А.М.Анисов

ВРЕМЯ КАК ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС

Некоторые свойства времени позволяют представлять их геометрическими, т.е. пространственными средствами. Но было бы ошибочным сводить феномен времени к пространству, как это фактически делается в современной физике с её теорией единого пространства-времени. Если попытаться выразить суть времени в немногих словах, то можно сказать так: время – это вычислительный процесс. Переход от настоящего к прошлому и будущему – это результат вычислений, производимых самой природой. Поэтому в качестве базовых средств представления времени должны использоваться компьютерные модели. Другое дело, что имеющиеся в науке теории вычислимости здесь не очень-то пригодны, но требуют далеко идущих обобщений, ориентированных именно на моделирование времени.

1. Время и порядок событий

Реальный мир является совокупностью событий. События совершаются в пространстве и времени и находятся в разного рода пространственных и временн*ы*х отношениях между собой, что фиксируется в соответствующих высказываниях. Например, мы говорим, что событие s произошло *рядом* с событием s', или что событие s произошло *раньше* события s'. При этом пространственные и временн*ы*е отношения обладают определёнными свойствами. Так, ни для какого события s мы не скажем, что s произошло *рядом* с событием s, или что s произошло *раньше* события s. С логической точки зрения это означает, что бинарные отношения *рядом* (P) и *раньше* (R) обладают свойством *антирефлексивности*: $\forall s \neg(s\ P\ s)$ и $\forall s \neg(s\ R\ s)$. Отношение *раньше* обладает ещё одним примечательным свойством. Если s *раньше* s', и s' *раньше* s'', то s *раньше* s''. Это свойство называется *транзитивностью* и формально записывается в следующем виде: $\forall s \forall s' \forall s''((s\ R\ s' \ \&\ s'\ R\ s'') \rightarrow\ s\ R\ s'')$. Но пространственное отношение *рядом* свойством транзитивности не обладает. В самом деле, пусть имеет место s_1 *рядом с* s_2, s_2 *рядом с* s_3, …, s_{n-1} *рядом с* s_n. Если бы *рядом* было транзитивным, имели бы s_1 *рядом с* s_n, однако ясно, что совсем не обязательно s_1 окажется *рядом с* s_n. Так что отношение *рядом* не является транзитивным.

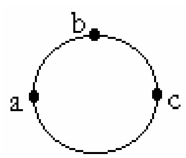
Кому-то сказанное выше может показаться мелочью, если не знать, что антирефлексивные и транзитивные бинарные отношения в логике и математике называют отношениями *частичного порядка*. Это самый примитивный порядок из всех возможных, но всё же порядок. Отсюда вытекает, что временн*о*е отношение *раньше* упорядочивает события (пускай частично). Однако нам не известно *ни одного* естественного бинарного пространственного отношения, которое было бы сразу и антирефлексивным, и транзитивным. Если последнее утверждение верно, то **время упорядочивает события, а пространство – нет**. Таким образом, уже на первом уровне рассмотрения временн*ы*х и пространственных отношений обнаруживается глубокое различие между временем и пространством.

К сожалению, данное различие сплошь и рядом игнорируется в различных областях знания. Весьма широкое распространение получила концепция так называемого мифологического времени, характеристическим свойством которого объявлена цикличность[1]. Мифологические события не просто следуют одно за другим, а повторяются вновь и вновь. В некоторых мифах творение мира происходит неоднократно. При этом буквально воспроизводится последовательность мировых

[1] См., напр.: *Элиаде М.* Космос и история. М., 1987.

событий, вплоть до очередной гибели мира. М.Элиаде (M.Eliade) различает в этой связи бесконечное циклическое время (ряд событий повторяется бесконечное число раз) и ограниченное циклическое время (число повторов конечно; например, золотой век может возвратиться, но лишь однажды)[2]. Парадоксальным образом, циклическое время, помимо мифов, встречается в современных физических теориях. Так, в 1949 г. К.Гёдель получил космологическую модель, в которой некоторые временноподобные линии оказались замкнутыми[3].

Все это очень увлекательно, однако цена принятия концепции циклического времени – отказ от отношения *раньше* как порядкового отношения. Примирить идеи цикла и порядка логически невозможно. Либо время как цикл, либо время как порядок, но не то и другое вместе. Если время изобразить при помощи замкнутой линии, как на



рисунке, то сказать, какое из событий *a*, *b*, *c* произошло раньше, нельзя в принципе. Если о событиях известно лишь то, что одно произошло в 3 часа, другое в 9, а третье в 12 часов, но неизвестно, произошли ли они в один и тот же день, ничего о временн*о*й последовательности этих событий сказать невозможно. Проблема в том, можно ли вообще использовать по сути пространственную структуру – линию – для моделирования времени. На наш взгляд, это можно делать только тогда, когда точки линии упорядочены (допустим, как на отрезке или интервале прямой). Но точки окружности уже не упорядочены, т.к. для них не выполняются приведённые аксиомы частичного порядка. Упомянутый результат К.Гёделя приходится оценивать как математический артефакт, открытый в геометрической теории, без должных оснований отождествляющей линию и время.

Тут мы сталкиваемся с достаточно распространенной ситуацией. Сначала предлагается плохо пригнанная к реальности математическая теория, использующая однако устоявшиеся термины в несвойственном им значении, затем моря чернил проливаются по поводу мнимой глубины этой теории, которая, дескать заставляет нас постичь всю парадоксальность привычных феноменов. Все это немедленно исчезает, как только осознаешь, что разгадка заключается именно в нетрадиционном приписывании значений терминам.

Сказанное касается не только математических теорий, но и концепций, ограничивающихся использованием естественного языка. Если имеются претензии на научность, пользоваться им надо с особой осторожностью. Даже если исследуешь мифы, не нужно наследовать мифологический стиль. Иначе, как в рассматриваемом случае, претендующая на научность концепция мифологического циклического времени сама превращается в миф. Если изобразить бесконечное циклическое «время» и его ограниченный аналог рядами …, *a*, *b*, *c*, *a*, *b*, *c*, … и *a*, *b*, *c*, *a*, *b*, *c* соответственно, то наглядно видно, что эти циклические цепочки событий не являются упорядоченными и потому не могут быть моделями времени (между прочим, ряд *a*, *b*, *c* уже упорядочен!).

Итак, *время либо упорядочивает, либо вообще не существует*. Мы без колебаний выбираем первую альтернативу, хорошо согласующуюся не только с нашими интуитивными представлениями о времени, но и с анализом времени в многовековой философской и научной традиции, поколебать которую модные физические теории не в состоянии по той простой причине, что повествуют они вовсе не о времени. Вообще, по прочтении подавляющего большинства из многочисленных статей и книг, посвященных проблеме времени, возникает неприятное ощущение, что нас ввели в заблуждение. Речь зачастую ведется не о времени как таковом, а о явлениях иного рода, хотя и имеющих какое-то отношение к феномену темпоральности. Пишут «время», а в

---

[2] Там же. С. 107.

[3] *Gödel K.* An Example of a New Type of Cosmological Solutions of Einstein’s Equations of Gravitation. “Reviews of Modern Physics”, Vol. XXI, 1949.

действительности говорят о световых сигналах, периодических процессах, часах, возрасте, математических структурах (которые без должных оснований объявляют моделями времени), высказываниях о времени, процедурах измерения времени и т.д[4]. Мы намерены здесь обсуждать именно проблему времени саму по себе, не подменяя ее вопросами хотя и важными, но другими.

Тем не менее, мы со своей стороны не собираемся игнорировать те полученные в той же физике результаты, которые имеют хотя бы отдалённое отношение к проблеме времени. Одним из таких результатов является установление при весьма специфических допущениях не абсолютности некоторых привычных временных связей. В специальной теории относительности (СТО) утверждается, что отношение *раньше* (двойственным образом, *позже*), а также отношение *одновременно* не абсолютны в том смысле, что для одной и той же пары событий s и s' может оказаться, что в одной системе отсчёта *s раньше s′*, в другой системе *s одновременно с s′* и т.п., – ситуация, немыслимая в классической физике и традиционной философии. С логической точки зрения здесь мы сталкиваемся с ситуацией, когда вместо обычных *бинарных* отношений *раньше* и *одновременно* мы имеем *тернарные* отношения: *s раньше s′ в системе отсчёта k* и *s одновременно с s′ в системе отсчёта k*. Теперь для конкретных s, s′, k и k′ вместе истинными могут быть как утверждение *s раньше s′ в системе отсчёта k*, так и утверждение *s одновременно с s′ в системе отсчёта k′*. И никакого парадокса тут нет, если $k \neq k'$. Другой вопрос, что вышеприведённые рассуждения о временном порядке касались бинарных, а не тернарных отношений. Однако в данном случае бинарность легко восстанавливается. Обозначим отношение *раньше* буквой E и положим, по определению, $s\ E\ s' \leftrightarrow_{Df} \neg\exists k($*s одновременно с s′ в системе отсчёта k*$)\ \&\ \exists k($*s раньше s′ в системе отсчёта k*$)$. Аналогичным образом вернём бинарность отношению *одновременно*, обозначив его через S: $s\ S\ s' \leftrightarrow_{Df}\ \neg(s\ E\ s')\ \&\ \neg(\ s'\ E\ s)$. Каков физический смысл только что осуществлённых операций? Он весьма прозрачен. Мы предлагаем считать, что *s раньше s′* в том и только в том случае, если s и s' соединены временноподобным или светоподобным интервалом, и что *s одновременно с s′*, если и только если, s и s' соединены пространственноподобным интервалом. Проще говоря, *s раньше s′*, если s может физически воздействовать на s', и *s одновременно с s′*, если s в принципе не может физически воздействовать на s', а s' на s.

Аналогичный подход к одновременности был предложен Г.Рейхенбахом (H.Reichenbach)[5], только в качестве определения одновременности им использовалось то, что у нас являлось содержательным комментарием. Наш подход более формальный, благодаря чему становится виден факт, по-видимому, не замеченный Рейхенбахом. При классическом понимании одновременности (обозначим его через H), это отношение является рефлексивным ($\forall s(s\ H\ s)$), симметричным ($\forall s\forall s'(s\ H\ s' \to\ s'\ H\ s)$) и транзитивным ($\forall s\forall s'\forall s''((s\ H\ s'\ \&\ s'\ H\ s'') \to\ s\ H\ s'')$). Рефлексивное, симметричное и транзитивное отношение называют отношением *эквивалентности*. Но, как вытекает из СТО, отношение одновременности S, будучи рефлексивным и симметричным (такое отношение называют отношением *сходства*), свойством транзитивности не обладает. Рассмотрим следующий контрпример. Представьте, что вы произвели выстрел (событие s′) и разбили окно (событие s″). Ясно, что $s'\ E\ s''$. Пусть где-нибудь в отдалении (скажем, на Юпитере) произошло световое событие s такое, что вспышка от выстрела не успеет достичь s, а свет от s не успевает достичь ни s', ни s''. Тогда $s\ S\ s'$ и $s\ S\ s''$. В силу симметричности $s'\ S\ s$. Если бы имелась транзитивность, из $s'\ S\ s$ и $s\ S\ s''$

[4] Подробнее см.: *Анисов А.М.* Время и компьютер. Негеометрический образ времени. М., 1991.
[5] Reichenbach H. Philosophy of Space and Time. N.Y., 1958. Глава II, §22.

получили бы $s' S s''$, что невозможно ввиду $s' E s''$. Таким образом, отношение сходства S отношением эквивалентности не является.

Почему это существенно? Дело в том, что каждому отношению эквивалентности на произвольном непустом множестве соответствует разбиение этого множества на непустые непересекающиеся классы. Поэтому классическому отношению одновременности H , заданному на множестве событий, также соответствует разбиение этого множества на непустые непересекающиеся классы. Эти непересекающиеся классы одновременных событий логично считать моментами времени. Точнее, назовём *моментом времени* t_s множество всех событий, одновременных с s: $t_s =_{Df} \{v | \ v \ H \ s\}$. Поскольку события частично упорядочены временн*ы*м отношением R, этот порядок индуцирует соответствующее порядковое отношение на множестве моментов: положим $t_s \ \boldsymbol{R} \ t_{s'} \leftrightarrow_{\mathrm{Df}} s \ R \ s'$. Ничего подобного нельзя проделать с не транзитивным отношением одновременности S, и потому в СТО бессмысленно вводить естественное определение момента времени как множества одновременных событий. Данное обстоятельство, на наш взгляд, является серьёзным логическим основанием для того, чтобы не считать эту теорию теорией времени. Интересно, но некоторые физики, следуя иными, чем здесь, путями, приходят в тех или иных отношениях к сходным выводам. «...Основное внимание в СТО, – утверждает У.Бёрке (W.Burke), – уделяется не времени, а часам...»[6]. Примечательное признание, если учесть, что книга процитированного автора далека от философской проблематики.

Могут возразить, что вся суть в том, что СТО коренным образом меняет традиционные представления о времени. При этом, очевидно, имеется в виду, что традиционные представления о времени были ошибочны, и потому отныне они должны быть заменены на единственно верные – те, которые используются в теории относительности. Эта ходячая точка зрения несостоятельна, по крайней мере, в двух отношениях. Во-первых, она сомнительна с позиций логики. Если нас не удовлетворяет традиционное понятие A и мы хотим заменить его понятием B, то лучше для понятия B использовать новый термин, а не оставлять тот же самый. В науке обычно так и делают. Когда было установлено, что форма Земли отличается от сферической, для этой формы был найден новый термин – геоид. Теперь представьте, что кто-то настаивает, что геология поменяла представления о форме Земли, и потому то, что раньше называлось сферой, ошибочно, и сферой надлежит называть геоид. Во-вторых, обсуждаемая точка зрения фактически ложна, ибо в реальной науке продолжает использоваться и развиваться традиционный подход к проблеме времени, совершенно не вписывающийся в существующие физические теории. Мы имеем в виду те представления о времени, которые складываются в геологии, эволюционной биологии, гражданской истории и многих других науках, которые можно было бы назвать *историческими* в широком смысле этого слова. Высокомерное пренебрежение данными этих наук чревато негативными последствиями для авторитета физики, как уже бывало. Вспомните знаменитую дискуссию о возрасте Земли, когда физики (лорд Кельвин, в первую очередь) на основании авторитетных физических теорий отводили существованию Земли полтораста миллионов лет, в то время как биологам и геологам, по их теориям, требовалось, как минимум, на порядок больше. Кто в итоге оказался прав?

Прежде, чем перейти к обсуждению представлений о времени в исторических дисциплинах, сделаем ещё несколько замечаний о временн*о*м порядке. Выше было установлено, что на множестве моментов времени имеется отношение частичного порядка. Спросим теперь, каков же конкретный тип этого порядка? В наиболее распространённом случае в науке принимается, что моменты времени *линейно* упорядочены. Логически это выражается формулой $\forall t \forall t' ((t \ \boldsymbol{R} \ t' \lor t' \boldsymbol{R} \ t \lor t = t')$. Но

---

[6] *Burke W.* Spacetime, Geometry, Cosmology. University of California, 1980. Глава I, §8.

события не образуют линейно упорядоченной совокупности по отношению *раньше* (будь это E или R). Линейная упорядоченность множества моментов времени позволяет применить следующую операцию: множество моментов времени T с отношением раньше $\boldsymbol{R}$ (т.е. пара $\{T, \boldsymbol{R}\}$ заменяется числовым множеством Z, линейно упорядоченным отношением меньше < (парой $\{Z, <\}$); при этом предполагается, что системы $\{T, \boldsymbol{R}\}$ и $\{Z, <\}$ *изоморфны*. Теперь события можно датировать, говорить о том, насколько одно событие случилось раньше, чем другое и т.д. Обычно в качестве Z берут множество действительных чисел, хотя на практике измерения времени не могут вывести нас за пределы рациональной числовой шкалы. В любом случае у соответствующего числового порядка нет ни первого, ни последнего элемента, что соответствует идее времени без начала и без конца. Вообще, здесь на шкале времени нет никаких особых точек или выделенных отношением порядка моментов.

2. Шкалы исторического времени

Насколько реалистичны подобные временн*ы*е шкалы без особых точек, насколько они соответствуют действительному положению дел в нашем универсуме? Тут мы вынуждены напомнить об исходном пункте осуществляемых здесь темпоральных построений – о базовом понятии события. Разные науки, помимо прочего, отличаются тем, классы каких событий они изучают. Для понимания проблемы времени очень важным является деление совокупности всех событий на две части. Есть события, которые *повторяются* во времени, а есть события, которые случаются во времени только *однажды* и не могут повториться, по крайней мере, в границах обозримого времени. Вспышка света, падение тела, столкновение частиц – всё это события первого рода. Возникновение Солнечной системы, вымирание динозавров, переход Юлием Цезарем Рубикона – события второго рода. Ещё неокантианцы Г.Риккерт (H.Rickert) и В.Виндельбанд (W.Windelband) обратили внимание на разделение наук на две группы в зависимости от того, являются главным предметом их интереса закономерно повторяющиеся события или события уникальные и лишь однажды бывшие. Первая группа была названа В.Виндельбандом *номотетическими* науками, вторая – *идиографическими*[7].

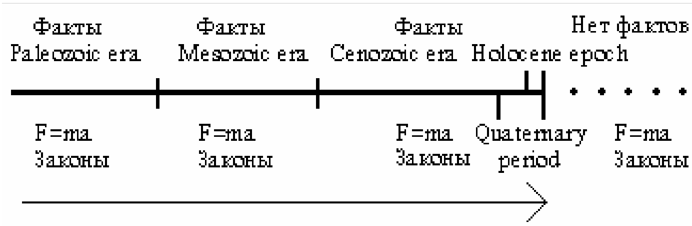
Можно было бы подумать, что в описании неповторимых или уникальных событий во времени особую роль играют собственные имена, однако пример с событием вымирания динозавров показывает, что уникальное событие может быть названо и без собственных имён. В свою очередь, повторяющееся событие может требовать использования собственного имени, например, событие «Сократ сидит». Последний пример наводит на мысль о том, что среди повторяющихся событий следует различать события, повторяющиеся на некотором интервале времени (Сократ много раз сидел в своей жизни, но не за её границами), и события, которые могут случиться за границами любого наперёд заданного временн*о*го интервала (например, событие взрыва). События с возможностью безграничного повторения и порождают геометрическое представление о времени как о бесконечной линии, на которой нет никаких особых точек. Другое дело уникальные события. Они заставляют строить временн*ы*е шкалы с особыми точками или интервалами. Как только физики занялись уникальным событием, – возникновением Метагалактики, – так сразу возникла шкала с выделенным *первым* моментом времени.

Ещё более удивительные вещи происходят со шкалами времени в исторических науках, по преимуществу интересующихся именно неповторимыми событиями. В этих шкалах время имеет *последний* момент или интервал. Имеется своего рода

[7] *Виндельбанд В*. Прелюдии. Философские статьи и речи. СПб, 1904.

канонический пример такой шкалы. Речь идёт о шкале геологического времени, в основе которой лежит история жизни на Земле.

На этой шкале (мы опустили многие её не столь существенные для исследуемого вопроса детали, в частности, на схеме не показаны такие начальные разделы шкалы, как архей и протерозой) время завершается кайнозойской эрой, четвертичным периодом и эпохой голоцена. Дальше ничего нет – последовательность эр, периодов и эпох обрывается. Нетрудно увидеть в эпохе голоцена *настоящее* шкалы, в предшествующих эрах и периодах – *прошлое* и, наконец, в области отсутствующих уникальных фактов – *будущее*. Изображённая ниже линия физического времени соответствует закономерно повторяющимся физическим событиям и совершенно не учитывает сам факт существования событий уникальных. Поэтому на ней отсутствуют области прошлого и будущего и момент настоящего.



Отмеченные особенности геологической шкалы не являются специфическими, а находят выражение в любой шкале *исторического времени*. Время в истории представлено шкалой с последним элементом – интервалом «теперь» или «сейчас». Речь идёт именно об интервале, поскольку настоящее в истории имеет длительность, выраженную в более мелких единицах времени. Так, настоящее политической истории может укладываться в минуты или даже секунды, но вряд ли имеет смысл рассматривать политические события в масштабе долей секунды. Дольше длится настоящее экономических процессов. Ещё б*о*льшую длительность имеет геологическое настоящее и т.п.

Зададим вопрос: какая из двух изображённых шкал с б*о*льшими основаниями может быть *названа* шкалой времени? Вне сомнений, первая шкала. Ведь именно на ней отражены такие существенные атрибуты времени, как прошлое, настоящее и будущее. Вторая шкала, представляющая из себя прямую бесконечную в обе стороны линию, напоминает нам о пространстве, но не несёт никакой специфически темпоральной информации. Временн*ы*е понятия привязываются к ней внешним образом. Конечно, первая шкала также пространственна, но это система весьма специфических отрезков, которые никакого самостоятельного значения (в отличие от понятия прямой линии) в геометрии не имеют. Более того, как мы увидим ниже, именно первая шкала указывает на необходимость перехода к негеометрическим представлениям о времени.

А теперь вернёмся к вопросу об отношении временн*о*й шкалы и реальности. Какая из двух шкал времени *точнее описывает* характеристики действительного универсума? Есть немало людей в философии и науке, которые однозначно отдали бы пальму первенства шкалам физического времени. Эти люди могли не знать о существовании шкал исторического времени. Но что, если они прочтут данную статью, что они скажут тогда? Увы, вряд ли они будут готовы изменить свою точку зрения. Для многих из них лишь физика даёт наиболее объективное описание реальности. А другие науки, та же геология, например, – разве менее объективны? Скорее, наоборот, усмотрение сходства между современной физикой и восточной философией, антропный принцип, введение наблюдателя в описание физической реальности и тому подобные идеи делают физику всё более и более субъективной. Повторим со всей ответственностью: описанные шкалы исторического времени являются итоговым результатом опытных научных исследований, в них нет ни грана от психологии восприятия времени или от характеристик сознания. Шкалы исторического времени полностью объективны, и у нас нет никаких весомых оснований сомневаться в их истинности: они в целом верно воспроизводят *темпоральные* особенности действительного мира, обусловленные существованием неповторимых уникальных событий.

Вытекает ли из сказанного, что шкалы физического времени реальности не соответствуют и потому должны быть отброшены как фантомные образования? Отнюдь. Надо только понять, что у действительного мира, помимо темпоральных, есть и *безвременн*ые черты, связанные с классом повторяющихся типизированных событий. Вот физика их и описывает. Даже о времени она говорит в геометрическом, и потому в безвременн*о*м по сути смысле. Злоупотребление физикой наступает тогда, когда начинают безапелляционно утверждать, что именно физика, и только она, раскрывает объективные характеристики времени, что время именно таково, каким оно описано в физических теориях. Но если *временем* называть время, а не что-то другое, то что это за время, в котором нет объективно выделенного настоящего, прошлого и будущего?

3. Феномен становления

Есть у времени ещё одна фундаментальная особенность. Мы ощущаем ход времени, говорим, что время течёт или идёт. Возможно, *течение времени* или *становление во времени* – это иллюзия нашего сознания? Физикалисты так и считают. Однако, признав, что исторические временн*ы*е шкалы описывают объективные, существующие независимо от субъекта характеристики реального мира, мы должны признать и объективность течения времени или становления. В самом деле, момент настоящего, являющийся последним на этих шкалах, таковым, скорее всего, не останется. С течением времени этот момент уйдёт в прошлое, а на смену ему придёт новый момент настоящего, наполненный новыми уникальными событиями. Но новое настоящее появится вовсе не из готового будущего. Обратим внимание: на исторических шкалах *будущего нет*, *будущее не существует как наполненное уникальными событиями образование*. Чем же тогда является такое будущее? Будущее – это то, что только предстоит создать самой природе. Имея в виду нашу способность постижения таких феноменов, лучше выразиться иначе: **будущее *вычисляется* природой**. Как только очередной этап вычислений закончится, получится новое настоящее.

Идея представления объективного времени в виде природного вычислительного процесса требует детальной разработки, осуществить которую нелегко и в концептуальном, и в техническом плане. Здесь мы находимся в самом начале пути. Кроме того, рамки статьи заставляют ограничиться лишь некоторыми содержательными пояснениями и построениями логического характера. С чего начать? Попробуем начать с того, чем мы обычно заканчивали – с вопроса о *ресурсах*. Прежде, чем получить новое настоящее, природный компьютер должен иметь свободное пространство для его размещения. Но в пространстве событий все места уже *заняты*. Значит, чтобы разместить полученное в ходе вычислений будущее, необходимо *прежде* избавиться, по крайней мере, от части событий, освободив некоторое пространство. **Уничтожение части событий природой есть *вычисление* прошлого**. Таким образом, не только будущее, но и прошлое является результатом вычислений.

Вычисление прошлого и будущего образуют связанную последовательность шагов становления. Пусть на *первом шаге* имеется упорядоченное множество M образованных событиями моментов времени, лишь один из которых является моментом настоящего h. Пусть также M занимает *всё* доступное для размещения событий пространство – в этом случае назовём M **настоящим метамоментом**.

Поскольку никаких новых событий разместить в универсуме нельзя, на *втором шаге* в каждом из моментов (включая момент настоящего h) происходит стирание части событий. Стираемые события не помещаются куда-то в особое место, а в абсолютном смысле *исчезают* из универсума, поскольку никаких свободных ресурсов для их сохранения нет. В результате уничтожения части событий получается структура M' с остатком бывшего настоящего h', оставляющая часть пространства для размещения событий свободной – такую структуру назовём **прошлым метамоментом**.

На *третьем шаге* образуется новый момент h, который непосредственно следует за h' (это означает, что $h' R h$ и $\neg\exists t(h' R t \& t R h)$) и который заполняется новыми событиями до тех пор, пока для этого в универсуме есть свободное пространство. Другие моменты не затрагиваются (поскольку будущее ничего не может добавить к прошлому, а может только отнять).

Как только ресурсы для размещения событий исчерпаны, возникает новый настоящий метамомент M с моментом настоящего h, что означает возвращение процесса к первому шагу. Затем всё повторяется вновь.

Таким образом, шаги становления образуют *замкнутый цикл*, из которого нет выхода. Универсум событий попеременно находится либо в состоянии настоящего, либо целиком проваливается в прошлое, либо, в модусе будущего, достраивается до нового настоящего. Даже эта *предельно упрощённая* картина становления во времени позволяет понять, насколько она далека от слишком примитивного геометрического образа времени. Здесь появляются вопросы, которые в принципе не могут быть поставлены для статических геометрических структур. Например, крайне важным становится проблема *осуществимости* очередного шага становления. Вполне может случиться так, что из-за логической невозможности выполнить очередное преобразование пространства событий ход времени оборвётся в состоянии логического аварийного останова (*логического авоста*). Так что будущее не гарантированно, **будущее может и не наступить**! Эта возможность есть не что иное, как идея *конца света*, которая, однако, появляется не по религиозным соображениям, а возникает в рамках науки.

Ещё одним следствием предлагаемой концепции времени как вычислительного процесса является утверждение *дискретной* природы временн*о*го ряда. Любое вычисление есть дискретная последовательность (возможно, повторяющихся) шагов (по крайней мере, мы исходим из такого предельно общего представления о вычислениях), и время здесь не составляет исключения. В соответствии с описанием третьего шага становления новое настоящее дискретным образом присоединяется к имеющемуся остатку темпоральной шкалы – прошлому метамоменту, образуя новый настоящий метамомент. И, тем не менее, несмотря на дискретное добавление всё новых и новых моментов вся метамоментная конструкция в целом не растёт, поскольку нового прибавляется ровно столько, сколько исчезло старого. Поистине, становление – это бег на месте.

В этой связи иную постановку получают вопросы о *направлении* времени и возможности его *обращения*. С одной стороны, метамоменты «растут» в направлении будущего (каждый третий шаг цикла становления). С другой стороны, они же сдвигаются в прошлое (каждый второй шаг цикла). Так в каком же направлении течёт время? И что теперь означает обращение его течения? То, что когда-то в будущем в качестве настоящего появится момент, который уже был настоящим в прошлом и затем подвергнулся частичному или полному уничтожению? Или то, что обращаются операции над событиями: стирание событий заменяется их пополнением, а пополнение их стиранием? Мы попытались обсудить круг этих вопросов в отдельной работе[8], но сразу скажем, что здесь далеко не всё ясно.

В обсуждаемой концепции времени весьма своеобразной оказывается проблема *начала* времени. В геометрических моделях времени такой проблемы нет в том смысле,

---

[8] *Анисов А.М.* Направленность и обратимость времени // Логические исследования. Вып.6. – М., 1999. С. 195-217.

что всегда можно либо взять время с начальным моментом t_0, либо постулировать отсутствие такого момента. С вычислительными моделями всё гораздо сложнее. Насколько нам известно, все предложенные к настоящему времени теории вычислимости и их обобщения исходят из одного непререкаемого допущения о том, что всякое вычисление имеет первый шаг выполнения (вычисление может заканчиваться или, напротив, никогда не заканчиваться, но это другой вопрос). Однако, не хотелось бы, чтобы особенности самой теории вычислимости предрешали вопрос о наличии или отсутствии начала становления во времени.

Список вопросов и проблем можно продолжать и дальше. Но и сказанного достаточно, чтобы убедиться в том, что предлагаемая концепция времени образует во многих аспектах совершенно новый проблемный комплекс. И это при том, что в рамках данной работы мы предельно упрощаем описание процесса становления[9]. Даже временн*о*й порядок был представлен слишком упрощённо, о чём пойдёт речь в следующем разделе.

3. Метла времени

Шкалы исторического времени обладают тем недостатком, что в них никак не представлено будущее. Между тем, будущее в определённом смысле всё же существует, но не так как настоящее и прошлое. Опыт исследования окружающей реальности позволяет заключить, что будущее – это некоторая совокупность альтернативных сценариев развития. От момента настоящего начинается *ветвление времени в будущее*, где каждая ветвь представляет возможный вариант будущего положения дел. Дадим формальное описание этой идеи.

Обозначим момент *настоящего* символом h, отношение *раньше* символом R и введем следующие сокращения:

$t \nabla t' \leftrightarrow_{Df} t\,R\,t' \lor t'\,R\,t \lor t = t'$ (сравнимость моментов времени t и t′);

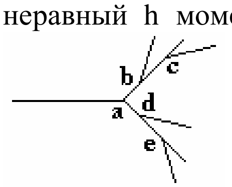
$t \mid t' \leftrightarrow_{Df} (t\,R\,t' \lor t'\,R\,t) \,\&\, \forall z(\neg(t\,R\,z \,\&\, z\,R\,t') \,\&\, \neg(t'R\,z \,\&\, z\,R\,t))$

(t и t′ – соседние моменты времени).

Примем следующие аксиомы временн*о*го порядка.

1. $\forall t\, \neg(t\,R\,t)$
2. $\forall t \forall t' \forall t''(t\,R\,t' \,\&\, t'\,R\,t'' \rightarrow t\,R\,t'')$
3. $\forall t(t \nabla h)$
4. $\forall t \forall t' \forall t''(t'\,R\,t \,\&\, t''\,R\,t \rightarrow t' \nabla t'')$
5. $\forall t(\exists t'(t'\,R\,t) \rightarrow \exists t''(t''\,R\,t \,\&\, t'' \mid t))$
6. $\forall t(\exists t'(t\,R\,t') \rightarrow \exists t''(t\,R\,t'' \,\&\, t \mid t''))$
7. $\exists t \exists t' (h\,R\,t \,\&\, h\,R\,t' \,\&\, h \mid t \,\&\, h \mid t' \,\&\, \neg(t \nabla t'))$

На этом список аксиом исчерпан. Очевидно, аксиомы 1 и 2 утверждают, что отношение R является отношением частичного порядка. Из аксиомы 3 вытекает сравнимость момента настоящего h с любым моментом времени. В частности, каждый неравный h момент времени либо раньше, чем h, либо позже, чем h. Аксиома 4 запрещает ветвление в прошлое (в этом случае говорят о линейности времени в прошлое). Аксиомы 5 и 6 утверждают, что отношение R дискретно как по направлению к прошлому, так и по направлению к будущему. Наконец, из аксиомы 7 следует, что время ветвится в будущее непосредственно от момента настоящего h.



Упрощённая наглядная модель аксиом приведена на рисунке. Свойства дискретности здесь не представлены. Зато модель иллюстрирует наличие у времени настоящего **a** = h, линейно упорядоченной исторической области (моменты, левее

[9] Более основательно проблема становления рассматривается в кн.: *Анисов А.М.* Время и компьютер.

настоящего **a**), и области ветвления, задающей возможное будущее (моменты, правее **a**). Описание процесса становления теперь должно усложниться: в него необходимо включить акт выбора конкретной ветви будущего (либо направления к моменту **b**, либо направления к **d**). Поскольку прошлое линейно, выбор одной из двух ветвей повлечет акт уничтожения проигнорированной ветви. Например, выбор **b** приведёт к исчезновению ветви, содержащей моменты **d** и **e**. При это момент **c** сохранит шансы сделаться когда-либо моментом настоящего. Демонстрирует модель и свойство линейности в прошлое: продвижение влево от моментов **c** или **e** будет происходить однозначно.

Упомянутое исчезновение не выбранных ветвей имеет важное значение для адекватного понимания феномена прошлого. Серьёзные историки пришли к выводу о том, что *история не знает сослагательного наклонения*. Всякие рассуждения о том, что было бы, если бы динозавры не вымерли, Наполеон был бы убит в молодости, а Ленин арестован в 1917 г. царскими властями, – никакого научного содержания не имеют и иметь не могут. Предлагаемые аксиомы временного порядка точным образом отражают данное обстоятельство. Прошлое не имеет реальных альтернатив даже при том, что когда-то, в прошлых метамоментах, перечисленные события находились в области реального будущего. Суть дела заключается в отсутствии возможности вернуться к этим метамоментам. Их попросту нет, они не существуют более в качестве реальности. Поэтому проследить цепочки возможных исторических следствий этих событий невозможно в принципе.

Построенная частично упорядоченная конструкция моментов времени в целом напоминает метлу. Мы предлагаем безнадёжно устаревшую метафору о *стреле времени* заменить новой метафорой *метлы времени*. Дополнительным основанием для этого служит то, что время не только содержит в себе прошлое наряду с настоящим (древко метлы) и многообразие возможного для данного метамомента будущего (ветки метлы). Оно ещё приводит к неизбежным новым утратам, делая прошлыми и, значит, не существующими, как физические тела, так и живые организмы, включая людей. Короче, время метёт, и ни что на свете не в состоянии избежать разрушающего воздействия времени.

4. ABT-вычислимость

В заключительном разделе будет дано краткое описание[10] синтаксиса и семантики абстрактного языка программирования ABT, который может служить более адекватным средством моделирования течения времени, чем все ныне существующие языки программирования, по сути восходящие к идее вычислимости по Тьюрингу (A.Turing). Реализовать язык ABT в его существенных особенностях на реальных компьютерах невозможно. Так, на этом языке, как будет показано далее, можно описывать процессы, не имеющие первого шага выполнения.

В предлагаемом подходе к вычислимости исходными будут понятия *события* и *процесса*. Условимся считать, что события не протекают во времени и фиксируются предложениями логики предикатов первого порядка, теории множеств и теории моделей, не содержащими ссылок на время. В отличие от событий, процессы сами по себе порождают течение времени и способны влиять на события в том смысле, что актуальное множество событий (событий, существующих «теперь») изменяется в ходе реализации процесса. Постулируется существование множества *элементарных* процессов, каждый из которых выполняется за один шаг абстрактной вычислительной машины. Остальные процессы считаются составленными из элементарных. По

---

[10] Полное описание можно найти в работе: *Анисов А.М.* Абстрактная вычислимость и язык программирования ABT // Логические исследования. Вып. 3. – М., 1995. С. 233-256.

определению, *процесс* – это линейная дискретная последовательность элементарных процессов.

Введем в рассмотрение идеальные (в противоположность реальным) вычислительные устройства – абстрактные компьютеры. Каждый абстрактный компьютер @ представляет из себя упорядоченную пару вида <Mm, Pr>, где Mm – память компьютера @, в которой размещаются результаты вычислений, и Pr – процессор, осуществляющий необходимые вычисления. Поскольку термин «вычисление» нами трактуется предельно широко, на размеры памяти Mm и возможности процессора Pr не накладывается никаких ограничений, связанных с требованиями финитности, конструктивности, алгоритмичности и т.п. Вместо этого будем считать, что абстрактные компьютеры способны совершать любые преобразования, допустимые в рамках теории множеств и теории моделей, и именно в этом смысле понимать термин «вычисление» применительно к абстрактным компьютерам. Важно, однако, чтобы последовательность таких преобразований была линейной дискретной последовательностью шагов, т.е. была процессом в нашем смысле.

В качестве памяти абстрактных компьютеров разрешается использовать любые непустые множества произвольной мощности. В частности, память Mm компьютера @ = <Mm, Pr> может иметь несчетную мощность.

По определению, Mm(S) – подмножество множества Mm, указывающее, как много регистров или ячеек памяти (элементов Mm) ушло на размещение объекта (множества) S:

$$\mathrm{Mm}(S) \subset \mathrm{Mm}.$$

А если в действительности объект S не был размещен в памяти Mm ? Тогда естественно считать, что для размещения S не была использована ни одна из ячеек памяти, т.е. что $\mathrm{Mm}(S) = \varnothing$. Короче говоря, объект S размещен в памяти Mm, если и только если $\mathrm{Mm}(S) \neq \varnothing$.

Последнее условие, налагаемое на множества вида Mm(S), касается проблемы размещения в памяти двух и более объектов. Если необходимо поместить в память Mm множества S и S' (за один шаг или последовательно, множество за множеством), будем считать, что они займут непересекающиеся области памяти Mm, если только эти множества различны:

$$S \neq S' \rightarrow \mathrm{Mm}(S) \cap \mathrm{Mm}(S') = \varnothing.$$

Если же S = S', то, само собой разумеется, Mm(S) = Mm(S'). Как тогда быть, если необходимо разместить в памяти один и тот же объект в нескольких копиях? Выход прост: достаточно проиндексировать тем или иным способом требующееся количество экземпляров, а затем разместить их в памяти компьютера. Если, скажем, необходимо иметь две копии множества S, то можно разместить в памяти объекты $\langle S, 0\rangle$ и $\langle S, 1\rangle$. Поскольку $\langle S, 0\rangle \neq \langle S, 1\rangle$, эти упорядоченные пары займут непересекающиеся области памяти.

Размещением теоретико-множественных объектов в памяти, равно как и их удалением, управляет выполняемая процессором Pr программа, написанная на специальном языке ABT – абстрактном языке программирования. Мы не будем задумываться над тем, каким образом устроен процессор Pr, способный выполнять любую ABT-программу. Кроме того, будем считать, что ABT-программы размещаются вне области Mm и что в Mm хранятся только результаты вычислений. В оправдание последнего допущения можно указать на то обстоятельство, что физическое пространство заполняют вещи и события, тогда как физические законы традиционно не рассматриваются как объекты, способные занимать место в пространстве. Но ABT-программы будут играть скорее роль законов, чем роль вещей и событий (фактов). Правда, особых законов. Ведь не обязательно относиться к законам природы как к данностям. Можно рассматривать их и как своего рода предписания к действию, предписания, подлежащие неукоснительному выполнению самой природой. До сих пор природа успешно «вычисляла» будущее. Справится ли она с этим делом в дальнейшем – вот вопрос.

Компьютеры, способные выполнять ABT-программы, будем называть ABT-компьютерами. Сформулируем постулат, касающийся ABT-программ и ABT-компьютеров, который ввиду его принципиальной важности выделим особо.

Постулат существования:

Любой объект может появиться в памяти Mm или исчезнуть из нее только в результате выполнения процессором Pr соответствующего оператора языка программирования ABT

Программы на языке ABT являются, по определению, конечной последовательностью инструкций

I_{i0}
I_{i1}
.
.
.
I_{in}

(где i_0, i_1, ..., i_n - натуральные числа и $i_j < i_k$, если $j < k$), которые выполняются одна за другой сверху вниз, если только нет команды изменить порядок их выполнения.

Каждая инструкция порождает элементарный процесс и содержит либо единственный оператор языка ABT, либо представлена в виде составного оператора

IF *условие* **THEN** *оператор* ,

где IF ... THEN имеет обычный смысл (как, например, в языке BASIC). Подчеркнем, что и этот составной оператор выполняется за один шаг и, таким образом, порождает элементарный процесс. В качестве *условий* можно брать любые теоретико-множественные и теоретико-модельные формулы.

Оператор GOTO. Хорошо известный оператор безусловного перехода. Используется в ABT-программах в виде конструкции

GOTO Ij,

где Ij - одна из инструкций соответствующей ABT-программы. Его действие ничем не отличается от поведения аналогичных операторов в обычных языках программирования.

Оператор завершения ABT-программ END. Если выполнен оператор **END**, процесс выполнения соответствующей ABT-программы заканчивается. При этом в памяти ABT-компьютера сохраняются все объекты, размещенные там в ходе выполнения программы.

Следующие два оператора специфичны, поэтому их характеристика будет более подробной.

Оператор выбора CHOOSE. Применяется в ABT-программах в следующей форме.

CHOOSE *список переменных* | *условие*

В этой записи *условие* означает то же самое, что и в случае оператора IF...THEN, за исключением того, что *условие* должно содержать **все** переменные из *списка переменных*, причем переменные не должны быть **связанными** (т.е. в условии не должно быть кванторов по этим переменным). На *список переменных* также накладываются ограничения: он не должен содержать **повторных** вхождений одной и той же переменной, и в него не могут входить переменные, значения которых **уже** размещены в памяти Mm. Поскольку вопрос о том, значения каких переменных размещены в памяти Mm, требует анализа хода выполнения соответствующей ABT-программы, последнее ограничение имеет не синтаксический, а семантический характер.

Более формально синтаксическую форму оператора CHOOSE можно представить в виде записи

CHOOSE $X_0,X_1,X_2,...,X_n$ | *условие*($X_0,X_1,X_2,...,X_n$) ,

где Xi - некоторая переменная, причем переменные Xi и Xj различны, если i≠j. Все выражение может быть прочитано как «Выбрать объекты (множества) $X_0,X_1,X_2,...,X_n$ такие, что выполняется предикат *условие*($X_0,X_1,X_2,...,X_n$)».

Сформулируем условия выполнимости оператора CHOOSE в общем виде. Если процессор Pr ABT-компьютера @=<Mm, Pr> выполняет синтаксически правильную инструкцию I вида

CHOOSE $X_0,X_1,X_2,...,X_n$ | *условие*($X_0,X_1,X_2,...,X_n$)

и *предусловие* P

$Mm(X_0)=\varnothing$ & $Mm(X_1)=\varnothing$ & $Mm(X_2)=\varnothing$ &...& $Mm(X_n)=\varnothing$

ложно, выполнение завершается аварийно: произойдет **авост**.

Если P **истинно**, процессор Pr пытается найти (выбрать) такие объекты (множества) $S_0,S_1,S_2,...,S_n$, которые, будучи присвоены в качестве значений переменным $X_0,X_1,X_2,...,X_n$ соответственно, обеспечивают *истинность условия* инструкции I. Затем процессор Pr пытается *разместить в памяти* Mm объекты $S_0,S_1,S_2,...,S_n$.

Если объектов (множеств) $S_0,S_1,S_2,...,S_n$, удовлетворяющих *условию* инструкции I и способных поместиться в свободной области памяти Mm, **не существует**, выполнение I завершается **авостом**. В противном случае (т.е. если требуемые объекты **существуют** и памяти для их размещения **достаточно**) выполнение I завершается успешно в состоянии, в котором **истинны** следующие *постусловия*:

$Mm(Si) \neq \varnothing$ для всех i, $0 \leq i \leq n$;

условие($S_0,S_1,S_2,...,S_n$) .

Приведём пример конкретной ABT-программы. Пусть T – какая-либо теория в не более, чем счётном языке первопорядкового исчисления предикатов. Рассмотрим синтаксически правильную программу

I_1 **CHOOSE** X | (X |= T)

I_2 **GOTO** I_1

Выполнение первой инструкции состоит в нахождении модели теории T. Но если теория T противоречива, она не имеет модели и выполнение I_1 в соответствии с семантикой оператора CHOOSE завершится аварийно. Однако и в том случае, если теория T имеет модель, это не гарантирует успешности выполнения инструкции I_1. Например, если память ABT-компьютера, на котором выполняется данная программа, конечна и теория T не имеет конечных моделей, попытка выполнить I_1 приведет к авосту.

Пусть теперь память Mm счётна (т.е. |Mm| = ω). Если теория T непротиворечива, то в соответствии с теоремами логики существуют счётные модели теории T. Одна из таких моделей будет найдена процессором Pr и размещена в памяти Mm. А если память Mm несчетна и T имеет бесконечную модель, то процессор Pr мог бы выбирать между неизоморфными моделями теории T, так как наряду со счетными моделями теория T имела бы и несчетные модели. Но сказать, какой из возможных исходов будет иметь место *до* выполнения инструкции I_1, невозможно в принципе, так что в общем случае при использовании оператора CHOOSE мы имеем дело с ситуацией ***недетерминированного выбора***. В некотором роде оператор выбора CHOOSE близок к аксиоме выбора: их объединяет неконструктивный (в смысле математического конструктивизма) характер получения результатов.

При условии успешного выполнения инструкции I_1 рассматриваемой ABT-программы процессор Pr приступит к выполнению инструкции I_2, в соответствии с которой произойдет возврат к инструкции I_1. Как только осуществится этот переход по

GOTO, возникнет авост. Почему? В силу того обстоятельства, что $Mm(X) \neq \varnothing$ после первого выполнения инструкции I_1. Но оператор выбора CHOOSE в соответствии с определением не может применяться к переменной, в отношении значения которой выбор был уже сделан, а само это значение было размещено в памяти Mm. Таким образом, независимо от того, противоречива теория T или нет, все равно выполнение данной АВТ-программы завершится аварийно.

Очевидно, наряду с оператором, выбирающим объекты и размещающим их в памяти АВТ-компьютера, необходим также оператор, аннулирующий результаты предшествующих актов выбора и освобождающий память для размещения новых объектов.

Оператор уничтожения DELETE. Его синтаксис предельно прост:

DELETE *список переменных* ,

где *список переменных* не должен содержать **повторных** вхождений одной и той же переменной (ограничение не очень принципиальное, но упрощающее синтаксис и сохраняющее преемственность с аналогичным ограничением оператора CHOOSE). То же самое можно представить в другой форме.

DELETE $X_0,X_1,X_2,...,X_n$

Теперь определим семантику рассматриваемого оператора.

Если процессор Pr АВТ-компьютера @=<Mm, Pr> выполняет синтаксически правильную инструкцию I вида

DELETE $X_0,X_1,X_2,...,X_n$,

и *предусловие* P

$Mm(X_0)\neq\varnothing \ \& \ Mm(X_1)\neq\varnothing \ \& \ Mm(X_2)\neq\varnothing \ \&...\& \ Mm(X_n)\neq\varnothing$

ложно, выполнение завершается аварийно: произойдет **авост**.

Если P **истинно**, процессор Pr завершит выполнение инструкции I в состоянии, в котором будет **истинным** следующее постусловие:

$Mm(Xi) = \varnothing$ для всех i, $0 \leq i \leq n$.

Воспользуемся оператором DELETE для модификации рассматриваемого примера АВТ-программы в предположении, что теория T имеет модель и память Mm бесконечна.

Расположить инструкцию с оператором DELETE в данной программе, содержащей всего две инструкции, можно тремя следующими способами.

(π1)	(π2)	(π3)
I_1 **CHOOSE** X| X |= T	I_1 **CHOOSE** X| X |= T	I_1 **DELETE** X
I_2 **GOTO** I_1	I_2 **DELETE** X	I_2 **CHOOSE** X| X |= T
I_3 **DELETE** X	I_3 **GOTO** I_1	I_3 **GOTO** I_1

Очевидно, АВТ-программа π1 успешно работать не будет по той же самой причине, что и исходная программа. Зато с АВТ-программой π2 все в порядке: осуществив выбор модели теории T в соответствии с инструкцией I_1, процессор Pr перейдет к выполнению инструкции I_2. Так как на этот момент предусловие $Mm(X) \neq \varnothing$ истинно, процессор Pr завершит выполнение I_2 в состоянии $Mm(X) = \varnothing$ и, выполняя инструкцию I_3, перейдет по GOTO к I_1. Поскольку предусловие $Mm(X) = \varnothing$ истинно, инструкция I_1 будет вновь выполнена и т.д. – процесс выполнения программы π2 никогда не завершится.

Осталось проанализировать третью альтернативу. Для того чтобы выполнить АВТ-программу π3, процессор Pr должен *вначале* выполнить инструкцию I_1, что возможно лишь в том случае, если $Mm(X) \neq \varnothing$. Но в соответствии с постулатом существования объект X может появиться в памяти АВТ-компьютера только в результате действия оператора CHOOSE, который должен выполняться *после* команды DELETE, так как выполнение инструкции I_1 с оператором DELETE *предшествует* выполнению инструкции I_2 с оператором CHOOSE в программе π3.

Казалось бы, из сказанного следует однозначный вывод: попытка выполнить АВТ-программу $\pi3$ тут же завершится авостом. Однако это так только при условии принятия допущения о том, что процесс выполнения АВТ-программ *обязательно* должен иметь начало. Применительно к обычным компьютерам и языкам программирования правомерность и даже неизбежность принятия данного допущения не вызывает сомнений. Но в случае АВТ-компьютеров и АВТ-программ оно не выглядит столь необходимым.

Действительно, предположим, что процесс выполнения АВТ-программы $\pi3$ не имел начала, т.е. всякому очередному выполнению любой инструкции программы $\pi3$ предшествовало бесконечное число реализаций этой инструкции. Такое предположение непротиворечиво и потому вполне допустимо. В самом деле, перед тем, как в очередной раз выполнить инструкцию I_1, процессор Pr выполнил инструкцию I_3, а перед этим – инструкцию I_2, после чего АВТ-компьютер перешел в состояние с $Mm(X) \neq \varnothing$. Переход по GOTO к I_1 сохранил это состояние, так что истинность предусловия оператора DELETE была обеспечена. После успешного выполнения I_1 стало истинным утверждение $Mm(X) = \varnothing$, необходимое для выполнения I_2 и т.д.

Наглядно описанный процесс можно изобразить следующей схемой:

$$..., I_1,I_2,I_3,I_1,I_2,I_3,I_1, ...$$

Таким образом понятый процесс выполнения программы $\pi3$ не имеет ни начала, ни конца, в отличие от традиционных вычислительных процессов, которые непременно когда-либо начинаются. Тем не менее, будет ли выполняться программа $\pi3$? Утвердительный ответ вытекает из принятия следующего постулата.

Постулат реализуемости:

> **Если предположение о том, что АВТ-программа π выполнима, непротиворечиво, то программа π выполняется**

Интересное, на наш взгляд, различие между АВТ-программами $\pi2$ и $\pi3$ заключается в том, что $\pi3$ можно выполнить только при условии отсутствия начала процесса выполнения, тогда как $\pi2$ выполнима независимо от того, имел процесс ее выполнения начало или нет. Гипотетический процесс выполнения $\pi2$, имеющий первый шаг, был описан выше. Что касается описания воображаемого выполнения $\pi2$ в ходе не имеющего начала процесса, то оно практически полностью повторяет соответствующее описание выполнения $\pi3$. Мы говорим о гипотетических или воображаемых процессах выполнения $\pi2$ потому, что если допустить наличие не имеющих начала процессов наряду с «нормальными», то на вопрос о том, процесс какого типа осуществляется при выполнении $\pi2$ на данном АВТ-компьютере, нельзя ответить однозначно. С равным успехом это может быть как первая, так и вторая разновидность процессов.

Обсуждаемое различие важно для приложений в философии. Так, проблема начала времени не имеет устраивающего всех исследователей единственного решения. Если принимается тезис о том, что эта проблема неразрешима, то для моделирования течения времени больше подходит конструкция, аналогичная программе $\pi2$; принятие тезиса об отсутствии начала течения времени заставит прибегнуть к программам типа $\pi3$. Наконец, на языке АВТ-программ нетрудно выразить и идею начала времени. Для этого достаточно перед выполнением бесконечного цикла выполнить инструкцию, которая больше уже выполняться не будет. Например, применительно к программе $\pi2$ достаточно добавить к списку ее инструкций команду GOTO I_1.

($\pi4$)

I_0 **GOTO** I_1

I_1 **CHOOSE** $X| X \models T$

I_2 **DELETE** X
I_3 **GOTO** I_1

Полученная АВТ-программа $\pi 4$ может быть выполнена только в ходе процесса, имеющего начало. Действительно, первой будет выполнена инструкция I_0, а дальше возникнет бесконечный цикл. Схематически

$I_0, I_1, I_2, I_3, I_1, I_2, I_3, I_1, \ldots$.