УДК 303.732.4

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ КАК МЕТОД РЕШЕНИЯ СЛОЖНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ. ЧАСТЬ I. АПОРИИ ЗЕНОНА

Бескровный И.М.

ОАО «Ангстрем», e-mail: bozman1930@mail.ru

Показано, что строгое выполнение известных процедур системного анализа существенно повышает эффективность анализа даже таких сложных логических проблем, которые на протяжении столетий привлекали внимание многих выдающихся мыслителей, но так и не получили должного разрешения. Рассмотрение ведётся на примере анализа ряда неразрешённых парадоксов древности (апории Зенона и др.). Установлено, что эта неразрешимость не является принципиальной, а связана лишь с ограниченными возможностями классической арифметики. Использование методов системного подхода и простых дополнительных математических методов, слегка выходящих за рамки классической арифметики, позволяет апории Зенона полностью разрешить. Это снимает все основания под многочисленными философскими рассуждениями о загадочности свойств материи, пространства и времени, связанными с «неразрешимостью» указанных парадоксов.

Ключевые слова: системный анализ, опровержение древних парадоксов

THE SYSTEM ANALYSIS AS A METHOD OF THE SOLUTION OF COMPLEX LOGIC PROBLEMS. PART OF I PARADOXES BY ZENON

Beskrovnyy I.M.

The senior research assistant of Open Society «Angstrem-M», e-mail: bozman1930@mail.ru

It is shown that strict performance of known procedures of the system analysis essentially raises efficiency of the analysis even such complex logic problems which throughout centuries drew attention of many outstanding thinkers, but not received the decisively refutation. Consideration is conducted on an example of the analysis of some not resolved paradoxes of an antiquity (by Zenon, etc.). It is established that this unsolvability is not basic, and is connected only with the limited possibilities of classical arithmetic. Use of methods of the system approach and the simple additional mathematical methods which are slightly beyond classical arithmetic, allows paradoxes by Zenon to resolve completely. It removes all bases under numerous philosophical reasoning on mysteriousness of properties of a matter, space and time, connected with «unsolvability» of the specified paradoxes.

Keywords: the System analysis, the Refutation of ancient paradoxes

Предлагаемая работа посвящена анализу причин безуспешности многочисленных попыток разрешения несколько древних парадоксов (апорий), сформулированных древнегреческим мудрецом Зеноном. Внимание автора к такой «несерьёзной» проблеме может показаться странным. Но дело в том, что анализу этих парадоксов посвящено большое количество работ. Им уделяли внимание такие выдающиеся мыслители, как Аристотель, Кант, Бертран Рассел, Ленин и много-много других. Можно было бы привести предлинный список литературы по этому вопросу, но ограничимся только одной ссылкой на интернет ресурс Руслана Хазарзара, где в весьма обширной публикации [2] ссылок этих можно найти предостаточное количество.

Цель работы – показать, что кажущаяся неразрешимость этих парадоксов преодолевается при грамотном использовании основных принципов системного анализа. Предлагаемая для решения поставленной задачи методология системного анализа (СА) состоит из совокупности формализованных приемов, позволяющих выделить такое конечное множество связей, влияющих на сущность рассматриваемой проблемы, которое с необходимостью определяет роль и значение каждого существенного элемента и отношения между ними. Каждый из методов СА обладает наибольшей эффективностью при разрешении проблем определённого класса. Что касается проблемы неразрешимости апорий Зенона, то здесь эффективным является один методологический прием, заведомо полезный при анализе проблем любого класса. Этим приёмом, использование которого следует считать обязательным, является соблюдение определенной последовательности этапов системного анализа [1], которая представлена на рисунке.

Последовательность этапов системного анализа

Необходимый первый этап системного анализа – выявление проблемной ситуации.

На этом этапе ищут ответа на вопрос «*Что случилось*?» Почему надо создавать (конструировать, совершенствовать) новую систему? или решать какую-то задачу? Ответ должен быть сформулирован в четких, конструктивных терминах, позволяющих наметить пути ликвидации проблемной ситуации.

Второй этап – формирование набора целей, достижение которых обеспечит ликвидацию (компенсацию последствий) или хотя бы снижение остроты возникшей (или выявленной) проблемной ситуации. Набор целей в своей совокупности должен четко определять состояние системы, достижение которого ликвидирует проблемную ситуацию.

На третьем этапе осуществляется формирование набора функции или действий, которые надо осуществить (осуществлять) для достижения сформулированных на втором этапе целей, то есть формируется ответ на вопрос: «*Что надо делать (сделать) для того, чтобы намеченные цели были достигнуты?»*

Четвертый этап – проектирование системы (или комплекса средств). Подбирается элементная база системы, разрабатывается ее структура, на основе которой возможна реализация набора функции, сформированного на третьем этапе.

И, наконец, на пятом этапе осуществляется проверка реализуемости спроектированной системы (адекватность разработанной модели, процедуры) при заданных внешних условиях. Итогом проверки является ответ на вопрос: «Так ли хороша система (модель) на практике, каковой она была задумана в проекте и в какой мере ликвидирована проблемная ситуация?»

При отрицательном ответе на этот вопрос показанные на рисунке этапы системного анализа реализуются в обратном порядке. А именно: проверяется адекватность разработанной структуры сформированному набору функций, затем – адекватность сформированных функции заданному набору целей и т.д. В конечном итоге вновь анализируется проблемная ситуация и движение по этапам вновь идет в прямом порядке. Такой процесс должен циклически повторяться до тех пор, пока на пятом этапе не будет достигнут положительный результат.

Продемонстрируем полезность описанной процедуры на основе анализа одной из наиболее известных апорий Зенона об Ахиллесе и Черепахе. В вольном изложении апория звучит так. Ахиллес никогда не сможет догнать Черепаху, которая в момент старта находится впереди него на некотором расстоянии (назовём это расстояние *форой*) по следующей причине. Когда Ахиллес пройдёт дистанцию, равную *форе*, Черепаха продвинется на некоторое расстояние (назовём его *разрыв*). Теперь, когда Ахиллес пройдёт дистанцию, равную *разрыву*, Черепаха вновь продвинется, и опять между ними останется разрыв, и т.д. до бесконечности. По модели, предложенной Зеноном, получается, что сколько бы раз ни проходил Ахиллес промежуток, отделявший его от Черепахи на очередном этапе, между ним и Черепахой будет оставаться разрыв. ***Поэтому***, утверждал Зенон, Ахиллес никогда не догонит Черепаху.

Рассмотрение начнем, как полагается, с первого этапа СА – анализа проблемной ситуации, которая заключается в следующем. Есть логичное по форме изложение процесса безнадёжной погони Ахиллеса за Черепахой и есть объективное знание того, что на практике Ахиллес эту Черепаху быстро догонит. Таким образом, из, казалось бы, безупречного рассуждения следует абсурдный вывод. В этом и состоит парадокс. А проблема опровержения парадокса состоит не в поисках доказательства того, что Ахиллес на деле догонит зловредную Черепаху. В этом и сам Зенон не сомневался. И во многих публикациях это успешно доказывалось. На самом деле проблема состоит в том, чтобы найти логическую погрешность в его рассуждениях, хотя, как утверждается в [2] – «…они безупречны».

Проверяем реализацию второго этапа СА – формулирование целей. Определяем, что необходимо найти доказательства того, что в модели Зенона имеется изъян, то есть надо доказать, что либо приводимая система доказательств не верна, либо эти доказательства логичны, но доказывают не ту цель, которая декларировалась. Заявленная таким образом цель на третьем этапе СА логично определяет структуру наших действий – детальный анализ предложенного Зеноном описания процесса движения Ахиллеса.

Вот с этого описания и начнем. Точное текстовое содержание парадокса Зенона нам неизвестно, различные источники излагают его по-разному. Однако практически всегда цель упоминается в неявном виде, без точного указания, что значит – «догнать». Примем следующую, не вызывающую неясность, формулировку: «догнать» – значит, в определённый момент времени оказаться в такой точке дистанции, чтобы удаленность Ахиллеса от точки его старта равнялась удалённости Черепахи от этой же точки. Фраза, вроде бы, тривиальна. На третьем этапе определяем – что нужно сделать, чтобы обеспечить достижение поставленной цели. Ответ очевиден – Ахиллесу необходимо пройти расстояние большее, чем дистанция, отделявшая его от Черепахи в момент старта.

Фраза тривиальна. Но именно здесь и происходит нехитрая подмена. Дело в том, что в апории наблюдать Ахиллеса предлагается не в момент достижения цели, а в тот момент, когда он проходит лишь часть дистанции, а именно расстояние, отделяющее его от Черепахи в момент очередного старта. В этом и заключается весь «секрет». В апории имеет место подмена целей. На самом деле в ней описывается процесс приближения к цели с разбиением его на отдельные акты наблюдения. И утверждается тривиальная истина – если наблюдать за догоняющим лишь в моменты прохождения очередного разрыва, то процесс таких наблюдений может повторяться бесконечное число раз. Но, заметим, не бесконечное время! Реальное время от момента старта до достижения места встречи (которое «изменить нельзя») однозначно задается соотношением скоростей бегунов и длиной первого разрыва – «форы». Рассмотрим это подробней.

Мы не знаем точного варианта изложения апории Зенона. В различных публикациях она излагается по-разному, но суть при этом остается неизменной. Возьмем для рассмотрения изложение, приведенное в [2]:

– «*…А сейчас давайте примем следующие условия. Пусть Ахиллеса отделяет от финиша расстояние 1, а черепаху – 1/2. Двигаться Ахиллес и черепаха начинают одновременно. Пусть для определенности Ахиллес бежит в 2 раза быстрее черепахи. Тогда, пробежав расстояние 1/2, Ахиллес обнаружит, что черепаха успела за то же время преодолеть отрезок 1/4 и по-прежнему находится впереди героя. И т.д. …*»

Проводя системный анализ этого высказывания, на втором его этапе при анализе структуры функций зададимся вопросом. А почему, собственно, мы следим за Ахиллесом, а не за Черепахой? Черепаха впереди, и если Ахиллес её достигнет, то окажется рядом с ней, а этого события мы не пропустим. А прослеживать её перемещение будем в стиле Зенона, поэтапно. Таким образом, меняем предложенную Зеноном структуру функций и определяем её в следующем виде:

Пусть Черепаха, начав движение, пройдет отрезок 1/2. А Ахиллес, который движется в два раза быстрее, за это время пройдет отрезок, равный 1, и окажется на финише одновременно с Черепахой. Finita la Commedia!

Переходим к пятому этапу системного анализа – проверка адекватности нашей модели. На её основе доказано, что Ахиллес Черепаху догоняет. Но нет ответа на вопрос, а почему из модели Зенона следует обратное?

В соответствии с правилами СА движемся по основным этапам в обратном порядке и от пятого этапа переходим к четвертому этапу – проверяем структуру предложенной нами модели. Здесь, вроде, всё в порядке. Имеется два объекта, движущихся с разными скоростями. Более медленный объект находится впереди более быстрого на расстоянии форы.

На третьем этапе структура функций задана логично. Медленный участник пассивно уползает. И за его передвижением ведется наблюдение. Быстрый участник реализует предписанное ему действие – ликвидирует имеющийся разрыв в один прием. Тем самым обеспечивается достижение цели, сформулированной на втором этапе – догнать беглянку, что он и делает в один приём. Но, перейдя к начальному этапу – анализу проблемной ситуации, видим, что истинная проблема остаётся нерешенной. Во-первых, не выяснено, где же скрывается изъян в модели Зенона. Почему наши рассуждения приводят к правильному результату, а стройные и логичные рассуждения Зенона – нет. Во-вторых, приведенное решение справедливо только в случае, когда все параметры процесса находятся в определённых количественных соотношениях, а именно – фора = 1/2, скорость Черепахи = 1, скорость Ахиллеса = 2 и дистанция от места старта Ахиллеса до места встречи – до финиша равна 1. Эти количественные значения заданы в [2].

Рассмотрим ситуацию с помощью алгебраических уравнений. Вообще-то делать это не желательно. Во времена Зенона не знали алгебры и такого фундаментального понятия алгебры как *переменная.* Но иного выхода пока не видно. Введём следующие обозначения

A_W – преимущество, даваемое более слабому участнику состязаний (фора);

R_E – разрыв между убегающим и догоняющим, остающийся между участниками после прохождения предыдущего этапа;

W_A – путь, пройденный Ахиллесом;

W_T – путь, пройденный Черепахой;

v_A – Скорость Ахиллеса;

v_T – Скорость Черепахи;

$C_A = v_{A/}\ v_T$ – отношение скоростей Ахиллеса и Черепахи.

Используя эти обозначения, запишем несколько очевидных соотношений. За некоторый промежуток времени T_0 Черепаха пройдёт отрезок W_T, равный

$$W_T = v_T T_0. \qquad (1)$$

Очевидно, чтобы догнать Черепаху, Ахиллес за это же время должен пройти путь W_A, определяемый соотношением

$$W_A = v_A T_0 = A_W + v_T T_0. \qquad (2)$$

Из соотношения (2) следует, что

$$T_0 = W_A / v_A = (W_A - A_W) / v_T. \qquad (3)$$

Умножив два правых члена соотношения (3) на величину v_A, получим окончательное соотношение, связывающее три величины W_A, C, и A_W.

$$W_A = C(W_A - A_W). \qquad (4)$$

Теперь, задав произвольно любые две величины, третью величину можно найти из соотношения (4). Мы видим, что перенос объекта наблюдения с одного участника на другого позволяет получить ответы на все вопросы: на какой дистанции догонит Ахиллес Черепаху при заданной скорости и форе, за какой промежуток времени, какая скорость должна быть, чтобы встреча состоялась на заданной дистанции при заданной форе и т.д. Но в нашей модифицированной модели процесс завершается в один прием. А при этом ничего нельзя сказать о характере процесса движения – носит ли он непрерывный или дискретный характер (на чём настаивал Зенон). Значит, действенное опровержение выводов Зенона надо искать, строго придерживаясь предложенной Зеноном процедуры с последовательным разделением остающихся разрывов на всё более уменьшающиеся отрезки.

Попробуем присмотреться к формуле (5), с помощью которой описывается процесс движения Ахиллеса, заданный Зеноном. Более детально описываемая этой формулой последовательность представлена в табл. 1.

Таблица 1

Расстояние до финиша		1	1/2	1,4	1,8	1/16
Путь, проходимый на очередном этапе	$\sum_{i=1}^{\infty} 1/2^{\,n} =$(5)	1/2	+1,4	+1/8	+1/16	+1/32

Табл. 1 полностью раскрывает причину неудачи Ахиллеса. Вся суть в том, что на каждом очередном этапе, каким бы малым ни оставался промежуток, отделяющий Ахиллеса от финиша, ему «разрешается» пройти только половину этого промежутка. Тогда процесс перемещения Ахиллеса можно записать в следующем виде:

$$W_A = \lim_{n\to\infty} \sum_{1}^{n} 1/2^n = 1. \qquad (6)$$

А соотношение (6) означает, что как бы ни было велико значение n, сумма членов ряда всегда будет меньше единицы. Стало быть, в рамках предложенной модели Черепаху догнать невозможно. Но мы-то знаем, что это не так. Как же быть? Разумный выход только один: если предлагаемая модель противоречит объективной реальности, то надо корректировать модель, а не пытаться, переосмыслить основы мироздания.

Оставаясь в рамках описания процесса движения, предложенного Зеноном, обеспечить Ахиллесу возможность догнать Черепаху можно единственным способом. Надо просто «разрешить» ему на каком-то заключительном этапе продвинуться не на половину остающегося разрыва, а преодолеть этот разрыв целиком. Собственно такой подход – чтобы на заключительном этапе Ахиллес двинулся чуть дальше дозволенного ему интервала – предлагался во многих публикациях. Только там не приводилась математическая формулировка этого подхода.

Ну, а мы постараемся доказать правильность своего подхода математически. Для этого в математической модели процесса движения следует ввести дополнительное слагаемое и вместо выражения (5) записать следующее соотношение:

$$W_A = \sum_{n=1}^{N} 1/2^{\,n} + 1/2^N = 1 \text{ при } 1 \le N \le \infty. (7)$$

Но если привести модель в соответствие с реальностью и какой-то из заключительных разрывов сделать неделимым, то это даёт повод сторонникам идеи Зенона утверждать, что движение по своей природе всё-таки дискретно.

Но теперь мы имеем иную ситуацию. Дело в том, что соотношение (7) справедливо при любом значении N. Можно подобрать такую величину этого параметра, что отрезок, определяемый слагаемым $1/2^N$, может иметь длину любого порядка малости. Это может быть ангстрем, нанометр, пентаметр. Его расчётная длина может быть равной величине диаметра атома, или, если угодно, одной миллионной от этой величины. Стоит только подобрать соответствующее, достаточно большое, значение параметра N. Так что никакой «дискретности» добавляемое слагаемое не вносит, поскольку

$$\lim_{N\to\infty} (1/2)^N = 0.$$

Переходим к пятому этапу – проверяем адекватность модели. Устанавливаем, что Ахиллес догонит Черепаху при любом значении N, и этот факт доказан. Показано, что предложенная модель не противоречит постулату о непрерывности движения, поскольку допускает возможность деления проходимого пути на отрезки любого порядка малости. Но остается еще одно ограничение. Соотношение (7) описывает путь Ахиллеса только для случая, когда значения всех параметров таковы, как они предложены в [2]. Поэтому для общего случая необходимо построить новую модель.

Выше было показано, что встреча состоится, если будет выполнено равенство

$$D_A = W_A = D_T = A_W + W_T, \qquad (8)$$

где D_A – удаление Ахиллеса от старта и D_T – удаление Черепахи от этой же точки.

Примем условия Зенона, что процесс движение осуществляется поэтапно. На первом этапе проходит расстояние A_W, а на втором – продвигается на дистанцию, равную разрыву R_{E1} между ним и Черепахой, образовавшемуся по завершении первого этапа. Поскольку

$$R_{E1} = A_W /,C,$$

то

$$R_{E2} = \frac{R_{E1}}{C} = \frac{A_W}{C^2}, \text{ и т.д,} \qquad (9)$$

то путь Ахиллеса в общем виде можно представить в виде бесконечного ряда

$$W_A = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{A_W}{C^n}. \qquad (10)$$

Соответственно путь Черепахи отображается бесконечной последовательностью

$$W_T = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{A_W}{C^{n+1}}. \qquad (11)$$

Из соотношений следует, что условием завершения погони является достижение равенства

$$D_A = W_A = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{A_W}{C^n} = D_T = A_W + \sum_{n=0}^{\infty} \frac{A_W}{C^{n+1}} \qquad (12)$$

однако это равенство никогда не может быть достигнуто, поскольку после прохождения каждого N-го этапа между догоняющим и преследуемой остаётся разрыв $R_{En} = A_W / C^{n+1}$, наличие которого обусловлено условиями поставленной задачи. Так пора, наконец, «разрешить» Ахиллесу ликвидировать на одном из этапов этот самый разрыв.

Для этого достаточно добавить к дистанции, проходимой Ахиллесом, только одно слагаемое и переписать соотношение (12) в следующем виде:

$$D_A = W_A = \frac{A_W}{C^{N+1}} + \sum_{n=0}^{N} \frac{A_W}{C^n} = D_T = A_W + \sum_{n=0}^{N} \frac{A_W}{C^{n+1}} \quad \text{при } 1 \le N \le \infty. \qquad (13)$$

Вот теперь можно сказать, что цель достигнута. Соотношение (13) позволяет Ахиллесу приближаться к цели бесконечно малыми перемещениями. Наличие дополнительного слагаемого этому не препятствует, поскольку слагаемое это может принимать бесконечно малые значения, так что говорить о вносимой им дискретности движения не приходится. И в то же время требуемое равенство соблюдается при любом значении N, начиная с $N = 1$.

$$D_A = W_A = A_W + \frac{A_W}{C} + \frac{A_W}{C^2} = D_T = A_W + \frac{A_W}{C} + \frac{A_W}{C^2}. \qquad (14)$$

Здесь, пожалуй, следует дать дополнительные пояснения. Посмотрим, как выглядит график забега, если он проводится в соответствии с соотношением (13). Примем, что забег должен завершиться за четыре этапа и относительная скорость $C = 3$. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Номер этапа	1	2	3	4	Дистанция от старта
Путь Ахиллеса за один этап	A_W	$A_W/3$	$A_W/9$	$A_W/27 + A_W/81$	$A_W(1 + 40/81)$
Путь Черепахи за один этап	$A_W/3$	$A_W/9$	$A_W/27$	$A_W/81$	$A_W(1 + 40/81)$
Разрыв	$A_W/3$	$A_W/9$	$A_W/27$	0	0

Как видно из табл. 1, всё, что требуется Ахиллесу – это пройти на четвёртом этапе дистанцию не 3/81 A_W, а 4/81 A_W , то есть увеличить скорость на 4/3 и вместо $C = 3$ развить скорость $C = 4$. Для спортсмена это, конечно, несложно, а вот как быть с дискретностью? А очень просто – пусть это приращение скорости произойдет не на четвёртом, а на тысячном, на миллионном, да на каком угодно этапе. Главное достигнуто – Черепаха никуда от него не денется, и нет никакой дискретности.

Конечно, для доказательства пришлось привлечь математические понятия, выходящие за рамки элементарной арифметики. Однако, как справедливо отметил Говард де Лонг [3], – одно из фундаментальных свойств арифметики состоит в том, что она может поставить гораздо больше задач, чем сможет решить. В этом и только в этом заключается «неопровержимость» парадоксов Зенона, которая ни в коей мере не влечёт за собой никакого «гносеологического кошмара» [2].

Апория «Дихотомия»

Что касается другой апории Зенона «Дихотомия», то она основывается на аргументах, схожих с аргументами, приведенными в апории «Ахиллес», и утверждает невозможность начать движение: ведь для того, чтобы пройти весь путь, движущееся тело сначала должно пройти половину пути, но чтобы преодолеть эту половину, надо пройти половину половины и т.д. до бесконечности. Иными словами, при тех же условиях, что и в предыдущем случае, мы будем иметь последовательность отрезков, непрерывно возрастающих по величине: $(½)^n$, ..., $(½)^3$, $(½)^2$, $(½)^1$. Если в случае апории «Ахиллес» соответствующий ряд не имел заключительного отрезка, то в «Дихотомии» этот ряд не имеет *первого* отрезка. Стало быть, если движение как процесс считать непрерывным, то движение не может начаться. А поскольку, согласно элеатам, движение не только не может закончиться, но и не может начаться, движения нет и быть не может!

Здесь, как и в предыдущем случае, можно пойти на «уступку» и ввести элемент дискретности. Можно в качестве первого отрезка продвинуться на неделимую дистанцию $1/2^N$, где $1 \le N \le \infty$., тем самым соглашаясь, что если дискретность и существует, то выражается она произвольно малой величиной, значение которой можно установить бесконечно малым по отношению к любой самой малой мысленно или физически выявленной частице материи. Можно ли это считать доказательством непрерывности процесса движения? Безусловно, нет! Это всего лишь математическая модель, параметры которой никак не связаны с параметрами пространства, времени и движения. Но эта модель, по крайней мере, логична. Сопоставление выводов, следующих из этой модели, не противоречит наблюдаемым фактам. Стало быть, может считаться адекватной описываемому процессу до тех пор, пока не будут выявлены новые свойства этого процесса, наличие которых потребует разработки новой модели. Таковы требования системного подхода.

Апория «Стрела»

Третья апория Зенона «Стрела», пожалуй, самая труднодоступная для системного анализа. По отношению к двум предыдущим апориям анализ, проведенный в рамках предписанной последовательности СА (анализ проблемной ситуации, формулировка целей, формулировка функций), привел, в конечном итоге, к выяснению истинной причины возникновения парадокса. Правда, для этого пришлось использовать математические понятия, не известные во времена Зенона (алгебраические уравнения, бесконечные ряды и т.д.). По отношению же к апории «Стрела» дело обстоит гораздо сложнее.

Суть апории «Стрела», в изложении, приведенном в обзоре [2], заключается в следующем: «…в *каждый момент полета* стрела *занимает* определенное место и *покоится* в нем; *стало быть*, *движение* стрелы есть *сумма состояний покоя*, т.е. стрела не движется». Сложность анализа этого утверждения состоит в том, что здесь нет ни модели, анализ которой мог бы показать её неадекватность, ни словесного описания процесса, поддающегося критике. Кроме того, парадокс возникает не только из утверждения, противоречащего реальности. Парадоксальным, по большому счёту, является лишь тот факт, что все последующие обсуждения этого парадокса разворачиваются без какого-либо анализа исходных предпосылок. Прежде всего – что такое *момент полета*? Скорее всего, здесь имеется в виду *момент времени*. Под этим понятием, по умолчанию, подразумевается некоторая точка – координата на оси времени, фиксирующая начало некоторого события – либо достижения некоторого этапа, либо его завершения. В этом же смысле термин используется в научных текстах. – «В *момент* t_0 тело находилось в точке A, а в *момент* t_1 переместилось в точку D». При этом однозначно подразумевается, что координатные точки (*моменты времени*) не имеют никакой протяжённости во времени. Протяжённостью обладает лишь интервал между этими точками.

В наше время невозможно судить о том, в каких именно выражениях излагал свои доводы Зенон. До нас дошли только изложения, многократно переведенные и пересказанные. Итак, примем, что *момент времени* – это координата. Тогда, что означает прилагательное *каждый* в рассматриваемом контексте. Обычно пишут так: – «В каждый последующий момент времени t_n… и т.д.» При этом подразумевается, что имеется несколько моментов t_0, t_1, …t_n… и есть соответственно временные интервалы между ними: $T_1 = t_1 - t_0$, $T_2 = t_2 - t_1$… и т.д. При таком общепринятом подходе вполне нормально воспринимается следующий текст: – «В момент времени t_0 стрела находится в области пространства с начальной координатой l_0, затем в момент t_1 – в области с начальной координатой l_1 и т.д.». Никаких неясностей такая фраза у грамотного человека не вызовет. Он понимает, что здесь «область пространства с координатой l_n» это всего лишь обозначение элемента пространства и стрела может здесь «находиться», но ни в коем случае не «покоиться», и что термин «находиться» применён здесь в процессе умозрительного анализа, в ходе которого можно спокойно «остановить» время в произвольный момент и любоваться стрелой, «находящейся» в этой точке неопределённо долго.

Итак, если выражение *каждый момент полета* использовано в качестве замены термина *момент времени* и этот термин используется в общепринятом смысле, то есть обозначает последовательность координат на временной оси, то парадокс исчезает. В этом случае стрела в каждый t_n-й момент времени находится (в смысле – умозрительно наблюдается) в определенной области пространства с начальной координатой l_n. Далее в момент времени t_{n+1} – находится в другой области с начальной координатой l_{n+1} и т.д. Причём отрезки пространства L_n, проходимые за отрезки времени T_n, определяются простым соотношением

$$L_n = l_{n+1} - l_n = T_n \overline{V}_n = (t_{n+1} - t_n)\overline{V}_n \quad (15)$$

где $\overline{V}_n$ – средняя скорость стрелы на данном участке полета. Установить только из соотношения (15), как двигалась стрела на этом отрезке, то ли равнозамедленно, то ли равноускоренно, то ли скачком – невозможно. Современные уравнения физики позволяют этот параметр вычислить при задании конкретных данных о стреле, о луке и о силе натяжения стрелы. Но никакая математика не в состоянии подтвердить или отвергнуть простое словесное утверждение, в котором не содержится никакого математического описания или формулы. И системный анализ здесь не может проявить свою эффективность.

Системный анализ не всесилен и, тем более, не всеяден. Его применение эффективно в таких ситуациях, когда речь идет об объектах, свойствах этих объектов, отношениях между ними, причинно-следственных связях. Ситуации, в которых всё это отсутствует, не входят в компетенцию системного анализа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бескровный И.М. Системный анализ и информационные технологии в социальной сфере и здравоохранении. Научный электронный архив при академии естествознания. 13.04.10: монография. – 254 с. – URL: http://www.econf.rae.ru/article/5287.

2. Руслан Хазарзар. Апории Зенона. – URL:http://zenoon.narod.ru/aporia.htm

3. Howard DeLong. Unsolved Problems in Arithmetic // Scientific American 224. – №3 (March 1971). – P. 60–64.