

Бродский Юрий Игоревич
Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»
Российской академии наук,
Москва, Российская Федерация
yury_brodsky@mail.ru

Социальные системы с точки зрения геометрической теории поведения

Аннотация. Чем может быть полезна математика для социологии, кроме методов обработки экспериментальных данных? В данной работе для социологического дискурса предлагается язык, родившийся в результате моделирования сложных систем с помощью структурной теории, средствами математики и информатики. Достоинствами этого языка являются математическая однозначность и развитые средства типизации, позволяющие различать сущности, которые часто смешиваются, когда дискурс ведется на естественном языке.

Ключевые слова: социальные системы; сложные системы; структурная теория; геометрическая теория; поведение; морфизмы; инварианты, сохранение законов

Brodsky Yury Igorevich
Federal Research Centre “Computer Science and Control”
of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russian Federation
yury_brodsky@mail.ru

Social systems from the geometric theory of behavior point of view

Abstract. How can mathematics be useful for sociology, in other ways than experimental data processing methods? In this paper, we propose a language for sociological discourse that was born during the complex systems modeling, using structural theory, mathematics and computer science. The advantages of this language are mathematical unambiguity and advanced typification tools that allow us to distinguish between entities that are often mixed when the discourse is conducted in natural languages.

Keywords: social systems; complex systems; structural theory; geometric theory; behavior; morphisms; invariants; conservation of laws

Гуманитарное и естественнонаучное знание

Прежде всего попробуем разграничить области естественнонаучного и гуманитарного знания в духе одного из учителей автора, члена-корреспондента РАН, Ю. Н. Павловского [Белотелов, 2009]. Будем относить изучаемый объект к естественнонаучной области, если существует его общепризнанная адекватная математическая модель. Если таковой нет, но есть возможность собрать группу экспертов, работающих в предметной области изучаемого объекта и способных адекватно описывать и предсказывать его свойства, динамику, историю – отнесем

изучаемый объект к гуманитарной области. Есть, конечно, и третья область, не пересекающаяся с вышеупомянутыми двумя. Ею занимаются религии, эзотерика, различные «паранормальные» науки. Границы областей подвижны: математизация успешно проникает в области, еще сто лет назад относившиеся к описательным наукам. В данной работе мы попытаемся в том числе дать информатико-математические модели или интерпретации и некоторым религиозным положениям.

Вслед за своими учителями, Ю. Н. Павловским и его учителем, академиком Н. Н. Моисеевым, автор считает, что гуманитарная область гораздо сложнее для изучения, нежели естественнонаучная. Для тех, кто считает, что если ребенку в школе не дается математика, то это у него гуманитарный склад ума, приведем цитату одного из видных математиков XX века, Джона фон Неймана: «Если люди не верят, что математика – это просто, то лишь потому, что не осознают, насколько сложна жизнь».

Почему гуманитарная область сложнее? На этот счет у нас есть по крайней мере два соображения. Первое – это знаменитая теорема Геделя о неполноте формальных систем, включающих арифметику. На естественный язык её хорошо переводит замечательный афоризм Н. Бора: «Есть истины двух типов: тривиальные, отрицать которые бессмысленно, и глубокие, отрицания которых – также глубокие истины». С подобной великой истиной математика впервые всерьез столкнулась лишь в XIX веке, в связи с работами Н. Лобачевского, Я. Бояи, К. Гаусса по неевклидовым геометриям. (Конечно, в области Пятого постулата трудились многие, но до Н. Лобачевского это все были попытки его доказать или опровергнуть.) Гуманитарный дискурс, на наш взгляд, посвящен, в основном, именно таким «великим истинам» еще с глубокой древности. Достаточно вспомнить диалог «Парменид» Платона, где молодой Сократ обсуждает с маститыми Элейскими софистами вопрос о единственности или множественности этого мира.

Второе соображение отчасти продолжает первое. Естественные языки часто оказываются неприспособленными для дискурса о столь глубоких истинах. Прежде всего, на наш взгляд, им не хватает средств типизации, т.е. средств для различения сущностей, которые следовало бы в дискурсе различать. Смешивание разных понятий в дискурсе может приводить к его неплодотворному «заикливанию», может также приводить к парадоксам. Например, один из участников упомянутого выше диалога, ученик Парменида, Зенон Элейский знаменит своими апориями. Одна из них – Ахиллес и черепаха. Возможно, Зенон не знал, как суммировать геометрическую прогрессию (хотя еще в Египте это умели), возможно, специально придумывал парадокс, но многие поколения, воспринимали этот парадокс достаточно серьезно, в первую очередь из-за того, что не имели языка, на котором можно все разложить по полочкам. Современный первокурсник технического ВУЗа, прослушав теорию рядов, такой язык имеет и сразу скажет, что из того, что Ахиллес не догоняет черепаху на бесконечном количестве построенных Зеноном отрезков своего пути, вовсе не следует, что он **никогда** не догонит её. На самом деле, сумма всех этих отрезков конечна и равна

расстоянию от начала пути Ахиллеса, до точки, где он поравняется с черепахой, а бесконечная сумма отрезков времени прохождения им соответствующих отрезков пути – тоже конечна и как раз равна времени, за которое Ахиллес догонит черепаху. То, чем можно было заморочить голову древнему греку, не годится для современного первокурсника – «технаря», так как его язык богаче – в нем появились средства типизации, чтобы сказать, что не всякая бесконечность бесконечна во всех своих отношениях, – есть такие бесконечности, которые в некоторых смыслах конечны. То же самое об апории Зенона про летящую стрелу. Любой современный студент, имеющий за плечами курс теоретической механики, сразу бы уточнил, в какой системе координат рассматривается стрела, и далее разложил бы все по полочкам, так как в его распоряжении есть язык, имеющий эти «полочки». Координаты отвечают за положение стрелы в системе, их производные по времени – за скорость её движения относительно системы координат, вторые производные пропорциональны силе, действующей на стрелу, а если эта сила переменна – имеет смысл рассматривать и более старшие производные. Парадокс есть, только если софисты совсем заморочили голову, и в ней смешались между собой все эти понятия. Такова же природа и парадоксов «наивной» теории множеств, и все способы их преодоления – это ужесточение существовавшей в ней типизации. На этом подробно останавливаться не будем, отметим лишь, что математика развивает свой язык, разрешая парадоксы, и приведем интересную работу, в которой средства информатики указывают на недопустимость смешивания типов в «парадоксе брадобрея» [Гурьянов, 2014].

Что же может дать математика для развития языка гуманитарного дискурса? Попытки в этом плане предпринимались достаточно давно и одной из них была известная «Этика» Б. Спинозы [Спиноза, 2001]. Автор не считает этот опыт успешным и достаточно подробно писал об этом в работе [Бродский, 2016]. Здесь кратко скажем почему: Б. Спиноза был очарован строгостью изложения и непреложностью доказательств в «Началах» Евклида (нужно отметить, что другой математики в Европе его времени и не было, – вряд ли он был в курсе работ Арабов). Спиноза захотел сделать философский дискурс не хуже «Начал» Евклида. Для этого он выбрал аксиомы и дал определения сущностям, с которыми собрался работать (на взгляд автора, пафосно и в отрыве от какой бы то ни было предметной области), после чего, начал строить на этой основе аксиоматическую теорию. Теория также оказалась оторванной от реальности, так как унаследовала это от выбранных аксиом и определений. Непреложности тоже не получилось, так как совсем не очевидно, что выбранные определения нельзя изменить. Беда здесь в том, что несмотря на то, что строгие доказательства так очаровали Б. Спинозу, доказательства вовсе не есть суть математики, а лишь её технические средства, хотя и достаточно важные. Суть на наш взгляд, – в выявлении структур в кажущемся хаосе базисных множеств. Как сказал один из великих математиков всех времен и народов, А. Пуанкаре: «Математика есть искусство называть разные вещи одним и тем же именем». В этом смысле настоящей

математикой являются окна Овертона, о которых далее тоже пойдет речь, а также, например, принцип конкурентного исключения Г. Ф. Гаузе в экологии, хотя эти вещи были сформулированы гуманитарно и никаких формул и доказательств там нет.

В данной работе делается попытка перенести язык структурных исследований сложных открытых многокомпонентных систем на исследования в область систем социальных, большинство которых несомненно являются и сложными, и открытыми, и многокомпонентными.

Сложные системы

Определим что такое сложная система перечислением её ключевых свойств.

- Фрактальность. Это означает, что компоненты сложной системы могут сами быть сложными системами [Бусленко, 1978].
- Открытость и неравновесность. Сложная система диссипативна [Николис, Пригожин, 1979], она обменивается с окружающей средой материей, энергией и информацией и далека от термодинамического равновесия.
- Динамическое равновесие. Вместо термодинамического равновесия сложная система обычно находится в динамическом равновесии, которое можно охарактеризовать фразой: «Для того чтобы система работала, она должна работать». Чтобы привести систему в это состояние, нужно затратить энергию – потенциал динамического равновесия. Находясь в динамическом равновесии, система способна поддерживать его и далее, тратя на это часть своей мощности [Бродский, 2009].
- Поведение. Сложная система обладает поведением, т.е. способностью известным образом реагировать на известные события внутренней и внешней среды [Бродский, 2018].
- Три мира. По-настоящему сложная система есть не просто совокупность материальных объектов (куча кирпича – еще далеко не дом). Важную роль играет её информационная составляющая, – структура и программы, упорядочивающая материальную. Также важен набор идей-аксиом, определяющий цели, задачи и методы системы. Рассмотрение сложных систем в этих трех аспектах известно со времен Платона, но в Новое время считалось идеализмом [Бродский, 2016].

В работе [Бродский, 2013] была развита теория модельного синтеза, обосновывающая сквозную технологию описания, синтеза и программной реализации моделей сложных агентных систем. Модельный синтез формализует понятие обладающего поведением агента – элементарной сложной системы. Это не очередная эвристическая конструкция, а следствие необходимых для моделирования условий, – в первую очередь, гипотезы о замкнутости модели. Там же указаны близкие к необходимым достаточные условия возможности построения модели – своего рода теорема о существовании.

Универсальный агент, называемый в модельном синтезе моделью-компонентой, обладает следующими двумя важнейшими свойствами:

- Организация имитационных вычислений представителей семейства моделей-компонент однотипна для всего семейства, поэтому может выполняться одной и той же компьютерной программой, притом ориентированной на параллельные вычисления.

- Семейство моделей-компонент замкнуто относительно операции объединения конечного числа моделей-компонент в модель-комплекс.

Указанные свойства позволяют строить сложные фрактальные агентные системы, не заботясь о том, как потом организовать их вычисления.

Семейство моделей-компонент описано как род структуры в смысле Н. Бурбаки [Бурбаки, 1965]. Почему роды структур? Описание рода структуры состоит из трех разделов: базисные множества; соотношения типизации; аксиомы.

Эти три раздела рода структуры как раз и представляют упомянутые «три мира», в которых предлагалось рассматривать сложные системы. Первый раздел – основные базисные множества – это «материальный мир» рода структуры, в котором она находит воплощение, но от которого достаточно независима, так как он подлежит преобразованиям (морфизмам). Второй раздел – соотношения типизации – собственно и определяет структуру на базисных множествах. Он из мира информатики и определяет, как взаимодействуют между собой элементы базисных множеств. Наконец, третий раздел – аксиомы – принадлежат «миру идей». Язык родов структур хорош и для описания открытых систем: он ориентирован на перенесение соотношений типизации при морфизмах базисных множеств. Переменный состав открытой системы можно описывать сохраняющими структуру морфизмами.

Важным следствием модельного синтеза является то, что практически любой сложной агентной системе: стране, театру боевых действий, холдингу, заводу, университету, политической партии, социальному слою, можно сопоставить, хотя бы в качестве мысленного эксперимента, математический объект – модель-компоненту.

Можно сказать, что теория модельного синтеза для проекции этого мира в мир систем, обладающих реактивным поведением, решает проблему уже упоминавшегося диалога «Парменид»: все – модель-компонента, и любой агент, и любой комплекс агентов, и любой комплекс комплексов, и комплекс всего на свете (конечно, лишь как мысленный эксперимент). Таким образом, эту теорию можно считать математической моделью и интерпретацией (конечно, на более упрощенном и низком уровне, как и всякая модель) знаменитой фразы мистиков всех времен и народов: «Одно во всем и все в одном».

Геометрическая теория

Популярность геометрических теорий началась с Эрлангенской программы Ф. Клейна. Молодой (23 года) Феликс Клейн, защитив докторскую диссертацию, по существовавшим тогда в Германии правилам, не мог получить должность профессора по месту защиты. Ему предложили кафедру в г. Эрлангене, куда он и отбыл в 1872 г.

Его первое выступление перед сотрудниками кафедры, где он предложил программу классификации существовавших тогда геометрий и стало известно, как Эрлангенская программа. Желаясь познакомиться с этой темой подробнее, можно предложить достаточно популярную книгу [Комацу, 1981]. Мы же, памятуя что данная статья не математическая, а о математических методах в гуманитарной области, попробуем проиллюстрировать суть геометрических (в смысле Эрлангенской программы) методов по-другому.

Возьмем стихотворение и начнем менять в нем слова. Такие замены будем называть **морфизмами**. Что у нас получится? Если слова-заменители будут произвольны – скорее всего то, что с полным правом можно назвать ерундой. Между прочим, первый такой широко известный опыт – стих о Бармаглоте в «Алисе в Зазеркалье» Л. Кэрролла относится к 1871 г. – чуть раньше Эрлангенской программы. В этом стихотворении иногда еще остаются «нормальные» слова. Из этой серии знаменитая фраза академика Л. Щербы: «Глокая куздра штеко будданула бокра и кудрячит бокренка» и рассказы Л. Петрушевской «Пуськи бятые». Маленькие дети часто любят подобные стихи – для них звучание важнее смысла. Взрослые же, особенно не испорченные структурализмом, порой реагируют на отсутствие смысла очень бурно, вспомним столкновение Н. С. Хрущёва с авангардистами в начале 60-х. – это было нечто – первый перформанс в СССР, который вспоминают до сих пор, в отличие от большинства работ той выставки.

Тем не менее, дети растут и начинают понимать (хотя, скорее всего, и не зная терминов), что чтобы стихотворение осталось стихотворением, слова нужно заменять не как попало. Должны сохраняться некоторые **инварианты**: рифма, ритм, размер. Далее, более взрослые дети учатся как выбирать слова, чтобы стихотворение оставалось осмысленным при морфизмах слов. Формальный способ, как это делать, автору неизвестен (на наш взгляд, это пример гуманитарного знания), хотя в детстве ему приходилось достаточно успешно этим заниматься – в нашем дворе почему-то больше всего досталось стихотворению С. Михалкова «А что у вас?».

Дети растут дальше, осваивают и инварианты и даже смыслы, и начинают шалить. Так, например, известны парафразы «Евгения Онегина», написанные в стиле И. Баркова. Мы видим, что морфизмы могут полностью изменить и форму, и исходный смысл стихотворения, причем, в том числе, в нежелательном направлении. Сохранить форму нам помогли инварианты: рифма, ритм, размер. Возможно, какие-то иные инварианты будут способны удерживать смысл в заданных рамках – об этом пойдет речь далее.

В заключение параграфа заметим, что в отношении широкого класса сложных систем, в том числе и социальных, все обстоит гораздо сложнее. Экспериментируя со стихотворением, мы заменяем слово, когда хотим (можем и не заменять) и ищем ему замену, пока не найдем достойную, – никто нас не торопит. В реальных социальных системах замена их слов (базисных множеств их структур) происходит как данность,

помимо нашей воли. Иногда регулярно, например, состав призывников любого подразделения Российской армии обновляется раз в полгода наполовину. Если же армия ведет боевые действия, состав её подразделений может существенно обновляться на временах порядка неделя – месяц. Бакалавриат ВУЗа – обновляется раз в год на четверть; магистратура – раз в год наполовину. В стране примерно раз в 25–30 лет меняются поколения. Иногда нерегулярно – наемный работник предприятия может уволиться в любой момент (если иное не оговорено в его трудовом договоре). Все заменяющие имеют поведение, вообще говоря, отличное от тех, кого заменяют. Возникает серьезная социальная задача, которую в терминах наших экспериментов со стихами можно сформулировать так: как при таких неизбежных заменах, не скатиться со временем от «Евгения Онегина» к барковщине на его тему.

Морфизмы и инварианты

Итак, вместо стихотворения предыдущего параграфа, у нас есть математический объект – структура в смысле Н. Бурбаки рода «модель-компонента». Как мы уже говорили раньше, она трехсоставна. Ее физический мир или мир реализаций – это её базисные множества, в которых она реализуется. Это аналог слов в стихотворении. Информационный мир структуры – её основа – это соотношения типизации, задающие определенные отношения между базисными множествами. Аналог в стихотворении – размер, ритм, рифма. Наконец идейный мир структуры – это её аксиомы (инварианты) – то, что остается неизменным при морфизмах базисных множеств. Класс возможных преобразований базисных множеств, даже если его ограничить изоморфизмами (взаимно-однозначными отображениями) и даже если потребовать от них непрерывности в какой-либо топологии, – обычно все равно слишком широк («Онегин» может легко превратиться в барковщину). Инварианты сужают этот класс. Каждый из них выделяет из всей группы морфизмов некоторую подгруппу, сохраняющую этот инвариант. Можно сказать, что инварианты (аксиомы) уточняют соотношения типизации. Например, в случае стихотворения мы можем потребовать писать непременно онегинской строфой или пятистопным ямбом.

Базисные множества модели-компоненты состоят из трех частей. Во-первых, это характеристики, как и у любой математической модели. Характеристики делятся на внутренние, полностью описывающие состояние модели, и внешние, полностью описывающие влияния внешнего мира на модель. Характеристиками исчерпывается виртуальный мир модели. У большинства математических моделей характеристиками исчерпывается базисное множество. У модели-компоненты все не так. Во-вторых, в базисные множества входят элементарные действия или «элементы» модели – её «умения». Элементы – это компьютерные программы, входными параметрами которых являются подмножества её характеристик, а выходными – подмножества внутренних характеристик. Считается, что внешние характеристики модели можно наблюдать в любой момент времени. В-третьих, в базисные множества входят

«события» – то, на что модель должна уметь реагировать. На самом деле, модель должна уметь реагировать на определенные сочетания характеристик, ибо ими исчерпывается её знания о мире. Событие – это компьютерная функция, входными параметрами которой является подмножество характеристик, а выходом – неотрицательное число. Если оно равно нулю – событие наступило, если положительно – это прогноз времени его наступления от текущего момента.

Что же из базисных множеств стоит подвергать морфизмам?

В первую очередь – элементы (элементарные действия), во вторую – события. Вместе изменение элементов и событий изменит поведение системы, ведь поведение – это способность заранее известным способом отвечать на заранее известное множество запросов внутренней и внешней среды (на самом деле – на известные сочетания значений характеристик). Как может изменяться поведение системы под влиянием морфизмов, покажем на примере окон Овертона.

Окна Овертона [A brief explanation of the Overton window] Джозеф Овертон, 1960–2003, американский юрист, политолог, инженер-электрик по бакалаврскому образованию, вице-президент Маккинакского центра публичной политики. Сам Джозеф Овертон называл их окнами дискурса. Окнами Овертона их стали называть после его трагической кончины в авиакатастрофе.

Окна Овертона предлагают технологию изменения общественного поведения, очень похожую на применение гомеоморфизмов (непрерывных в обе стороны изоморфизмов в категории топологических пространств). Работа этой технологии обычно иллюстрируется примером включения в общественный обиход чего-то совершенно немислимого ранее, например, людоедства.

Преобразование дискретизируется, разбивается на конечное число окон (обычно 6–7), так чтобы внутри каждого окна действия и высказывания не слишком отличались друг от друга по степени близости/дальности от существующих норм и в то же время постепенно подвели бы дискурс к следующему окну. Окна обычно называются следующим образом:

1. Немислимо.
2. Радикально.
3. Приемлемо.
4. Разумно.
5. Стандартно.
6. Политическая норма.

На взгляд автора, характерное время преобразований такого рода – 25–30 лет (время загрузки в нас бытовой культуры – нашей «операционной системы»). Причем это минимальное время при условии, что силы, обеспечивающие преобразование,

специально направлены на молодежь. Если такой специальной направленности нет, все растягивается еще на одно поколение, до 50–60 лет.

Не все социологи считают теорию окон Овертона научной. Некоторые говорят, что не видели на практике ни одной её реализации. По этому поводу автор напоминает, что А. Тьюринг, человек, имевший несомненные заслуги как перед британской короной, так и перед мировой наукой, был осужден в 1952 г. британским судом и доведен до самоубийства в 1954 г. за «грубую непристойность» (gross indecency). Нравы были таковы, что назвать гомосексуализм своим именем в суде было невозможно. Тем не менее через 15 лет гомосексуализм в Великобритании был декриминализован, а в настоящее время Великобритания относится к самым либеральным в отношении ЛГБТ странам. Прошло чуть больше 50 лет.

Еще одно критическое замечание, что многообразие индивидуальностей и социальных слоев не укладывается в концепцию окон Овертона, также несостоятельно. В языковой среде модельного синтеза есть индивидуальное поведение агентов (моделей-компонент самого низкого уровня), есть поведение общесистемное (комплекса самого высокого уровня), есть и поведение комплексов промежуточных уровней (например, социальных слоев). Морфизмы применимы, вообще говоря, к любой модели-компоненте, но обычно окна Овертона относят к общесистемному поведению. Ответ на это критическое замечание – классический пример того, как математическое моделирование расширяет язык дискурса в предметной области и может снять проблемы, возникающие вследствие недостатка средств типизации (смешивание индивидуального, коллективного и общесистемного поведения) естественного языка.

Инварианты. Приведенный выше пример убеждает, что ничем не ограниченные морфизмы могут завести систему очень далеко. Традиционный способ их ограничения – выбор инвариантов, сохраняемых допустимыми морфизмами.

Подобными инвариантами, ограничивающими в социуме преобразования поведения, традиционно являются религиозные заповеди, моральные и культурные ценности, то что можно назвать Законом с большой буквы. Не всегда Закон носит исключительно религиозный характер, туда могут входить и как древние примордиалистские традиции той или иной культуры (например, закон гор – адат), так и новые, конструктивистские, вполне светские нормы (например, моральный кодекс строителя коммунизма, хотя в последнем случае имеет место существенное заимствование из религиозных заповедей, или единая нация строителей коммунизма – советский народ).

До тех пор, пока в общественном сознании прочно укоренен Закон, окна Овертона не могут успешно работать в противоречащем ему направлении – это сразу вызовет общественное неприятие и порицание. Например, если общество считает нравственным инвариантом библейские заповеди, никакие окна Овертона не способны сделать общественной нормой супружеские измены или однополые браки.

Потенциал динамического равновесия и сохранение законов.

В классической физике обычно рассматриваются замкнутые системы и важнейшим средством их изучения являются законы сохранения. Сложные системы, о которых идет речь здесь, обычно открытые диссипативные в смысле И. Пригожина [Николис, Пригожин, 1979] системы, которые обмениваются с окружающим миром потоками материи, энергии и информации.

Такие системы изучались школой И. Пригожина, в нашей стране – школой С. П. Курдюмова [Сайт, посвященный С. П. Курдюмову], где основное внимание уделялось нелинейности законов, описывающих такие системы, и возможному выходу систем на режимы с обострениями. Ю. Н. Павловский во многих своих работах (напр., [Павловский, 1998]) отмечал, что сложные системы в условиях вооруженной борьбы стремятся сохранять свою структуру. В XX веке было построено несколько математических моделей подобных систем, например, брюсселятор Пригожина, реакция Белоусова – Жаботинского, описание солитонов уравнениями Кортевега – де Фриза. Все это и в самом деле нелинейные модели.

И. Пригожин считал, что суть самоподдерживающегося развития сложных открытых систем в их неравновесности. С. П. Курдюмов, – что в нелинейности и возможных выходах на режимы с обострениями. Не отрицая роли неравновесности и нелинейности, наоборот, развивая их, в данной работе попытаемся показать, что суть устойчивого развития открытой сложной системы – в законе жертвы и в сохранении законов в сложной системе.

Посмотрим теперь, что может дать теория агентного моделирования для исследования устойчивости более сложных моделей. Например, рассмотрим университет. Морфизмы базисных множеств учебного заведения – это смена поколений учащихся, преподаватели также меняются, но обычно на более длительных временах. Также со временем может изменяться состав работников и администрации любого предприятия и даже здания и место, где это предприятие находится. Тем не менее в восприятии всех, кто имеет с ним дело, предприятие остается «тем же самым». Что же делает его тем же самым? – это его структура, выраженная в нормативных документах (например, уставе, перечне должностных обязанностей, трудовых договорах), а также неписанных корпоративных законах и традициях. При этом и писанные и неписанные программы поведения основаны на инвариантах – аксиомах, на которых построена структура организации.

Почему сохраняется структура? Чтобы функционировать, диссипативной системе необходимо тратить часть своей мощности на поддержание процесса её функционирования, а также на поддержание её структуры, в том числе и функциональностей, не задействованных в данный момент. Самый простой пример – четырехтактный двигатель внутреннего сгорания. На такте сгорания производится работа и её должно хватать хотя бы на остальные такты – выхлопа, набора и сжатия смеси, а также на работу топливного насоса, системы охлаждения,

смазки и т. д. Равенство произведенной работы и постоянных расходов наступает на холостых оборотах двигателя. Поэтому невозможно заставить его работать с меньшими оборотами – он просто остановится. Чтобы двигатель крутился, он должен крутиться! Это и есть динамическое равновесие. Чтобы запустить двигатель, нужно специальное внешнее воздействие стартера – устройства, вообще говоря, не имеющего никакого отношения к работе уже запущенного двигателя. Стартер сообщает двигателю потенциал динамического равновесия, лишь имея который, он может работать.

Примерно так, только еще чуть сложнее, обстоит дело и со всякой сложной диссипативной системой. Так же, как двигатель, такая система для того, чтобы работать, должна работать. Ее равновесие тоже динамическое. Потенциалом динамического равновесия будет сумма затрат в единицу времени на поддержание структуры сложной системы. Например, если мы говорим о предприятии – нужно платить зарплату сотрудникам, в том числе и подразделениям, не имеющим прямого отношения к функциональности организации, таким как бухгалтерия, охрана, хозяйственные службы и т. д. Нужно оплачивать кредиты, аренду помещений и оборудования, услуги связи, отопление, электричество, поддерживать в «боевом» состоянии производственные мощности. Выше упомянуты затраты на поддержание материальной составляющей структуры сложной системы. Кроме нее могут быть составляющие, относящиеся к мирам информации и идей – это поддержание корпоративной культуры отношений и производства (в первую очередь это как раз сохранение инвариантов организации при морфизмах поведения персонала, самый распространенный из которых – текучесть кадров), сохранение и расширение сети клиентов, обучение персонала, связи с учебными заведениями, поставляющими кадры, и многое другое. Хотя эта часть структуры нематериальна, затраты на её сохранение – вполне материальны и входят в потенциал динамического равновесия.

Чтобы предприятие заработало – нужно сообщить ему потенциал динамического равновесия, для чего существуют специальные механизмы, не имеющие отношения непосредственно к функционированию предприятия, например, привлечение инвесторов, банковский кредит, или эмиссия акций.

Если на достаточно длительном времени доходы предприятия упадут ниже потенциала динамического равновесия, оно станет банкротом, остановится и перестанет существовать в прежнем своем качестве. Скорее всего при этом его базисные множества за бесценок достанутся более успешным предприятиям.

Подводя итог, скажем, что потенциал динамического равновесия – это цена, которую сложная система платит в единицу времени за то, чтобы оставаться самой собой, за сохранение и поддержание своей структуры. За эту цену она получает постоянство законов, по которым живет. Поэтому можно сказать, что в сложной системе вместо законов сохранения имеет место сохранение законов. Система старается сохранить условия своего существования. Впрочем, физические законы

сохранения являются частным случаем описанного выше сохранения законов. Они следуют из симметрий – следствий сохранения определенных инвариантов (энергия – однородность времени, импульс – однородность пространства и т.д.).

Культ и жертва

Остановимся теперь на способах поддержания поведения сложной системы. В более простом случае технической системы с компьютерным управлением – это будет система регламентных работ по проверке аппаратного и программного обеспечения. В социальных системах подобные регламентные работы также имеют место (мы начинали с того, что первым универсальным программируемым устройством был человек), но они несколько отличаются по форме и названию. Систему периодических мероприятий, направленную на поддержание инвариантов и форм поведения, будем называть культом. Отдельные мероприятия культа – ритуалами или обрядами, отдельные действия ритуалов – церемониями. Культ должен программировать общественное поведение на сохранение инвариантов и заострять внимание на положительных результатах их сохранения. Как считал русский математик, священник, философ и поэт П. А. Флоренский (например, [Флоренский, 2007]), культ – основа культуры (под культурой в данной работе понимается исключительно её этологический аспект – способ общественного поведения).

Возможно, кто-то возразит, что культ – это что-то уж совсем религиозное. Автор не будет с этим спорить, действительно, проекция религии на этологический уровень культуры имеет сходные задачи, но заметит, что религии здесь может и не быть. Для сохранения инвариантов поведения достаточно периодически программировать «приверженность определенным символическим системам», – как формулировала это известный антрополог Мери Дуглас [Douglas, 1986].

Например, во вполне секулярном СССР существовала разветвленная система партийных, комсомольских, пионерских и даже октябрятских организаций всех уровней, с регулярными собраниями первичных организаций, заседаниями комитетов и бюро всех уровней, а также различными иными церемониями и ритуалами – элементами культа. Главной задачей этого культа было поддержание инвариантов и структуры советского общества. Как мы видим, с этой задачей он не справился. Возможно, не в последнюю очередь из-за того, что этот культ не отражался как культ в общественном сознании, и в первую очередь в сознании его служителей. Они редко рассматривали свою роль как именно служителей культа (возможно даже, большинство из них обиделось бы на автора за такое сравнение) и все время скатывались к более понятным им, материалистам, производственно-хозяйственным задачам, где своей деятельностью часто лишь мешали работе и тем дискредитировали существующую систему. Что бывает со сложной системой, не сумевшей сохранить свои инварианты – можно видеть на примере истории нашей страны второй половины XX в.

Роль культа весьма велика в жизни армии, настолько, что это часто вызывает удивление и неприятие у людей гражданских. Особенно все, что связано со строевой подготовкой. Казалось бы, эта часть военной подготовки совершенно не связана с основной задачей армии, тем не менее – это одна из важнейших составляющих армейского культа, без которого невозможно сохранить структуру и инварианты армии.

Хотя научному сообществу строевая подготовка обычно кажется довольно странным занятием, и в жизни этого сообщества тоже есть свой культ. Это заседания Ученых советов, защиты дипломов, диссертаций, подготовка к этим защитам, процедура оппонирования, даже банкеты после успешной защиты, система ученых степеней и ученых званий, проведение научных конференций, симпозиумов и конгрессов – все это различные ритуалы научного культа, поддерживающие структуру и инварианты науки, как сложной системы.

Про религию автор даже и не говорит – это первая ассоциация со словом культ. Поэтому ожидается, что именно там поддержание структуры и инвариантов должно быть осознанно и на высоком уровне. В жизни, конечно же, бывает по-всякому.

Заметим, что для поддержания культуры, очень важен положительный отбор в служители культа, т.е. своевременный отбор лучших. Если же лучшие остаются за бортом, то вместо вклада в укрепление культуры они становятся её оппонентами и критиками (а раз худшие взялись за дело, которое и лучшим едва по силам, всегда найдется за что их критиковать), это ослабляет культуру и в конце концов может её разрушить.

Суммируя затраты на культ с затратами на поддержание потенциала динамического равновесия, можно сказать, что сложная система, чтобы продолжать свое существование постоянно должна **жертвовать** в плане материальном часть своей мощности, чтобы в более высоких планах, информационном и идейном, сохранять свою структуру и инварианты – законы своего существования. Таким образом, основной закон существования сложной системы – это закон жертвы. Без жертвы сложная система не сможет оставаться собой, – она начнет распадаться и её базисные множества (материальные активы) будут утилизированы более успешными сложными системами.

Заметим, что все религии мира утверждают, что этот мир стоит на жертве и раскрывают формулу жертвы: «отдай кровь – прими дух». Именно об этом шла речь в предыдущем абзаце – энергия (мощность) и есть кровь материального мира – самое дорогое и нужное, что там есть. За это приобретаются более «тонкие» объекты информационного и идейного миров – постоянство законов устойчивого развития сложной системы.

Сказанным выше автор вовсе не хочет ни десакрализовать религию, ни, наоборот, дать очередное доказательство бытия Божия. Скорее обратить внимание на то, что многие религиозные положения допускают математическую интерпретацию и математическое моделирование, пример чему – данная работа.

Выводы

В работе на основании методов модельного синтеза излагаются на гуманитарном уровне основы геометрической теории поведения.

Тем не менее, за каждой предлагаемой гуманитарной конструкцией вполне может стоять имитационная модель, построенная методом модельного синтеза и, следовательно, представленная вполне формальным математическим объектом – моделью-компонентой. Появляется возможность вести математический дискурс в терминах родов структур, морфизмов базисных множеств, инвариантов, сохраняемых этими морфизмами и т.д.

Геометрическая теория дает математическую языковую среду для дискурса в предметной области моделирования социального поведения, т.е. возможность выявлять достаточно тонкие различия рассматриваемых сущностей, которые обычно теряются, сливаются при их гуманитарном обсуждении на естественном языке. Отсутствие такой языковой среды часто ведет к кажущимся противоречиям при обсуждении проблем, возникающих при таком моделировании, как попытался показать автор в примере с окнами Овертона.

С помощью языка геометрической теории показано, что для поддержания заданного поведения сложной системы недостаточно одних лишь физических действий по поддержанию потенциала динамического равновесия (кроме известных простейших случаев). Обязательно нужна идейно-информационная система программирования сохранения инвариантов, обеспечивающих заданное поведение. В работе она названа культом. Культ наряду с поддержанием потенциала динамического равновесия обеспечивают сохранение законов функционирования сложной системы. Известные физические законы сохранения являются частным случаем сохранения законов в сложных системах. Феномен сохранения законов подтверждает мнение П. А. Флоренского, что в основе культуры, как системы общественного поведения, лежит культ.

В целом, затраты части мощности сложной системы на поддержание культа и потенциала динамического равновесия можно считать её жертвой, за которую она приобретает стабильность законов своего существования (сохранение законов в сложных открытых системах). Жертвой, как известно, держится этот мир.

Язык математического моделирования оказывается в том числе пригодным для моделирования и интерпретирования некоторых философско-религиозных высказываний.

Библиографический список

Белотелов Н. В., Бродский Ю. И., Павловский Ю. Н. Сложность. Математическое моделирование. Гуманитарный анализ. М.: Книжный дом ЛИБРОКОМ, 2009. 320 с.

Бродский Ю. И. Устойчивое развитие и кризисные явления в эволюции сложных систем // Моделирование, декомпозиция и оптимизация сложных динамических процессов. 2009. Т. 24. № 1 (24). С. 103–137.

Бродский Ю. И. Модельный синтез и модельно-ориентированное программирование. М.: ВЦ РАН, 2013. 142 с.

Бродский Ю. И. О сложных процессах, аналогиях, структурах, математическом моделировании, трех мирах и информатике // Моделирование, декомпозиция и оптимизация сложных динамических процессов. 2016. Т. 31. № 1 (31). С. 86–108.

Бродский Ю. И. О математическом моделировании в гуманитарной сфере // Моделирование, декомпозиция и оптимизация сложных динамических процессов. 2016. Т. 31. № 1 (31). С. 203–219.

Бродский Ю. И. О математическом моделировании поведения сложных систем // Труды Института системного анализа Российской академии наук. 2018. Т. 68. № 2. С. 12–15. DOI: 10.14357/20790279180203

Бродский Ю. И. Модельный синтез, как подход к геометрической теории поведения // Моделирование, декомпозиция и оптимизация сложных динамических процессов. 2019. Т. 34. № 1 (34). С. 43–71. DOI: 10.14357/24098639190103

Бурбаки Н. Теория множеств. М.: Мир, 1965. 456 с.

Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем М.: Наука, 1978. 400 с.

Гурьянов В. И. Имитационное моделирование на UML SP. Чебоксары: Чебоксарский филиал Санкт-Петербургского государственного экономического университета, 2014. 135 с.

Комацу М. Многообразие геометрии. М.: Знание, 1981. 208 с.

Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 1979. 512 с.

Павловский Ю. Н. О сохранении структуры вооруженных сил в процессе вооруженной борьбы // Дискретный анализ и исследование операций. Серия 2. 1998. Т. 5. № 1. С. 40–55.

Сайт, посвященный С. П. Курдюмову [Электронный ресурс] // spkurdyumov: [веб-сайт]. URL: <http://spkurdyumov.ru> (дата обращения: 29.05.2020).

Спиноза Б. Этика. М.: АСТ, 2001. 336 с.

Флоренский П. А. Столп и утверждение истины: Опыт православной теодицеи. М.: АСТ, 2007. 633 с.

A brief explanation of the Overton window. Mackinac Center for Public Policy, official site [Электронный ресурс] // [веб-сайт] URL: <https://www.mackinac.org/OvertonWindow> (дата обращения: 29.05.2020).

Douglas M. How Institutions Think. Syracuse (NY): Syracuse University Press, 1986. 146 p.