени, то есть является изолированной и стационарной.

Равновесная термодинамика базируется на трех основных законах:

первый закон — это закон сохранения энергии (количество энергии в замкнутой системе остается постоянным, только переходит из одной формы в другую);

второй закон — закон неубывания энтропии (в изолированной системе энтропия не уменьшается, а только увеличивается до максимального значения, которое характеризует наиболее однородное состояние системы);

третий закон — закон недостижимости абсолютного нуля температур.

В неравновесной термодинамике рассматриваются процессы, в той или иной мере отклоняющиеся от термодинамического равновесия. Это прежде всего открытые системы, в которых второй закон термодинамики не выполняется.

В линейной неравновесной термодинамике такое отклонение еще невелико, что выражается в так называемом *принципе локального равновесия*, при котором термодинамическое равновесие сохраняется в достаточно малых частях системы. В этом случае термодинамические процессы могут быть описаны в форме линейных зависимостей присутствующих в системе потоков вещества или энергии от различных термодинамических сил, вызывающих эти потоки.

В работах Л. Онсагера и И. Пригожина была сформулирована идея некоторой величины, получившей название производство (продукция) энтропии, к минимизации которой стремится стационарная термодинамическая система в случае небольших отклонений от состояния равновесия.

Производство энтропии — это величина скорости изменения энтропии, так что стационарная система стремится минимизировать скорость изменения энтропии, максимально приближаясь в этом к состоянию термодинамического равновесия, когда производство энтропии равно нулю. Более того, стационарное состояние с минимумом производства энтропии оказывается термодинамически устойчивым состоянием, т.е. происходит погашение малых отклонений (флуктуаций), удаляющих систему от этого состояния.

В нелинейной неравновесной термодинамике отклонение от состояния равновесия может быть достаточно значительным [19]. Здесь уже нельзя пользоваться линейными соотношениями между потоками и силами, перестает выполняться принцип локального равновесия. Неравновесие присуще не только системе в целом, оно проникает и на уровень малых частей системы.

Тем не менее, было обнаружено, что как раз в такого рода далеко отстоящих от равновесия состояниях спонтанно возникают различные упорядоченные структуры, которые

способны поддерживать свое состояние только в высоконеравновесных условиях. Такие структуры были названы диссипативными структурами (диссипация — рассеяние энергии): это структуры в открытых системах, в которых в ходе неравновесного процесса из пространственно-однородного состояния самопроизвольно (спонтанно) возникает пространственная или временная структура. В таких системах обычно локально энтропия уменьшается, хотя глобально она по-прежнему растет.

В нелинейной неравновесной термодинамике существует ряд типичных примеров возникновения и существования диссипативных структур [20]. Это:

1) переход ламинарного (спокойного) течения жидкости в турбулентное (вихревое). Хотя внешне кажется, что турбулентное движение представляет собой потерю всякой упорядоченности, на деле оказывается, что здесь обнаруживается более сложный порядок;

2) возникновение ячеек Бернара. Если поставить на огонь сковородку с налитым в нее минеральным маслом, то при определенной температуре в масле возникнут красивые гексагональные ячейки, вызванные конвенцией (циркуляцией) масла между более горячим и менее плотным нижним слоем и более холодным и более плотным верхним слоем масла;

3) возникновение когерентного излучения в лазере, когда, после первоначального хаотического излучения и начиная с некоторой мощности накачки, атомы вещества начинают излучать фотоны одной фазы, что выражается в возникновении мощного пучка лазерного излучения;

4) реакция Белоусова-Жаботинского, выражающаяся в красивой пространственной организации химических реакций, которая особенно заметна при окрашивании среды в различные цвета, в зависимости от состава реагирующих компонентов;

5) модель «хищник—жертва», описывающая периодические процессы зависящих друг от друга численностей популяций двух биологических видов, один из которых выступает как хищник, другой — как его жертва. Нарастание численности хищников приводит к последующему падению численности жертвы, что затем сказывается в падении численности хищника, что впоследствии позволяет размножиться жертве, что, в свою очередь, влечет увеличение численности хищника, который уменьшает численность жертвы... и так далее, процесс начинает циклично повторяться.

На последнем примере мы видим, что нелинейная неравновесная термодинамика начинает порождать некоторые общие методы рассмотрения процессов самоорганизации, которые выходят за границы только тепловых процессов.

Знаменательно, что для синергетики, которая выходит за границы только тепловых процессов, уже не удастся сформулировать принцип, подобно принципу минимума продукции энтропии, как в случае линейной неравновесной термодинамики.

При такой трактовке синергетика оказывается шире даже нелинейной неравновесной термодинамики, распространяя свои принципы на любые динамики, в том числе разного рода субъектные динамики био-психо-социальных процессов, в которых важную роль могут играть разного рода «целевые критерии» — критерии достижения тех или иных субъектных целей.

Математический аппарат синергетики [21] предполагает описание различных систем — физических, химических, биологических, экономических, социальных. Для этого синергетике нужен достаточно универсальный язык. Одно из основных понятий такого языка — понятие «фазовое пространство» или «пространство состояний» системы.

В общем случае, при изучении самых различных систем может оказаться, что состояние системы возможно описать некоторым набором параметров, или степеней свободы.

Например, чтобы описать механическую систему из N точек, нужно описать положение каждой точки в пространстве и ее скорость. Положения и скорости — это вектора в трехмерном пространстве, и каждый такой вектор представляет собой три числа в неко-

торой системе координат. Следовательно, на каждую точку придется три числа вектора положения и три числа вектора скорости — всего 6 чисел. Для описания N точек потребуется в этом случае $6N$ чисел. Каждое из этих чисел будет степенью свободы системы в $6N$ -мерном фазовом пространстве. Чтобы описать систему «хищник—жертва», достаточно две степени свободы — численность популяции хищника и численность популяции жертвы.

Таким образом, синергетика работает с некоторыми абстрактными пространствами, каждая точка которых — это не обязательно положение в пространстве, но общее состояние системы. В качестве координат в таких пространствах выступают некоторые степени свободы — параметры, на основе которых может быть однозначно описано каждое состояние системы. Такое пространство называется пространством состояний системы.

Хотя пространства состояний не обязательно являются геометрическими пространствами (например, они могут иметь число измерений более трех), но эти пространства можно пытаться изучать так, словно они являются геометрическими пространствами.

Например, обычно та или иная синергетическая система может принимать не все возможные состояния в пространстве состояний, но только лишь некоторую их часть. Это связано с наложением каких-либо ограничений, например, законов или правил, на возможное поведение системы. Обычно такие части пространств, в которых система может принимать свои состояния, называют поверхностями, по аналогии с геометрическими поверхностями. Система в этом случае принимает свои состояния, находящиеся только на поверхности. Она может быть представлена как точка, движущаяся по поверхности.

В этом случае обычно оказывается, что все параметры системы можно разделить на два класса — управляющие (независимые) и управляемые (зависимые). Управляющие параметры системы — это такие ее параметры, которые можно менять независимо от остальных параметров, через них можно как бы управлять поведением всей системы в целом, в то время как управляемые параметры оказываются зависимыми от управляющих параметров, меняются вслед за их изменением таким образом, чтобы состояние системы всегда находилось на соответствующей поверхности.

В связи с этим оказалось, что теория поверхностей в абстрактных многомерных пространствах тесно связана с описанием поведения различных систем в синергетике. Первые фундаментальные результаты в этой области были получены американским математиком Хасслером Уитни, который развил теорию особенностей [22].

Представим себе трехмерное пространство с координатами XYZ , в котором расположена сфера. Построим проекцию этой сферы на координатную плоскость XY (см. рис. 1).

Тогда все точки на плоскости проецирования XY можно разбить на три класса, в зависимости от того, сколько прообразов имеют эти точки на сфере.

Точки вне круга имеют 0 прообразов. Точки на границе круга — 1 прообраз (эти прообразы лежат на «экваторе» сферы). Наконец, точки внутри круга имеют по два прообраза — один на нижней, второй — на верхней полусфере. В этом случае особенностью под названием «складка Уитни» будет являться то множество точек на сфере, проекции которых на плоскости проецирования XY разделяют области точек с разным числом прообразов. В данном случае это будет «экватор» сферы. Именно его проекция на плоскость XY образует окружность, разделяющую области с нулевым и двойным числом прообразов на сфере.

Еще одним примером широко распространенной особенности является так называемая «сборка Уитни» (см. рис. 2). В этом случае на поверхности образуется область изогнутой деформации, передне-верхний и задне-нижний край которой образуют особенность, разделяющую множества точек на плоскости проецирования с одним и тремя прообразами (в проекции самой особенности лежат точки с двумя прообразами).

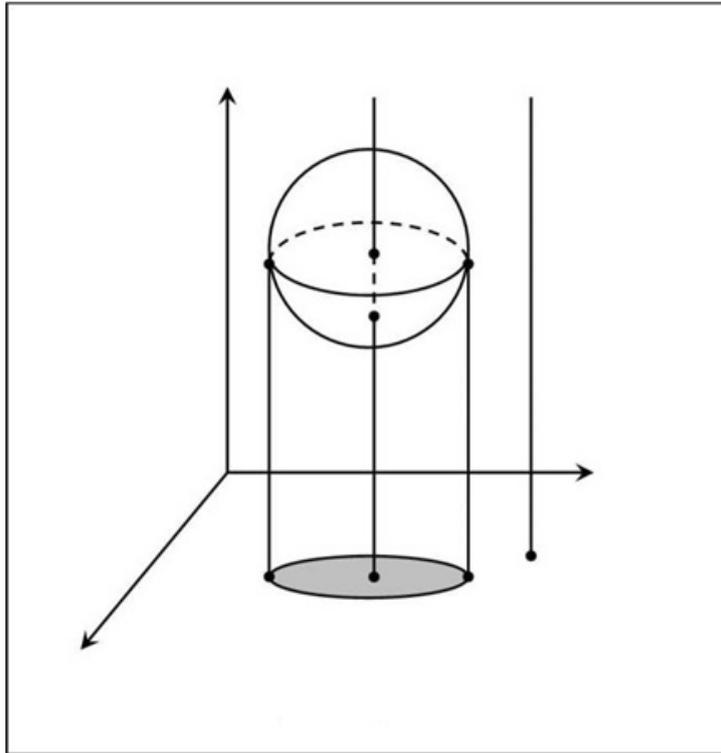


Рис. 1. Складка Уитни

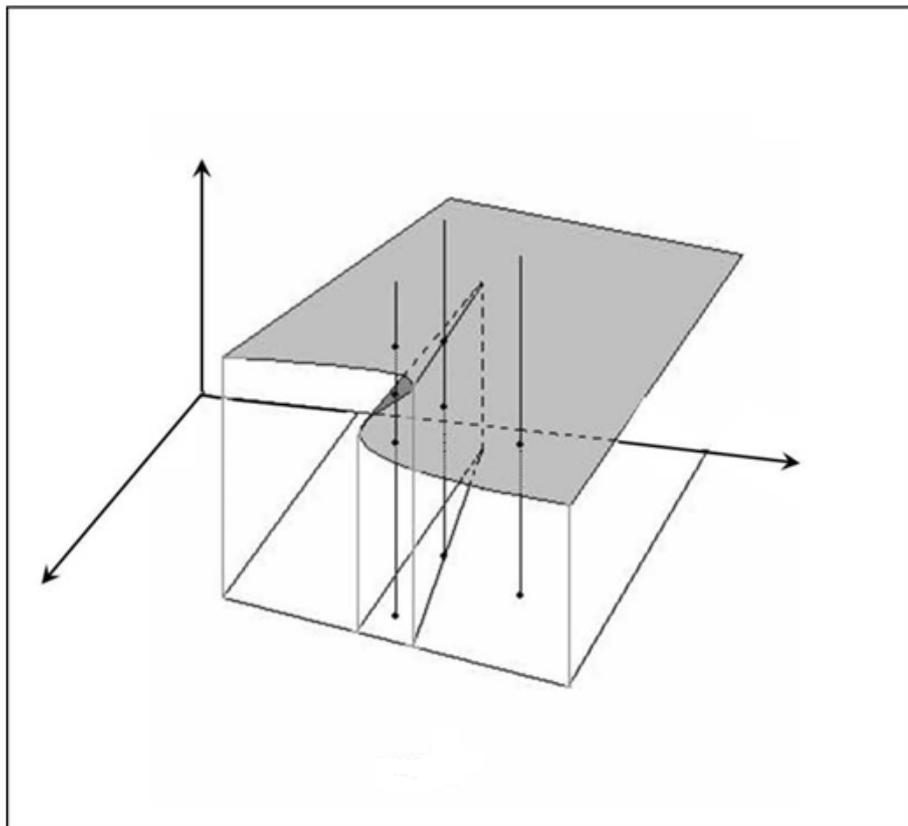


Рис. 2. Сборка Уитни

Самое интересное и сложное в поведении синергетической системы — это наличие разного рода скачков, или катастроф, когда система, при непрерывном изменении управляющих параметров резко и скачком меняет значение управляемых параметров. Оказалось, что такого рода катастрофы удается описывать как процессы пересечения особенностей на поверхности состояний системы. В этом случае управляющие параметры принадлежат плоскости проецирования поверхности, а управляемые параметры испытывают бифуркацию, выбирая из множества прообразов на поверхности один из нескольких прообразов. Поверхности могут быть деформированы, и если система попадает в область деформации, то она качественно, скачком меняет свои состояния, возникают катастрофы, которые можно предсказать, только исследуя эти особенности.

Математический аппарат синергетики имеет дело с различными фазовыми пространствами, эволюция динамической системы в которых обычно описывается той или иной системой дифференциальных уравнений. Эволюционный процесс может быть изображен как траектория в фазовом пространстве (фазовая кривая), производная этой кривой представляет собой фазовую скорость.

В этом случае положением равновесия системы называется точка фазового пространства, в котором фазовая скорость равна нулю. Положения равновесия могут быть устойчивыми или неустойчивыми, в зависимости от того, будут ли компенсироваться со временем небольшие отклонения системы от положения равновесия. Графическое представление фазовых траекторий вблизи положений равновесия носит название фазового портрета.

В фазовом пространстве могут существовать такие множества точек, к которым со временем стремятся фазовые траектории. Такие множества точек называются аттракторами — центрами притяжения системы. Самый простой аттрактор — точка в фазовом пространстве, к которой стремится состояние системы. Такой аттрактор называется фокусом.

В качестве аттракторов могут выступать устойчивые состояния равновесия или, например, предельные циклы — замкнутые кривые в фазовом пространстве, попав на которые, точка начинает как бы вращаться по этим кривым. Внешне такие вращения выражаются в разного рода колебаниях параметров системы, например, в колебаниях численности популяций хищника и жертвы.

Особо выделяются так называемые странные аттракторы. Они представляют собой множество точек со сложной геометрией, попав в которое, фазовая кривая навсегда остается в этом множестве, но очень сложно ведет себя в нем. Странные аттракторы представляют собой фрактальные структуры [23]. Попадая в них, фазовая кривая начинает сложно блуждать, со временем бесконечно близко подходя к любой точки фрактала, и в то же время две разные фазовые кривые очень быстро расходятся внутри странного аттрактора, даже если вначале они были близки. Из-за последнего свойства резко затруднены предсказания точного поведения фазовой кривой внутри странного аттрактора — небольшие отклонения от известной траектории здесь могут повести к непредсказуемым особенностям поведения внутри аттрактора. Именно с этим связаны, например, трудности предсказания погоды в современной метеорологии и, соответственно, опасных природных явлений и катастроф.

Таким образом, к составным частям современной синергетики можно отнести следующие теории:

1. Статистическая физика в приложении к описанию существенно неравновесных процессов, в рамках которой создаются кинетические модели, определяются параметры, необходимые для ее описания, выявляются корреляции, крупномасштабные флуктуации, устанавливаются закономерности перехода в состояние равновесия.

2. Неравновесная термодинамика в приложении к изучению стационарных состояний, сохраняющих устойчивость в определенном диапазоне внешних условий, поиск условий самоорганизации, то есть возникновения упорядоченных структур из неупорядоченных при диссипации энергии.

3. Теория динамического хаоса, исследующая сверхсложную, скрытую упорядоченность поведения наблюдаемой системы.

4. Теория катастроф, базирующаяся на нелинейных дифференциальных уравнениях, определяющих состояния, далекие от равновесия и зависящие от входящих параметров. С ее помощью определяются границы устойчивости и изменения структуры состояний.

5. Теория фракталов, изучающая сложные самоподобные структуры, возникающие в результате самоорганизации.

При рассмотрении перспектив развития синергетики можно ожидать, что эта наука окажется полезной при дальнейшем развитии концепции устойчивого развития и создании общей теории безопасности.

Одной из основных технологий постнеклассической картины мира становится методология прогноза кризисов и катастроф современной цивилизации. Прорыв в этой области может быть связан с развитием общей теории безопасности, которая позволит с единой точки зрения взглянуть на сложные системы, в которых возможны редкие, но катастрофические события: стихийные бедствия и техногенные катастрофы, мировые войны и экономические кризисы.

Литература

1. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. – М.: МГОФ «Знание», 1998–2018, тт. 1–52.
2. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Фундаментальные и прикладные проблемы комплексной безопасности. – М.: МГОФ «Знание». - 2017. – 992 с.
3. Акимов В.А., Владимиров В.А., Измалков В.И. Катастрофы и безопасность. – М.: МЧС России. - 2006. – 392 с.
4. Акимов В.А. Междисциплинарные исследования проблем безопасности. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). - 2017. – 136 с.
5. Акимов В.А. Общая теория безопасности жизнедеятельности в современной научной картине мира. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). - 2018. – 136 с.
6. Акимов В.А., Диденко С.Л., Смирнов А.С. Научные основы общей теории безопасности жизнедеятельности / Под ред. А.П. Чуприяна. – М.: МЧС России. - 2019. – 252 с.
7. Урсул А.Д. Синергетический подход к исследованию безопасности // Вопросы безопасности. – 2012. – № 2. С. 1–47.
8. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Синергетика: нелинейность времени и ландшафты коэволюции. – М. - 2007.
9. Ярочкин В.И. Секьюритология: наука о безопасности жизнедеятельности. – М.: Ось-89. - 2000. – 400 с.
10. Пригожин И., Стенгерс И. Время. Хаос. Квант: К решению парадокса времени. Изд. 8-е. – М.: Едиториал УРСС. - 2014. – 240 с.
11. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. Изд. 7-е. – М.: Едиториал УРСС. - 2014. – 304 с.
12. Хакен Г. Синергетика: Принципы и основы. Изд. 2-е. – М.: УРСС: ЛЕНАНД. - 2015. – 448 с.
13. Хакен Г. Синергетика: Перспективы и приложения. Изд. 2-е. – М.: УРСС: ЛЕНАНД. - 2015.
14. Том Р. Особенности дифференцируемых отображений. – М.: Мир. - 1968. – 268 с.
15. Арнольд В.И. Теория катастроф. Изд. 7-е. – М.: ЛЕНАНД. - 2016. – 136 с.

16. Моисеев В.И. Философия науки. Философские проблемы биологии и медицины. – М.: ГЭОТАР-Медиа. - 2015. – 584 с.
17. Малинецкий Г.Г. Пространство синергетики: Взгляд с высоты. – М.: ЛИБРОКОМ. - 2017. – 248 с.
18. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б. Нелинейная динамика и хаос: Основные понятия. – М.: ЛИБРОКОМ. - 2018. – 240 с.
19. Малинецкий Г.Г. Нелинейность в современном естествознании. – М.: ЛКИ. - 2016. – 424 с.
20. Назаретян А.П. Нелинейное будущее. Мегаистория, синергетика, культурная антропология и психология в глобальном прогнозировании. – М.: АРГАМАК-МЕДИА. - 2017. – 512 с.
21. Малинецкий Г.Г. Математические основы синергетики. Изд. 8-е. – М.: ЛЕНАНД. - 2017. – 312 с.
22. Уитни Х. Геометрическая теория интегрирования. – М.: Иностранная литература. - 1960. – 536 с.
23. Федер Е. Фракталы. Изд. 2-е – М.: Едиториал УРСС. - 2014. – 264 с.

Сведения об авторе

Акимов Валерий Александрович: профессор, заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), e-mail: akimov@vniigochs.ru SPIN-код – 8120-3446.

Диденко Сергей Леонидович, начальник ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России, р.т. 8 (495) 445-44-45, e-mail: vniigochs@vniigochs.ru.

УДК 355/359.07

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД ОБОСНОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ШТАТНЫХ СТРУКТУР ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ СПАСАТЕЛЬНЫХ ВОИНСКИХ ФОРМИРОВАНИЙ МЧС РОССИИ И ИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Доктор техн. наук *В.А. Седнев, П.А. Аляев*
ФГБОУ ВО «Академия государственной противопожарной службы МЧС России»

А.В. Седнев
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)

Предложен научно-методический подход обоснования организационно-штатных структур спасательных воинских формирований МЧС России на примере пиротехнических подразделений.

Ключевые слова: задачи пиротехнических подразделений спасательных воинских формирований МЧС России, система управления подразделением.