

УДК 005+51-77

**П.Г. КУЗНЕЦОВ И ПОТОКИ ЭНЕРГИИ В ПРОСТРАНСТВЕ СТРУКТУРЫ
(по материалам доклада на конференции «Международные научно-философские чтения имени Побиска Георгиевича Кузнецова», РАН, 25.10.2019 г.)**

Петров Андрей Евгеньевич, доктор технических наук, академик РАЕН, профессор кафедры АПД НИТУ «МИСиС», профессор кафедры геоинформационных систем университета «Дубна»

Аннотация

Закон сохранения мощности двойственных сетях связывает процессы и структуру, сложных в том числе, экономических систем. Это важно для анализа потоков энергии при изменении структуры систем. Однако для анализа развития экономических, биологических систем, необходимо исследовать законы усиления мощности (свободной энергии). Мощность есть скаляр, который измеряет величину вектора потока энергии (энергию в единицу времени). Вместе с тем мощность есть квадрат величины потока энергии (как сумма произведений ковариантных и контравариантных компонент вектора). Таким образом, размерность потока энергии есть корень квадратный из размерности мощности, т.е. длина и время оказываются в дробной степени. В таблице физических величин Бартини-Кузнецова нет величин с дробной степенью. Такая проблема есть для потока энергии, протекающего в одной сети. В двух двойственных сетях, взаимодействующих каким-то образом, «половинки» потока энергии должны сливаться в физическую величину с размерностью мощности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: закон сохранения мощности, потоки энергии, процессы и структура, двойственные сети, система физических величин Бартини-Кузнецова.

**P.G. KUZNETSOV AND ENERGY FLOWS IN THE SPACE OF STRUCTURE
(based on a report at the conference “International scientific and philosophical readings named after Pobisk Georgievich Kuznetsov”, RAS, October 25, 2019)**

Petrov Andrey Eugenievitch, Doctor of Technical Sciences, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Professor of the CAD Department of NSTU "MISiS", Professor of the GIS Department of the University "Dubna"

Abstract

The law of conservation of power of dual networks connects the processes and structure, including complex economic systems. This is important for the analysis of energy flows when changing the structure of systems. However, to analyze the development of economic, biological systems, it is necessary to study the laws of power amplification (free energy). Power is a scalar that measures the magnitude of the energy flux vector (energy per unit time). At the same time, power is the square of the magnitude of the energy flux (as the sum of the products of the covariant and contravariant components of the vector). Thus, the dimension of the energy flux is the square root of the dimension of power, i.e. length and time are in a fractional degree. In the table of physical quantities Bartini-Kuznetsov there are no quantities with a fractional degree. Such a problem exists for the flow of energy flowing in one network. In two dual networks interacting in some way, the “halves” of the energy flow should merge into a physical quantity with a power dimension.

KEYWORDS: law of conservation of power, energy flows, processes and structure, dual networks, Bartini-Kuznetsov's system of physical quantities.

Принцип сохранения мощности

«Я хочу заметить, что принцип сохранения мощности, весьма отличается от других законов сохранения. Если мощность, как поток энергии – сохраняется, то его невозможно ни увеличить, ни уменьшить!!! Тем не менее, мы имеем многочисленные примеры, где имеет место усиление мощности», писал П.Г. Кузнецов [1, с. 70].

Кузнецов подчеркивал, что существует закон сохранения мощности, который он называет принципом, но для развития жизни важно усиление мощности. Если живые системы не увеличивают доступную для использования свободную энергию, не усиливают мощность, то они не могут существовать, а, тем более, развиваться, увеличивать занимаемое пространство. Что же является источником энергии, которую получает и применяет органическая жизнь для своего существования, увеличения и развития?

Жизнь на Земле обеспечивают потоки солнечной энергии

Из письма П.Г. Кузнецова академику АН СССР А.И. Опарину от 25 октября 1956 г. «Позавчера мною получено письмо, подписанное Вами. В нем сообщается, что только 10^{-13} части излучения Солнца приходится на биологические явления. Нет сомнения, что это очень небольшая часть солнечного излучения. Однако было время, когда и эта часть излучения рассеивалась в пространстве, а теперь обуславливает существование органической жизни на Земле» [3]. Кузнецов подчеркивает, что часть потока солнечной энергии, которая обеспечивает биологические явления, с течением времени непрерывно возрастает.

Законы сохранения и законы развития

- Законы сохранения определяют свойства замкнутых систем, соответствующие свойствам пространства.
- Законы развития должны определять свойства открытых систем, находящихся в устойчивом неравновесии.

П.Г. Кузнецов и Г. Крон

П.Г. Кузнецов рассматривал экономику как крупномасштабную систему, которой можно управлять. Для управления нужно рассматривать уровни иерархии с обменом потоками информации между ними. Оказалось, что нет математики для описания сети иерархии уровней управления.

Гелий Николаевич Поваров, один из пионеров советской кибернетики, указал Побиску Георгиевичу Кузнецову на работы американского инженера Габриэля Крона, который рассматривал сети, матрицы и тензоры. В зависимости от сложности проблемы, сложности моделируемой системы, рассматривались иерархически организованные компаунд тензоры, мульти тензоры. Метод диакоптики обеспечивает разделение сложной системы на части, и расчет по частям. Этот метод обеспечивает иерархию расчетов на разных уровнях.

Крон рассмотрел сетевые модели сложных технических и физических систем, а затем исследовал поведение многомерных, полиэдральных систем, в которых протекают процессы в виде электромагнитных волн. Полиэдральная сеть при некоторых условиях проявляет

свойства самоорганизации, однако эти опубликованные результаты Крона не воспроизведены. Попытки расчета многомерной сети делал Дж. Линн [10].

Цель управления крупномасштабной системой

Князь Шэ спросил, что значит управление государством. Учитель ответил:

— Это когда радуются те, что близко. И приходят те, что далеко (Конфуций).

Потоки энергии в работах Крона

Крон исследовал структуру связей сложных систем и потоки энергии в элементах систем. Сетевые модели единым методом представляют потоки процессов и структуру связей систем. В основе метода Крона дискретное пространство структуры. Оно отличается от непрерывного, однородного, изотропного пространства геометрии.

Технические, физические и биологические системы рассматриваются как проекции тензора – обобщенной системы, в которой процессы, как воздействия и отклики, рассматриваются в пространстве структуры связанных элементов.

Законы сохранения и законы развития

- Законы сохранения выполняются для замкнутых систем.
- Для открытых систем должны существовать и выполняться законы развития.
- Один из них – второй закон термодинамики, по которому все системы развиваются в направлении уменьшения свободной энергии.
- Противоположным ему является закон развития жизни, по которому в ходе эволюции возрастает свободная энергия совокупности живых систем.

Пространство структуры дискретно

- Пространство структуры сети дискретно, оно существует только вдоль ветвей, т.е. выделенных линий и их границ.
- По этой причине свойства пространства сети отличаются от свойств обычного пространства декартовой или римановой геометрии.
- Большую роль в пространстве-структуре сетей играет двойственность основных понятий: открытых и замкнутых путей, данной и двойственной сети, внешних и внутренних воздействий.

Замкнутые и открытые пути движения в пространстве

- Любое движение состоит из поступательного движения (переноса) и вращательного движения.
- Вращение и перенос не зависят друг от друга, и дополняют друг друга. Это два различных качества движения.

- Пути в пространстве могут быть или замкнутые или разомкнутые. Вращению соответствуют замкнутые пути, переносу – открытые пути.
- Длина в пространстве измеряется вдоль открытых путей. Время измеряется по движению вдоль замкнутых путей.
- Системы могут и взаимодействовать, и не взаимодействовать с другими системами в окружающем пространстве.
- Потоки энергии от внутренних источников протекают в замкнутых путях. Потоки энергии от внешних источников протекают в разомкнутых путях.

Пространство и законы сохранения

Пространство непрерывно, однородно, изотропно. Теорема Э. Нетер связывает свойства пространства и законы сохранения. Сохранение импульса выводится из однородности пространства. Сохранение момента импульса выводится из изотропности пространства. Сохранение энергии является следствием симметрии времени относительно начала отсчета. Л. Ландау [2] выводит законы сохранения из принципа наименьшего действия, не используя теорему Э. Нетер [11].

Например, закон сохранения энергии получается из уравнений движения в предположении однородности времени. Однородность времени означает, что функция Лагранжа замкнутой системы не зависит явно от времени. Поэтому производная от функции Лагранжа по времени получается как дифференцирование сложной функции.

$$\frac{dL}{dt} = \sum_i \frac{\partial L}{\partial q_i} \dot{q}_i + \sum_i \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \ddot{q}_i$$

приводя производную по времени к нулю:

$$\frac{d}{dt} \left(\sum_i \dot{q}_i \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} - L \right) = 0$$

получаем, что величина, которая называется энергией:

$$\sum_i \dot{q}_i \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} - L = const$$

не меняется при движении замкнутой системы, т.е. остается постоянной, сохраняется.

Аналогично из уравнений движения получаются закон сохранения импульса (в предположении однородности пространства) и закон сохранения момента импульса (в предположении изотропии пространства).

Пространство структуры

Пространство структуры дискретное – существует в пределах элементов (ветвей), неоднородное, неизотропное.

Координаты в пространстве структуры – это пути, линии вдоль элементов. Путь определяет набор ветвей, через которые он проходит, с учетом ориентации. Путь может выражаться через другие пути комбинированием соответствующих ветвей. Набор путей, которые не выражаются через другие пути, составляет базис пространства структуры.

Замкнутые и разомкнутые пути образуют в пространстве сети два ортогональных подпространства, которые дополняют друг друга до полного пространства.

Замкнутые пути выражаются через замкнутые пути и разомкнутые пути. Разомкнутые пути не выражаются через замкнутые пути. Замыкание пути в контур охватывает двумерную поверхность, т.е. замыкание «добавляет» новое измерение пространства. Аналогичная ситуация возникает для двумерных путей, проходящих через грани. Замкнутый двумерный путь возникает, когда грани охватят трехмерный объем, т.е. «добавляет» новое измерение пространства.

При изменении структуры соединение и разделение границ замыкает и размыкает пути. При этом меняется размерность подпространств путей в сети.

Тензорный анализ в пространстве структуры отличается тем, что пространство состоит из двух подпространств. Это подпространства замкнутых путей и разомкнутых путей. Их размерность меняется при изменении структуры. В двойственных сетях сумма размерности подпространств замкнутых путей и разомкнутых путей постоянна при изменении структуры.

В замкнутой системе с базисом контуров воздействие поперечная величина, а отклик – продольная величина. В открытой системе с базисом разомкнутых путей воздействие продольная величина, а отклик – поперечная величина. Продольная величина измеряется в одной точке, поперечная – как разность измерений в двух точках [11].

Двойственные сети

Суть науки, как представляется, отразил китайский философ.

Величайшая радость наполнит вас, только если вы способны сделать что-то, что нельзя свести к товару. Лао Цзы. Ученый подобен монаху – отказавшись от суеты, он должен постигать мир и добывать новое знание. Вместе с тем М.Фарадей ответил на вопрос о пользе электричества: «Возможно, вы сможете обложить это налогом».

Напомним суть двойственных сетей, и связанный с ними инвариант двойственности. Двойственные сети связывают метрику и структуру. Замкнутому пути в данной сети

соответствует разомкнутый путь в двойственной сети. Разомкнутому пути в данной сети соответствует замкнутый путь в двойственной сети. Пример взаимно двойственных сетей представлен на рисунке [8].

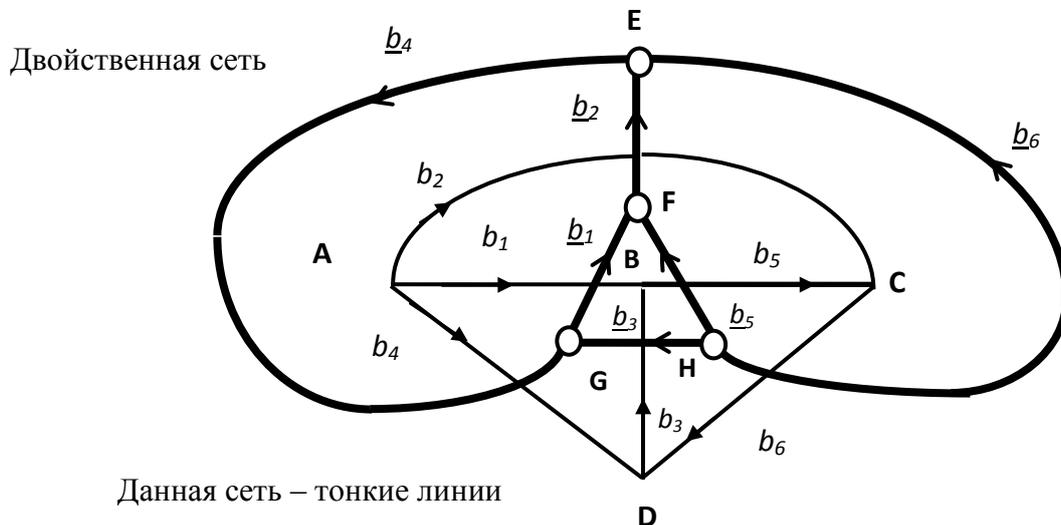


Рис. 1. Две двойственные сети из 6 ветвей

Преобразования путей двойственных сетей

Матрицы преобразования путей: слева базиса свободных ветвей p_α в базис связанных ветвей сети p_β составляют матрицу C_β^α и справа ортогональная матрица преобразования $\underline{C}_\alpha^\beta$, путей двойственной сети:

		α								β								
		p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6			ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_4	ρ_5	ρ_6			
C_β^α	p_1	1		1	-1			m	$A = C_t^{-1}$	ρ_1	1	1					i	
	p_2	-1	1			-1		m		ρ_2		1						i
	p_3			1		1	1	m		ρ_3	1	1	1					i
	p_4				1			j		ρ_4	1	1		1				m
	p_5					1		j		ρ_5	-1				1			m
	p_6						1	j		ρ_6	-1	-1	-1				1	m
		m	m	m	j	j	j			m	m	m	j	j	j			

Матрицы преобразования имеют нулевой блок выражения **разомкнутых путей** через **замкнутые пути**. Свойство структуры пространства состоит в том, что замкнутые пути можно выразить через разомкнутые путей и замкнутые пути; а разомкнутые пути нельзя выразить через замкнутые пути.

Матрицы преобразования Крона выражают не пути, а токи в связанной сети через токи свободных ветвей. Матрицы Крона транспонированы по отношению к матрицам преобразования путей.

Инварианты структуры

Элемент – двойственная ветвь из замкнутой ветви и открытой ветви. Ветви соединяются границами. Координаты – замкнутый путь и открытый путь в открытой ветви.

Изменения структуры: слияние или разделение границ ветвей. Изменения путей описывают матрицы преобразования C и A . Открытому пути в одной сети соответствует замкнутый путь в двойственной сети, и наоборот.

Инварианты изменения структуры двойственных сетей:

- сумма ветвей постоянна
- сумма открытых путей постоянна
- сумма замкнутых путей постоянна
- сумма ориентации ветвей узла и охватывающего контура равны
- сумма метрических тензоров двойственных сетей постоянна – инвариант двойственности структуры.

Квадрат величины вектора в пространстве

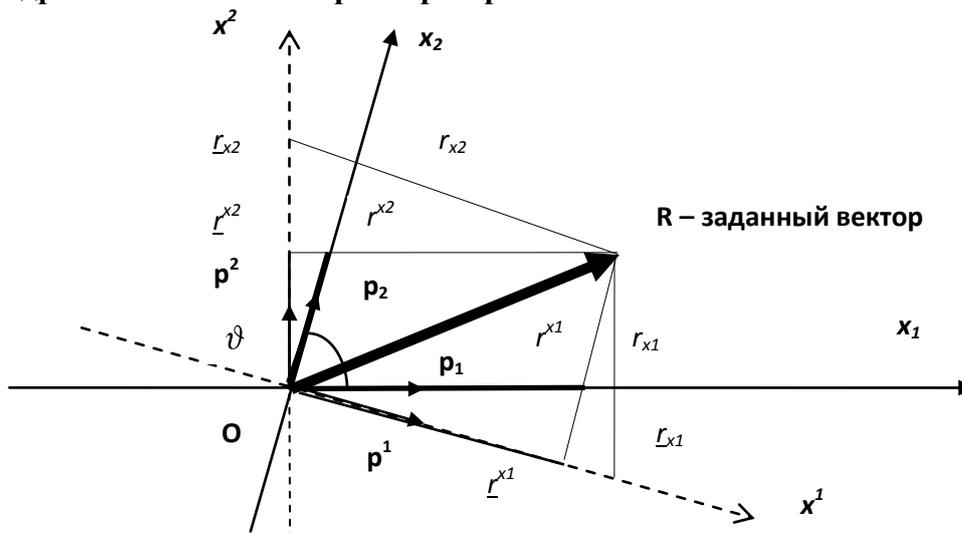


Рис. 2. Ковариантные и контравариантные проекции вектора на плоскости (в прямом и взаимном базисах косоугольной системы координат на двумерной плоскости произвольный вектор имеет компоненты четырех типов)

Любой вектор \mathbf{R} имеет *четыре* представления при разложении в системе координат произвольного вида в прямом базисе p_α и взаимном базисе p^α :

$$\mathbf{R} = r^\alpha p_\alpha = r_\alpha p^\alpha = \underline{r}_\alpha \underline{p}^\alpha = \underline{r}^\alpha \underline{p}_\alpha$$

а поскольку $p_\alpha p^\alpha = 1$ и $\underline{p}^\alpha \underline{p}_\alpha = 1$, то инвариант – квадрат абсолютной величины вектора, можно представить двойко:

$$|\mathbf{R}|^2 = r^\alpha r_\alpha = \underline{r}_\alpha \underline{r}^\alpha.$$

По повторяющимся верхнему и нижнему индексу, согласно правилу Эйнштейна, предполагается суммирование. Таким образом, сумма произведений ковариантных и контравариантных компонент дает квадрат величины вектора. Мощность, рассеиваемая в электрической цепи, равна сумме произведений тока (контравариантная компонента вектора потока энергии) и напряжения (ковариантная компонента вектора потока энергии). Отсюда следует, что физическая размерность вектора потока энергии не совсем обычная.

Вектор потока энергии имеет дробную физическую размерность

Количество энергии в единицу времени, рассеиваемая мощность соответствует *квадрату величины вектора*, наложенного на сеть, а не величине вектора.

Величина вектора потока энергии имеет тогда *дробную* физическую размерность, равную корню квадратному из размерности мощности, т.е. физическая размерность вектора потока энергии в одной сети имеет дробные степени:

$$[d] = [L^{5/2} T^{-5/2}].$$

Расщепление потока энергии между двумя двойственными структурами, сетями, показывает этот вектор как произведение двух составляющих векторов, каждый из которых расположен в своей сети. А сети взаимодействуют в двойственных подпространствах. Можно сказать, что с точки зрения потока энергии, каждая сеть является лишь частью пространства, неполным пространством структурой.

Двойственное пространство полное относительно преобразования структуры

Вектор потока энергии, который разделяется на две части, и распространяется в структуре, состоящей из двух двойственных сетей, имеет размерность мощности. В совокупности двух двойственных сетей размерность квадрата величины вектора, имеет вид скаляра, т.е. мощности:

$$[d]^2 = [d] \cdot [d] = [L^{5/2} T^{-5/2}] \cdot [L^{5/2} T^{-5/2}] = [L^5 T^5].$$

Появление физической величины с дробной размерностью по отношению к пространству и времени указывает на то, что *одно* пространство и время необходимо, но не достаточно.

Мощность (характеризующая значение потока энергии) остается постоянной в двойственных сетях при изменении структуры. Одна сеть располагается в наблюдаемом пространстве, а другая – в двойственном, вместе это целое пространство.

«Появляющиеся в формулах размерностей дробные показатели при использовании первичных величин $[L M T]$ лишены всякого содержания и логического смысла», писали Р.О. ди Бартини и П.Г. Кузнецов [4, 1974 г.].

Постоянство потока энергии при изменении структуры двойственных сетей

Инвариант двойственности при изменении структуры определяет закон сохранения потока энергии, причем это физико-структурный закон. Существует инвариант, связывающий изменения структуры двойственных сетей. Он выражается через матрицы преобразования сетей. Когда в сетях возникают процессы, например, потоки электрической энергии, то инвариант дает постоянство суммы мощностей при изменении структуры двойственных электрических цепей.

$$C (C_t C)^{-1} C_t + A (A_t A)^{-1} A_t = I$$

Для матриц преобразования сетей

$${}^m P_{\text{данная}} + {}^m P_{\text{двойст.}} = {}^m P_0$$

Мощность для электрических цепей

Двойственные сети и сложные системы

Биологические системы, в частности, человеческий мозг, это электромагнитные системы сложной структуры. В этих системах процессы передачи сигналов, информации происходят с помощью электромагнитных, как предполагается, волн. Для них должны существовать двойственные структуры в не наблюдаемом пространстве. Академик Н. Бехтерева говорила о существовании «зазеркалья» в мозге. Академик Раушенбах говорил, что мир ангелов находится гораздо ближе, чем на расстоянии вытянутой руки.

Диаграмма взаимного изменения и сохранения мощности в подпространствах замкнутых и разомкнутых путей двух двойственных сетей при изменении структуры соединения ветвей была опубликована автором еще в 1985 году [7, с 97], и затем публиковалась и обсуждалась неоднократно, например, в [8]. Однако в то время было не принято рассуждать о возможности существования другого пространства, дополняющего наблюдаемое нами пространство. Пространства, в котором могла бы располагаться двойственная сеть. В настоящее время ряд физических теорий допускает возможность существования параллельных вселенных, т.е. не наблюдаемых нами миров, но не рассматриваются фундаментальные свойства структуры, ее инварианты.

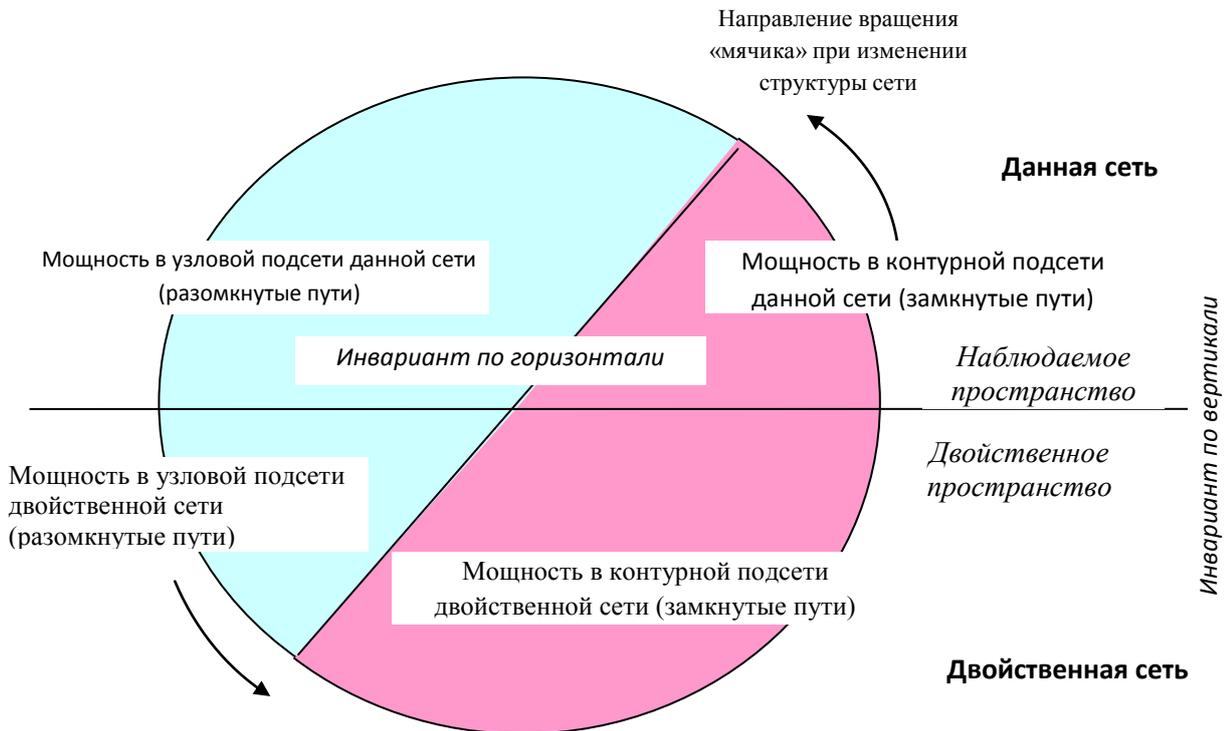


Рис. 3. Диаграмма изменения мощности в двойственных цепях при изменении структуры, как модель двухцветного «мячика», погруженного в две разные среды, два пространства

Сети связывают процессы (потоки энергии) и структуру

Сети связывают процессы (потоки энергии) и структуру соединений элементов систем. Это делает сети инструментом для моделирования сложных систем в условиях роста структурных изменений в различных предметных областях.

Обобщенная система с процессами и структурой рассматривается как тензор, а системы предметных областей – как проекции в системы координат.

Если в системе есть один процесс, структура из одномерных ветвей, то эталоном для моделирования является одномерная сеть из ветвей, или электрическая цепь.

Если в системе есть два процесса, а структура включает поверхности – эталоном для моделирования является одномерная сеть из поверхностей, или электрическая машина с двумерными обмотками и электромагнитными волнами.

Если в системе есть много процессов и многомерная структура, то эталоном для моделирования может являться многомерная полиэдральная сеть с электромагнитными, магнитогидродинамическими, биологическими волнами. Таким образом, может быть построена общая теория систем, в которых процессы протекают в структуре связей элементов. Для анализа динамики изменений необходимы законы развития.

Закон развития живых систем

- Развитие живых систем, включая социально-экономическую систему, описывает не только закон сохранения мощности, но и закон усиления мощности, потока энергии.
- Имеется в виду поток энергии, который оказался в распоряжении живого существа.
- Основой развития биологической системы вообще, и общества людей в частности является *постоянное* возрастание мощности.
- При усилении мощности, а не просто сохранении мощности – только тогда возможны открытые системы и их развитие.
- Изменение структуры связывает инвариант двойственности, закон сохранения мощности.
- Как и все законы сохранения, он справедлив для замкнутых систем, в данном случае – для сетей, состав ветвей в которых не меняется. Это важный закон, но он не является законом развития, усиления мощности.

Направления развития

Ученый подобен монаху – его задача в тишине искать истину, добывать знание.

Учитель сказал: «Не печалься, что тебя никто не знает, а печалься о своем несовершенстве» (Конфуций).

Исследование законов развития, включая закон усиления мощности, является перспективными направлениями исследований. Тензорный анализ сетей, объединяющий процессы и структуру систем, необходим и полезен, но не полностью описывает потоки энергии (продуктов) П.Г. Кузнецова. Тензорный метод на основе пространства структуры может применяться для анализа и управления экономикой как крупномасштабной системой, но он не анализирует динамику перемен.

Для управления системой производства потоков продукции может применяться сетевая модель в виде двойственной сети, соединяющей потоки продуктов и потоки денег в энергетическом измерении.

Однако потоков денег в двойственной сети для финансирования только производства недостаточно. Двойственная сеть должна включать в себя новые ветви, которых нет в сети текущего производства (сети воспроизводства). Это ветви потоков налоговых платежей. Они направлены на поддержание жизненного цикла человека, включая тех, кто не создает товаров для текущего потребления, а также инвестиции для проектов развития.

Ветвям инвестиций в сети потоков денежных средств соответствует непромышленные отрасли реального сектора, включая образование, здравоохранение и другие, направленные на будущее. При разложении в ряд мощности (потока свободной

энергии) этим отраслям соответствуют члены с более высокими степенями, т.е. дающие результат во все более отдаленные периоды времени. В этом отличие живых систем – они учитывают будущее время, и ожидаемые последствия от изменения распределения потока свободной энергии. Законы сохранения в замкнутых системах этого не учитывают. Внешнее воздействие на систему создает потоки в открытых путях внутри системы.

Для моделирования всей совокупности потоков в экономике, включая рынки ценных бумаг, капитала (которые могут протекать в двойственной сети), необходимо применять многомерные сети.

Литература

1. Кузнецов П.Г. Наука развития Жизни: сборник трудов. Том 1. Введение. – 238 с.: Том 2. Постигание закона – 460 с. – М.: РАЕН, 2015.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика, т. 1. — М.: Наука, 1965. – 204 с.
3. Кузнецов П.Г. Противоречие между первым и вторым законами термодинамики. — Изв. АН Эстонской ССР. Т. 8. 1959, №3.
4. Р.О. ди Бартини, П.Г. Кузнецов. Множественность геометрий и множественность физик. Конференция «Моделирование динамических систем. Брянск, 1974 г. Труды семинара «Кибернетика электродинамических систем», вып. 2. – с. 18–29.
5. Крон Г. Тензорный анализ сетей: Пер. с англ. /Под ред. Л.Т. Кузина, П.Г. Кузнецова. М.: Сов. Радио, 1978. – 720 с.
6. Кузин Л.Т., Кузнецов П.Г., Петров А.Е. «Тензорный анализ сетей» Г. Крона и его роль в проектировании систем». — С. 691-698.
7. Петров А.Е. Тензорная методология в теории систем. / [Предисл. В.А. Веникова]. – М.: Радио и связь, 1985. – 152 с.
8. Петров А.Е. Тензорный метод двойственных сетей ООО «ЦИТиП», М.: 2007. – 496 с. Интернет издание Университета «Дубна», 2009. – 602 с.
9. Арменский А.Е., Кузнецов П.Г., Петров А.Е. Программа «Губернатор». Методология разработки ИАС для управления регионом. «Промышленность России», № 12 (20), М.: ИА «Мобиле», 1998. - С. 65-68.
10. Lynn J.W., Russell R.A. Kron's wave automaton. //Physical Structure in Systems Theory. - London, N. Y.: Academic Press, 1974 – p.131-142.
11. Петров А.Е. Закон сохранения мощности в двойственных тензорных сетях Г. Крона – А.Петрова (в пространстве, времени и структуре). ЭНИ «Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление», том 15 №1 (42), 2019, ст. 1 – с. 1–39. <http://www.rypravlenie.ru/?p=3356>.