

# ТУРБУЛЕНТНОСТЬ ТЕНЗОРЫ И ХАОС

Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н.

*Изложено новое представление о хаосе как универсальной упорядоченной структуре с неизменными детерминированными свойствами. Описание хаоса идентифицируется с помощью математического объекта – тензора и с помощью оператора дивергенция показана его эволюция в пространстве. Установлено, что временная зависимость конфигурации хаоса определяется граничными и начальными условиями. С научной точки зрения объяснена "Тепловая жизнь Вселенной".*

*A new concept of chaos is described as a universal ordered structure with invariable deterministic properties. The description of chaos is identified with the help of a mathematical object – the tensor and with the help of the divergence operator, its evolution in space is shown. It is established that the time dependence of the chaos configuration is determined by the boundary and initial conditions. From the scientific point of view, the "Thermal life of the Universe" is explained.*

**Ключевые слова:** хаос, турбулентность, тензор.  
**Keywords:** chaos, turbulence, tensor.

Турбулентность и хаос – два фундаментальных понятия, две философские категории физической науки термодинамики. Что это такое? Есть ли между ними прямая связь? Определяют ли они друг друга или дополняют? Прежде всего следует сказать, что, как было уже показано [1], турбулентность не хаос, а тонкоорганизованная структура. А сам хаос? Это что? Случайность или нет? Оказывается, нет. Это далеко не случайность. Это тоже – тонкоорганизованная структура. Бог не делал ничего случайно. Это мы, люди, породили это понятие – "случайность". Случайность в нашей голове, наших ощущениях. Великий природный процесс происходит независимо от нас. Мы лишь случайно включаем наши органы чувств, чтобы хоть как-то зафиксировать во времени и пространстве ситуацию в природе. И естественно, что это стохастическое включение выводит нас на случайные граничные и начальные условия. И конечно же мы случайно попадаем в разные пространства с бесконечной вариативностью. Действительно, если рассматривать газ как некоторую совокупность молекул, отличающуюся в согласии с Больцманом только индивидуальными скоростями, то все будет зависеть от того, в какой случайный момент времени мы включили систему интеллектуальной регистрации. После включения мы получаем пространственную картину для данного среза по времени. Другими словами, время мы случайно зафиксировали. А вот дальше все не случайно, а по законам природы, то есть все по Закону Божьему. За бесконечно малое по времени приращение  $dt$  каскад столкновений молекул и функция распределения Больцмана (Максвелла) преобразуется. И это прогнозируется. Ведь мы же предполагаем, что знаем начальное распределение и так далее. Другими словами, если бы у нас был необходимый инструмент расчета (жалко, что мы его не имеем), то при современных темпах развития вычислительной и измерительной техники мы легко смогли бы предсказать любую последующую комбинацию функции распределения и для  $2d\tau$ , и для  $3d\tau$ , и для  $nd\tau$ . А значит, наш хаос в принципе предсказуем. То есть он не случаен. Итак, хаос – не случаен, и он представляет из себя набор разнонаправленных векторов в пространстве, казалось бы, не связанных друг с другом, а на самом деле связанных и даже очень жестко, которые при столкновениях частиц меняют свое направление и абсолютное значение локального параметра движения. Вот и все. Хаос – это субстанция, мудро зашитая в единое целое. Каждая частица этой субстанции (молекула, атом, электрон и т.п. – не важно) является составляющей общего, и её свойства работают на коллективное образование. А мы-то раньше думали, что частица как ненормальная несется непонятно куда, а главное – непонятно зачем. Теперь-то мы поняли, что броуновское хаотическое движение детерминировано. Просто Перрен не в то время включил свой микроскоп второй раз. Поэтому он и не получил картины движения частиц, в точности совпадающей с картиной, полученной им же при первом включении.

Итак, если не привязываться ко времени, то можно сказать, что картина движения частиц внутри системы уже давно записана.

Уже известно, какая частица столкнется с другой. А хаос – это и есть та самая запись. Интересно, существует ли математическая интерпретация этого явления? Явления хаоса. Можно ли с помощью математических символов его описать? Конечно да! Если Бог создал что-то, то он создал под него и математику – те интеллектуальные и духовные связи, которые осуществляют взаимодействия в пространстве и времени.

## Тензор – верховный математический объект

Впервые систематическое изложение тензорного исчисления было выполнено итальянскими математиками Г. Риччи и Т. Леви-Чивита.

Тензор – это некоторый математический объект, который может линейно преобразовывать элементы одного линейного пространства в элементы другого. Это наиболее плотная математическая модель информации. Все процессы физики, механики и других наук описываются тензорными уравнениями. Частными случаями тензоров являются векторы и скаляры.

Так, например, скаляр – это тензор, но без индексов ( $a$ ). Он имеет одну компоненту и является обыкновенным числом, которое несет свойство количества.

Вектор – это направленное количество и представляется в виде математической структуры через проекции, являющиеся скалярами:

$$A = a_x i + a_y j + a_z k,$$

где  $a_x, a_y, a_z$  – проекции (скаляры);  $i, j, k$  – орты.

По аналогии тензор представляется как совокупность векторов:

$$P = \vec{P}_x i + \vec{P}_y j + \vec{P}_z k,$$

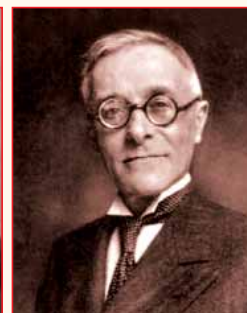
где  $\vec{P}_x, \vec{P}_y, \vec{P}_z$  – совокупность векторов (для тензора второго порядка их три), аффинно преобразующихся из одной системы координат в другую.

Таким образом, скаляр – это число и в пространстве (на плоскости) обозначается точкой, вектор – это точка в пространстве, имеющая определенное направление (обозначается стрелкой), и тензор – это линейная взаимозависимая комбинация из векторов, направленных в общем случае в разные стороны или матрица из скаляров (в пространстве не воспроизводится).

Условие изображения тензора в пространстве в виде разнонаправленных векторов – это не что иное, как геометрическая интерпретация детерминированного хаоса, равно как и вектора, интерпретирующего



Георгио Риччи-Кубастро.  
Итальянский математик



Туллио Леви-Чивита.  
Итальянский математик

направленный поток, так и скаляра - равновесного состояния системы. Остается только сказать, что хаос не может быть недетерминированным. Мы уже показали, что он не случайный, а случайны лишь начальные и граничные условия - суть субъективные понятия. Вот это да! Тензор - математический объект хаоса! Ну а если хаос универсален и всегда один и тот же, то его производные - направленные потоки и состояние равновесия - есть результат внедрения внешнего механизма. Стоит только воздействовать каким-либо внешним механизмом на хаос, как он (хаос) немедленно отреагирует и не позволит его беспокоить. Вступят в действие релаксационные механизмы. И нет необходимости говорить здесь о Божьем промысле. Это и так понятно. Как говорил в любимом фильме великолепный советский разведчик Штирлиц шефу гестапо Мюллеру: "Стану ли я, имея такой большой опыт работы в разведке, возиться с рацией?" Конечно. На сложившуюся ситуацию отреагирует именно Его слуга математика, а точнее математическая символика, в которую заложены законы природы.

Вспомним о двух универсальных операторах. В предлагаемом понимании хаоса, они приобретают новый физический смысл.

Это - оператор дивергенция и оператор градиент. Они связаны друг с другом формальной связью:

$$\text{div} \varphi \mathbf{I} = \text{grad} \varphi,$$

где  $\varphi$  и  $\mathbf{I}$  - потенциал и единичный тензор.

Дивергенция - это математическая операция, которая может быть наложена на тензор и вектор. Эта операция понижает статус тензорности. Воздействие дивергенции на тензор, переводит его в вектор, а при воздействии на вектор - в скаляр. Чтобы взять дивергенцию от вектора, надо взять бесконечно малый объем, определить поток вектора сквозь замкнутую поверхность, охватывающую этот объем, и найти отношение этого потока к объему. Отмеченное соответствует математическому положению о том, что всякое векторное поле дает некоторое скалярное поле дивергенции, а именно поле расходимости. В гидродинамике дивергенция вектора скорости жидкости физически означает ее сток при отрицательном значении дивергенции и источник при положительном.

В данном случае дивергенция определяет скалярный параметр расход.

Воздействие дивергенции на тензор приводит к направленно-му потоку - импульсу.

В отличие от дивергенции оператор градиент повышает тензорность. Он переводит скаляр в вектор, а вектор - в тензор.

Тогда в результате проделанного рассмотрения напрашивается обобщение: тензорное поле под воздействием оператора дивергенция превращается в векторное, векторное в скалярное, а под воздействием оператора градиент скалярное поле может быть переведено в векторное, а векторное в тензорное.

Другими словами, дивергенция переводит хаос в направленное движение, а направленное движение под воздействием дивергенции превращается в поле скалярных величин (поле скаляров). И все наоборот для операции градиент.

Для наглядности введем понятие дивергентные и градиентные сферы. Это такие абстрактные замкнутые геометрические формы, прохождение через которые из одного объема в другой превращает субстанцию хаоса в движущуюся субстанцию и в субстанцию покоя. На рис. 1 и 2 эти сферы изображены для дивергенций и градиентов.



Рис. 1 Дивергентные сферы



Рис. 2 Градиентные сферы

По аналогии можно ввести в обиход и роторные сферы (рис. 3). Они переводят векторные поля  $\vec{V}$  в поля вращений  $\text{rot} \vec{V}$  и кручений  $\text{rot rot} \vec{V}$  - в поля турбулентности.

В ранних работах автора уже было показано, что атрибутами турбулентности являются именно такие атрибуты, как вращение и кручение.

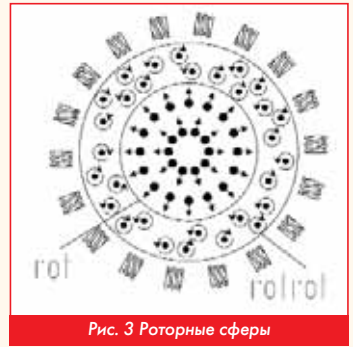


Рис. 3 Роторные сферы

### Энтропия - мера хаоса

В работе [2] уже было сказано, что энтропия является мерой хаоса потому, что является дисперсией функции распределения в уравнении Больцмана. Большая дисперсия предполагает большой хаос. Но как можно определить количественно хаос? Очень просто - в процентах. Если дисперсия большая, то по правилам существования функции распределения, она (функция распределения) - маленькая. При значении дисперсии, стремящейся к бесконечности, эта функция стремится к нулю, так как произведение бесконечности на ноль дает единицу. Можно для наглядности привести аналогию с коллективами людей. Если в стране для коллектива людей, наполняющих её (страну) общественным содержанием, существуют законы, права, правила общежития, общественный порядок, то это, по крайней мере, страна, имеющая цивилизованное государство. Но если в государстве отсутствует установленный порядок, не выполняются законы, попираются права его граждан, а люди живут по понятиям, то это не государство, это - демократия в худшем ее проявлении, попросту анархия, махновщина.

Другими словами: если есть коллектив, то это - порядок. Если каждый сам за себя - это хаос. Хаос - это тоже порядок, но не для коллектива. Только хаос не предполагает структур. Хаос предполагает либо разрушение структур, либо безразличное к ним отношение, объективно приводящее к разрушению. И тогда что же энтропия, мера хаоса [3]? Получается, что ее увеличение также приводит к разрушению структур? Патриарх Московский и Всея Руси Кирилл в одной своей проповеди перед паствой так и говорил: "Никакая система не может преодолеть энтропию, опираясь на свой собственный внутренний ресурс. Энтропия - это хаос, нарастание беспорядка, разрушение. Только божественная сила может предотвратить ее нарастание".

Вне всяких сомнений Владыко прав. Только божественная сила, сила законов природы, которые установил Бог, способны влиять на рост энтропии.

В книге [4] говорится о компенсации рассеянной энергии ростом энтропии: "Поступление энергии в какую-либо систему недостаточно для ее упорядочения, необходимо присутствие специальных механизмов, которые бы могли преобразовать эту энергию в пригодную для ее использования форму". Энергия - это необходимое условие. А достаточным условием, как говорится в той же книге, является "сознательный проект". Да, именно сознательный, а не случайный. Проект, который является отражением строгого закона природы, а не стохастический, вероятностный.

Нобелевский лауреат Илья Пригожин высказывал свои предположения относительно возможности образования упорядоченности из хаоса [5]. С этими высказываниями можно согласиться, если принять положение о том, что, как было показано выше, хаос - это строгий порядок, описываемый тензором высокого ранга. И этот порядок можно перевести в понимаемый человеком порядок - векторное поле или скалярное поле. Перевод можно осуществить с помощью оператора дивергенция, того математического инструмента, благодаря которому сложные нелинейные процессы превращаются в линейные, осязательные. Именно линейные процессы способны предсказать человек. Нелинейные процессы, трансцендентные, человеку предсказывать очень сложно.

Другими словами, всё что линейно - от человека, всё что нелинейно - от Бога.

"Тепловая жизнь Вселенной"

В поле исключительного внимания ученых за последние несколько десятков лет оказалась наука о нелинейных процессах. Это прежде всего нелинейная математика, а также оптика, газовая динамика, механика твердого тела и даже медицина. Везде искали солитоны, такие локализованные решения, которые получаются в результате баланса диссипативных и дисперсных сил. Ученые знали, что реальные процессы происходят с потерей энергии, с ее обесцениванием. Она (энергия) превращается в тепловую и рассеивается. И всегда задавались вопросом, восстанавливается ли она? И если понимали, что она восстанавливается, то неизбежно наткнулись на солитоны. Так, например, Джон Скотт Рассел случайно "наткнулся" на солитон, который назвал уединенной волной (пространственный солитон). А вот исследования А.А. Андропова и А.А. Витта привели к открытию временного солитона, который они назвали автоколебаниями. И в том, и в другом случае математическая физика была одна и та же. Конкурировали две силы: диссипации и дисперсии. И только при их сбалансированности наступало равновесие. Появлялось новое качество. Так, что же это за силы? Ну, силы диссипации понятны. Стоит только сказать, что это силы, раздвигающие функцию распределения. Дисперсия при этом увеличивается! Вот! А значит увеличивается энтропия. А силы дисперсии? К ним относятся силы, порождаемые таким математическим свойством как нелинейность. Помните нелинейные дифференциальные уравнения? Так вот, математическая нелинейность приобретает строгий физический смысл [6]. Во многих задачах газовой динамики и др. это свойство определяет процесс локализации функции распределения. Дисперсия при этом уменьшается. Значит падает энтропия? Да! Но сначала о том, почему уменьшается дисперсия. Это происходит потому, что процесс упорядочивается. Процесс поглощения поступающей извне энергии, потерянной при диссипации, строго дозируется системой. Система может забрать из всего массива энергий только ту и столько, сколько ей позволяют внутренние формы освобожденного объема, фракталы (топологические размерности). В случае автоколебаний, только ту энергию, частота поступления которой соответствует частоте собственных колебаний системы (аналогия с резонансным методом Ленгмюра в электрофизике плазмы).

Возвращаясь к понятию автоколебаний, отметим, что они могут возникнуть только в том случае, когда будут выполнены три условия:

1. Наличие колебательного контура (в ЖРД - это продукты сгорания, заполняющие камеру).
2. Поступающая в контур внешняя энергия для компенсации всяких потерь (энергия горения топлива).
3. Регулятор поступления дозированной энергии для компенсации потерь.

Последнее условие выполняется благодаря нелинейности процессов. И опять не обошлось без промысла Божьего. Кто бы мог заранее предсказать, даже подумать, что какая-то абстрактная неочевидная нелинейность вернула энтропию в исходное положение.

Теперь остается поговорить о "Тепловой смерти Вселенной". Точнее о "Тепловой жизни Вселенной". Клаузиус показал, что энтропия растет, а значит энергия обесценивается. Все придет в конце концов к абсолютному нулю температуры. Но! Ведь все говорят, что система Вселенной незамкнута. Это значит, что, как минимум, в нашу Солнечную систему есть доступ внешней энергии. В первую очередь это энергия самого Солнца (рис. 4) до тех пор, пока оно не погасло. Кроме



Рис. 4 Энергия Солнца



Рис. 5 Звёзды



Рис. 6 Термоядерная энергия космических столкновений

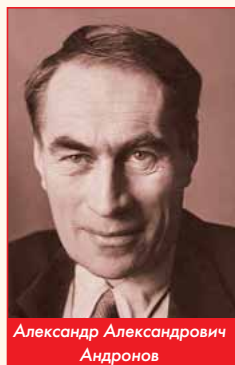
того, энергия от Вселенной поступает от бесконечного количества звёзд (рис. 5). И конечно - это энергия от ядерных и термоядерных реакций, происходящих во Вселенной. Различные тела: звезды, планеты, спутники, кометы, астероиды, метеориты благодаря всемирному тяготению движутся навстречу друг другу. Они развивают огромные скорости и не застрахованы от столкновений. Возможно, более того весьма вероятно, что при столкновениях могут реализоваться условия для термоядерных реакций (рис. 6).

Теперь о том дозаторе энергии, который необходим, чтобы пополнить дефицит потерянной энергии из-за роста энтропии. Что же это за аппарат, который приведет тот образовавшийся новый хаос в первоначальный Вселенский? В тот универсальный хаос, который царит везде и на протяжении веков. Который описывается высоковалентным фундаментальным тензором, являющимся единственным во все времена. Этот математический аппарат есть аппарат, описывающий нелинейность, трансцендентность и в первую очередь это - дивергенция. Именно она (дивергенция) отражает нелинейные свойства Вселенной. При этом восстанавливается потерянная энергия и "Тепловая жизнь Вселенной" продолжается. Во веки веков. □

Литература

1. Ю.М. Кочетков. Турбулентность - не хаос, а тонкоорганизованная структура // Двигатель №6, 2004.
2. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Закон пси от кси // Двигатель №2, 2017.
3. Я.М. Гельфер. История и методология термодинамики и статистической физики. // М. Высшая школа, 1981.
4. А.В. Фомин. Доказательства существования Бога // М. Новая мысль, 2005.
5. I. Prigogine, I. Stengers. Order Out of Chaos // New York. Bantam Books, 1984.
6. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Градиентные волны Кельвина-Гельмгольца // Двигатель №2, 2014.

Связь с автором: swgeorgy@gmail.com



Александр Александрович Андронов



Александр Адольфович Витт