

К ВОПРОСУ НАБЛЮДЕНИЯ ДИСКРЕТНЫХ СОСТОЯНИЙ ПРИ ФЛУКТУАЦИЯХ В МАКРОСКОПИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

А. О. Грубич

Несколько лет назад была опубликована не характерная для «Успехов физических наук» статья [1], в которой сообщалось о результатах более чем сорокалетних наблюдений необычного поведения флуктуаций в различных макроскопических системах – от биохимических до физических – и делались выводы о том, что наблюдаемые закономерности «являются проявлением фундаментальных физических свойств нашего мира» и «свидетельствуют о весьма общей космофизической (космогонической) причине феномена». Фактически авторы сообщили о наблюдении ряда феноменов, якобы имеющих место в экспериментальных исследованиях распределений случайных величин. Основные результаты получены при проведении многочисленных измерений числа импульсов, регистрируемых за равные интервалы времени при радиоактивном распаде. Например, авторами были проведены 15 000 измерений числа импульсов от источника плутония-239, неподвижно укрепленного на полупроводниковом детекторе. Время каждого измерения равнялось 6 с, а наблюдаемое среднее значение интенсивности счета – 15 имп/с. Результаты проведенных измерений представлены в статье [1] на рис. 2 в виде эмпирических функций распределения, построенных по данным, полученным для 1000 первых измерений, затем 2000 измерений, 3000 и т. д., – всего на рис. 2 изображено 14 экспериментальных функций распределения. Эти и другие функции распределения (см. там же, рис. 1–5 и 9, 10) авторы [1] называют «гистограммами», или «распределениями результатов измерений». С этими терминами можно в принципе согласиться, однако далее будем все же называть такие экспериментально построенные функции выборочными распределениями (ВР). Таким образом, на рис. 2 в статье [1] изображены ВР, нормированные на объем выборки:

$$\text{ВР}(\mathbf{k}) = \mathbf{e}_{\mathbf{k}}, \quad \Sigma \mathbf{e}_{\mathbf{k}} = N, \quad (1)$$

где $\mathbf{k}$ – число импульсов, зарегистрированных за равновеликие интервалы времени; $\mathbf{e}_{\mathbf{k}}$ – число событий, в которых наблюдалось данное значение $\mathbf{k}$; N – объем выборки.

Выводы, к которым пришли авторы [1] в результате почти полувекового исследования характеристик ВР случайных величин, полученных в разнообразных экспериментах с макроскопическими системами (в измерении интенсивности счета радиоактивного препарата макроскопическими объектами являются счетный образец, детектор ионизирующего излучения и все применяемые электронные устройства), поистине замечательны. К сожалению, стиль изложения и терминология, предложенная в [1], таковы, что необходимо заново уточнить классификацию описываемых феноменов. Читатель может самостоятельно убедиться, что при этом мной не допущены неверные интерпретации. Перечислю основные результаты работы [1].

1. Наблюдаемые отклонения ВР от теоретической функции распределения для бесконечной выборки не являются следствиями статистики, а отражают некоторые не замеченные до сих пор феномены в характере флуктуаций в макроскопических процессах.

2. Наблюдаются корреляции между ВР, полученными по результатам измерений на одной и той же установке через 24 часа, 27 суток и около 365 суток. Назовем данный феномен «временной корреляцией ВР».

3. Наблюдаются не нашедшие объяснения корреляции между ВР, полученными при проведении синхронных (одновременных) испытаний на разных экспериментальных установках. Причем наблюдаемые корреляции в синхронных экспериментах не зависят как от расстояния между установками, так и от объекта исследования, т. е. от природы наблюдаемой случайной величины. Последний феномен будем называть далее «синхронной корреляцией ВР».

Наиболее неудачно в [1] изложен материал, касающийся первого феномена, – в оригинале: «не случайности тонкой структуры распределений результатов измерений», – которому посвящен разд. 2 и отчасти введение. А жаль! Ведь провести независимую проверку феноменов временной и синхронной корреляций ВР – задача достаточно трудоемкая, проверить же вывод о том, что наблюдаемое отклонение ВР от теоретического не является следствием статистики, достаточно просто.

С точки зрения *истории* многолетних исследований, подытоженных в [1], стимулом для их проведения послужили как раз наблюдения, в которых якобы содержались намеки на существование первого феномена. В этом можно убедиться, ознакомившись, в частности, с послесловием к [1]. Однако определенная коллизия заключается в том, что с точки зрения *логической структуры* анализируемой работы (и это также следует отнести к ее недостаткам) окончательное доказательство истинности данного утверждения авторы связывают с якобы имеющими место наблюдениями временных и синхронных корреляций ВР. Тем не менее в качестве первого шага на пути независимой проверки предлагаю ознакомиться с результатами анализа поведения ВР в серии обычных испытаний, без исследования феноменов временной и синхронной корреляций. Появляется ли после его проведения желание продолжить независимую проверку других якобы наблюдаемых феноменов либо нет, читатель может судить сам.

1. Выборочная функция распределения

Экспериментальной установкой, использованной нами для построения ВР числа импульсов, регистрируемых при радиоактивном распаде, послужил головной образец радиометра ТИМ-110. Данное средство измерений имеет два блока детектирования, в каждом из которых установлен кремниевый детектор. Непосредственно под детектором размещается счетный образец, испускающий бета-излучение. Импульсы с блоков детектирования подаются через коммутатор на стандартный спектрометрический АЦП-712, установленный в крейте КАМАК. Информация с АЦП поступает на ПЭВМ и визуализируется на мониторе в графической и цифровой формах. В качестве источников излучения применялись два слабоактивных счетных образца, содержащих ^{90}Sr + ^{90}Y в радио-

активном равновесии. В выбранном для измерений спектрометрическом окне средние значения числа импульсов, зарегистрированных за равные интервалы времени, равнялись 331 для первого и 55 для второго блоков детектирования. Измерения на обоих блоках детектирования выполнялись одновременно и начинались в одно и то же время суток в течение нескольких дней. Однако далее мы ограничимся анализом результатов, полученных на блоке детектирования, в который помещался образец со средним числом регистрируемых импульсов, равным 331, поскольку дальнейшие исследования, в том числе и проверка феноменов временной и синхронной корреляций, были приостановлены по причинам, описанным ниже.

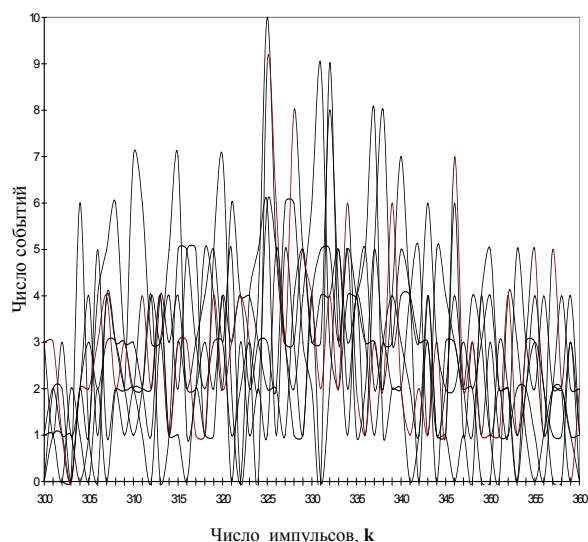


Рис. 1. Семь ВР для объема выборки $N = 200$

На рис. 1 изображены результаты семи циклов испытаний. Каждый цикл состоял из двухсот измерений числа импульсов, регистрируемых за равные интервалы времени, по 10 с каждый. На оси ординат указано число наблюдений данного значения k . Для наглядности изображения дискретные данные на рисунке аппроксимированы непрерывными кривыми. Как видим, ВР для каждого из циклов, включающего всего $N = 200$ испытаний, представляют собой фактически «шум» с максимальной амплитудой от 0 до 10 событий. Средние значения $\langle k \rangle_i$, наблюдаемые в каждом цикле ($i = 1, 2, \dots, 7$), весьма близки к величине $\langle k \rangle = 331$, измеренной по всей совокупности испытаний $N = 1400$. Как и должно быть, объем выборки $N = 200$ является достаточным для оценки среднего значения $\langle k \rangle$, но слишком мал для построения наглядного, достаточно гладкого ВР.

ВР, построенное по всей совокупности из 1400 испытаний, изображено на рис. 2. Данное экспериментальное распределение характеризуется значительными колебаниями в числе наблюдаемых событий, но уже позволяет провести наглядное графическое сравнение с теоретическим распределением, которое, как хорошо известно, в случае $\langle k \rangle \gg 1$ является распределением Гаусса, также изображенным на рис. 2 с нормировкой на объем выборки.

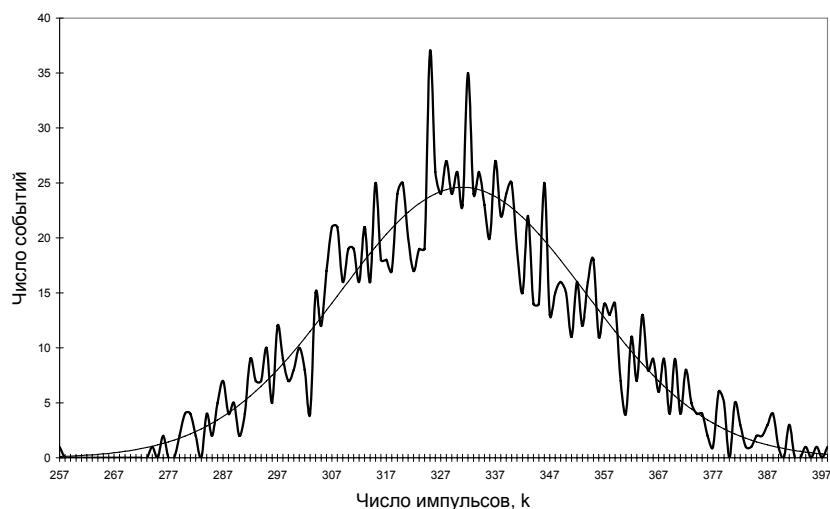


Рис. 2. ВР для объема выборки $N = 1400$

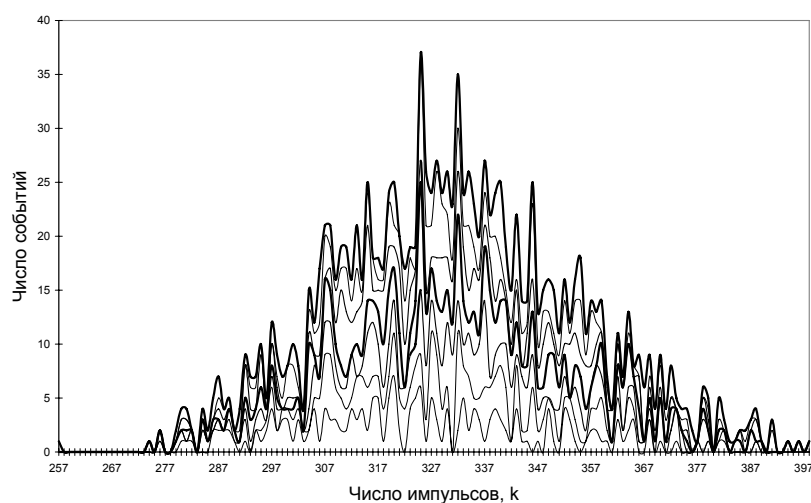


Рис. 3. Графики функций $ВР^1 \div ВР^7$

Наконец, на рис. 3 изображены «послойные», в терминологии [1], функции $ВР^j$, полученные на основе экспериментальных данных: только для первого цикла измерений – $ВР^1$ ($j = 1$; $N = 200$); данных для первого и второго циклов вместе – $ВР^2$ ($j = 2$; $N = j \times 200$) и т. д. В принятых здесь обозначениях функцией ВР, изображенной на рис. 2, является функция $ВР^j$ для $j = 7$.

2. Сопоставление данных

Сопоставим полученные результаты с данными, приведенными в [1]. Прежде всего отметим, что графики функций $ВР^j$, изображенные на рис. 3, аналогичны графикам на рис. 1–5 и 9, 10 работы [1], согласно которым мы должны были бы наблюдать следующие особенности в форме распределений:

«...и здесь получили дискретные, с несколькими экстремумами, распределения результатов измерений. Было показано, что эти распределения не являются тривиальными эффектами недостаточного числа измерений или каких-либо артефактов. *Наблюдалось... явно закономерное изменение их формы в последовательных опытах*» (здесь и далее выделено мной. – А. Г.);

«...закономерное изменение тонкой структуры гистограмм во времени... не объяснимо чисто математическими закономерностями».

Что ж, еще раз взглянем на рис. 3. Здесь тоже как бы наблюдается закономерное изменение формы BP^j в последовательных циклах измерений. Однако нетрудно показать, что это всего лишь следствие выбранного способа представления экспериментальных данных. Действительно, все результаты измерений можно представить в виде таблицы, строки которой нумеруются значениями числа зарегистрированных импульсов k в порядке их возрастания, а в столбцах записаны числа, соответствующие числу событий, в которых в данном измерительном цикле наблюдалось соответствующее значение k . В последнем столбце таблицы приведем суммарное число событий для каждого значения k , а в последней строке – суммарное число испытаний. Ясно, что для каждого измерительного цикла последняя величина будет равна установленному объему выборки $N = 200$ и только для последней колонки, описывающей всю совокупность проведенных испытаний, – величине $N = 1400$. В результате получим таблицу, приведенную ниже. Представление данных в таком виде эквивалентно, разумеется, их графическому представлению на рис. 3, на котором графику BP^j соответствует сумма результатов для каждого значения k по первым j циклам в таблице:

$$BP^j = \sum BP_i \quad (i = 1, 2, \dots, j; j \leq 7), \quad (2)$$

$$BP_i = i_{ek}. \quad (3)$$

i -му измерительному циклу соответствует совокупность наблюдений, выполненных в определенный интервал времени. Графики функций BP_i – данные столбцов таблицы для i -го цикла – изображены выше на рис. 1. Причем возрастание номера цикла i строго соответствует временной последовательности выполнения измерительных циклов. Это дало основание авторам [1] постепенное «проявление» максимумов распределений на рисунках типа рис. 3 связать с наблюдением определенной закономерности изменения BP^j во времени. Но это иллюзия.

Переставим мысленно в произвольном порядке колонки в таблице, соответствующие измерительным циклам. В этом случае информация о последовательности выполнения циклов во времени будет, очевидно, полностью утрачена. Однако если данные модифицированной таким образом таблицы вновь изобразить графически в виде соответствующих функций BP^j , то на полученном изображении снова неизбежно возникнут те же самые максимумы, поскольку от произвольной перестановки колонок с данными циклов конечный результат всех проведенных наблюдений – последний столбец в таблице – не изменяется. То, как при этом в деталях проявятся на изображениях модифицированных BP^j ($j = 1-6$) соответствующие максимумы итогового распределения BP^7 , так или чуть иначе, картину в целом не меняет: максимумы присутствуют в распределении BP^7 и, значит, неизбежно «вырастут» при любой перестановке колонок с данными по отдельным циклам измерений.

Таблица

Число импульсов k	Число наблюдений величины k в i -м цикле, $i e_k$							Сумма по всем i циклам (BP^7)
	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	$i = 4$	$i = 5$	$i = 6$	$i = 7$	
...	...	...	...	...	...	...	...	...
330	4	2	6	3	3	4	4	26
331	0	0	9	3	4	2	5	23
332	2	9	3	8	4	4	5	35
...	...	...	...	...	...	...	...	...
Всего:	200	200	200	200	200	200	200	1400

Поэтому утверждение авторов [1] о закономерностях проявления (роста) максимум BP^i во времени является иллюзией, обусловленной выбранным способом изображения экспериментальных данных. Максимумы, вроде, и проявляются по мере увеличения объема выборки все четче и четче (см. рис. 3), но этот рост – только следствие выбранного представления данных посредством функций BP^i и не имеет никакого отношения к действительной последовательности выполнения циклов наблюдений во времени.

Далее остановимся на особенностях итогового по семи циклам распределения BP^7 . Объясняются ли статистикой наблюдаемые отклонения полученного эмпирического распределения от теоретического? Разумеется, да! Действительно, среднее число событий наблюдения какого-либо значения k пропорционально объему выборки: $\langle e_k \rangle \sim N$, а амплитуда разброса значений BP от соответствующего теоретического распределения $\sim N^{1/2}$. Поэтому с увеличением объема выборки абсолютная амплитуда разброса числа наблюдаемых событий увеличивается, а относительная (при нормировке распределений на единицу) – уменьшается пропорционально $1/N^{1/2}$. Этой простой закономерности удовлетворяют как распределения, изображенные на рис. 1 и 2, так и приведенные на иллюстрациях в [1].

Таким образом, можно констатировать, что форма BP в зависимости от величины объема выборки изменяется в соответствии с известными статистическими закономерностями, а указанные в [1] аномалии – «...закономерное изменение тонкой структуры гистограмм во времени...» – результат неверной интерпретации экспериментальных данных. Сомнений в эргодичности рассмотренного процесса нет. Как же быть с феноменами временной и синхронной корреляций? Для обнаружения и исследования данных явлений авторами [1] применялся некий специализированный программный продукт, осуществляющий автоматический анализ наблюдаемых событий на ПЭВМ. Предполагаю, что источник якобы обнаруженных феноменов следует искать в алгоритмах и в принципах анализа событий, реализованных в указанном программном обеспечении.

3. К психологии научного творчества

В эксперименте всегда присутствуют объект исследования и субъект, которым является экспериментатор, осуществляющий наблюдение. Обычная процедура подтверждения достоверности экспериментального результата заключается в его независимой проверке. Таков общепризнанный стандарт исследовательской работы. Одновременно, фактически, проверяется и независимость наблюдаемого эффекта от личности экспериментатора: ведь всегда, когда есть субъект, имеется принципиальная возможность влияния на исход эксперимента такого фактора, как психологическое состояние наблюдателя. Действительно, при первом сообщении об обнаружении феномена мы либо *верим* представленному эмпирическому результату (ожидаю, разумеется, его дальнейшего подтверждения в независимых экспериментах в целях подтверждения истинности), либо отвергаем как заведомо ложный. В последнем случае явно или неявно выдвигается одна из следующих гипотез о причинах ошибки, две из которых относятся не к предмету исследований, а к психологии наблюдателя:

1. Ложь – сознательно неверная интерпретация результатов наблюдений либо преднамеренное создание артефактов путем вмешательства в ход эксперимента.
2. Артефакт – эффект, обусловленный не природой исследуемого явления, а неучтенным влиянием аппаратуры и/или окружающих условий.
3. Ошибка – неверная интерпретация данных, некорректное выполнение эксперимента и/или применение неадекватных алгоритмов обработки экспериментальной информации либо все вышеперечисленное вместе взятое.
4. И наконец, интеллектуальная патология.

С последним случаем имеем дело, когда сталкиваемся с настойчивым предложением ознакомиться с идеей очередного *perpetuum mobile* и т. п. На противоположном полюсе ложь – трезвый, расчетливый обман в целях получения определенной выгоды. Отнесение некорректного экспериментального результата к артефакту либо к ошибке является достаточно субъективным решением. По сути, артефакт – та же ошибка. Граница между артефактом и ошибкой размыта. Артефактом (штатив-эффектом) называют ошибку, причина которой весьма и весьма нетривиальна.

Мне неизвестны истинные причины ошибок, допущенных авторами [1], и в данном конкретном случае я ни в коей мере не претендую на право проведения какого-либо анализа, выходящего за рамки теории измерений. Однако считаю необходимым поделиться несколькими замечаниями (касающимися одной из причин появления ошибочных результатов), возможно, заслуживающими внимания в связи с очевидным ростом в последние годы числа так называемых «нетрадиционных исследований». Речь идет о специфической ошибке, обусловленной особым психологическим состоянием наблюдателя.

Для многих исследователей путь в науку не является случайным. Тогда с выбором профессии связаны яркие переживания, в которых значительное место принадлежит эмоциям удивления и восторга, а также формированию, той или иной силы, образа интеллектуального героя. Однако научное творчество предъ-

являет к человеку повышенные требования и для многих первоначальный выбор оказывается тяжелой ношей. Наиболее просто возникший кризис разрешается в том случае, когда общество поощряет переход от одного вида деятельности к другому: от работы в области фундаментальных исследований к прикладной науке, от прикладной науки к технике и технологии и т. д. Осознать в кризисном состоянии свое истинное положение – не простая задача. Известно [2], что психическая энергия «неохотно оставляет когда-то занятые ей объекты». Когда личности с творческой установкой не удастся адаптироваться к реальности, происходит одно из двух: либо она становится жертвой сомнительной идеи, либо происходит вытеснение первоначальной установки в область подсознания. В первом случае психическая энергия остается в распоряжении сознания, человек продолжает энергично работать, творческий накал может даже увеличиться; во втором – психическая энергия оказывается скованной вытесненной установкой и начинается мучительный процесс, сопровождающийся нарастанием настроений негативного содержания и определенной потерей работоспособности, степень которой определяется количеством энергии, находящейся в распоряжении вытесненной установки.

Длительность кризиса, его интенсивность изменяются в широких пределах. Творческий кризис может продолжаться месяцы и годы, а может растянуться на десятилетия, превратив человека в неудачника. В этот нелегкий период значительное влияние на судьбу может оказать формирование установки на «чудо». Ведь готовность современного человека встретить чудо, готовность поверить в него, все еще скрыта только тонким налетом рационализма. Во всяком случае это справедливо по отношению ко многим, если не к большинству из нас.

Если даже исходить из известной точки зрения, что «чудо» является иллюзией, корни которой лежат в инфантильных переживаниях [2], то, тем не менее, нельзя отрицать того обстоятельства, что ориентировка на чудо является мощным источником психической энергии, источником эмоций, в том числе и удивления, играющего значительную роль в эмоциональной жизни исследователя. Действительно, согласно [3], «Чудо – (θαμβος) = удивление, благоговение».

Как правило, имеет место бессознательная ориентировка на чудо. Причем, как и другие стремления, установка на чудо обладает полярными свойствами. Негативная составляющая заключена в этом случае в возможности культивирования инфантильного ожидания результата без адекватных затрат усилий – ожидание результата, получаемого по мановению волшебной палочки, которую осталось только найти. В любом случае жажда мучительна. Это стремление, его аромат прекрасно отражают следующие строки Александра Росткова («Чудоптица»):

*Есть ли в нашей жизни Чудо,
Есть ли волшебство,
Есть ли счастье и откуда
Ожидать его?*

Когда человеком, в силу тех или иных обстоятельств, овладело такое настроение, тогда он и находится в том *особом* психологическом состоянии, кото-

рое мало подходит для естественнонаучного исследования. Сознание наблюдателя оказывается в этом случае под чрезмерным влиянием бессознательных сил, в результате чего одни факты могут получить гипертрофированное значение, другие – быть неосознанно упущены из поля зрения, контролируемого вниманием. Интересно, что указанное психологическое состояние небезопасно и для поисков в мире горнем – имеются в виду ошибочные действия, называемые в православии «прелестью», а также самочинное стремление к подвижничеству. Таким образом, в науке увлечение эмоциями может привести к ошибке в интерпретации эмпирических данных, в религии – к ошибочному толкованию индивидуального опыта. В обеих областях исследований *наблюдателю* необходимо иметь холодную голову. Но это уже тема сравнительной психологии научного и религиозного мышления.

Автор благодарит О. М. Луговскую, которая обратила его внимание на статью [1] и без чьего кропотливого труда и энтузиазма данная работа никогда не была бы выполнена, поскольку все 1400 измерений, анализируемые выше, проведены ею.

Автор выражает глубокую признательность В. Г. Барышевскому за внимание к данной работе и поддержку, которые тем бесценнее, чем далее мы отходим от среднестатистического состояния.

Литература

1. Шноль С. Э., Коломбет В. А., Пожарский Э. В. и др. // УФН. 1998. Т. 168, № 10. С. 1129–1140.
2. Фрейд З. Введение в психоанализ. М., 1995.
3. Полный церковно-славянский словарь протоирея Г. Дьяченко: Репринтное воспроизведение издания 1900 г. / Издательский отдел Московского патриархата. М., 1993.

ABOUT SUPERVISION OF DISCRETE CONDITION AT FLUCTUATION IN MACROSCOPIC SYSTEMS

A. O. Grubich

The analysis of phenomena [1] is carried out. The results [1] have not been substantiated. The explanation of behaviour of distributions [1] by illustrations is given. An influence of a psychological condition of the observer on result of experience is discussed.

Reference

1. Shnol S. E., Kolombet V. A., Pojarsky E. V. et. al. // Usp. Fiz. Nauk. 1998. Vol. 168, № 10. P. 1129–1140.