Системный анализ

УДК 007:510.25

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТАФИЗИКИ

С. М. Крылов

Самарский государственный технический университет,
443100, Россия, Самара, ул. Молодогвардейская, 244.

E-mail: s_m_krylov@mail.ru

Рассматриваются базовые предпосылки для аксиоматизации и математизации строгой научной версии метафизики, продолжающей идеи Аристотеля в направлении разработки основ науки, логически объясняющей устройство окружающего мира, то есть доказывающей посредством логически обоснованных утверждений (аналогов математических теорем) наличие (или отсутствие) тех или иных его глобальных и (или) локальных физических и прочих свойств.

Ключевые слова: *алгоритмы, общая формальная технология, общая теория систем, свойства объектов, функциональности объектов, аксиомы метафизики.*

В русском научном языке слово «метафизика» воспринимается по аналогии с метаматематикой и другими мета-науками как «сверх» или «надфизика», в которой физика нашей вселенной — возможно, лишь частный случай, и, соответственно, физические процессы в нашей физике — частные случаи неких возможных физических процессов «вообще». Некоторые варианты такого рода процессов «вообще» изучает математика, интерпретируя их как разного рода формальные алгоритмы, в первую очередь, — вычислительные.

Как ни удивительно, но этой идее — применения ключевых алгоритмических конструкций и операций к окружающим нас физическим объектам — столько же лет, сколько и самой метафизике. Ещё Аристотель в восьмой главе первой книги своего знаменитого труда, получившего столетия спустя успешно прижившееся название «Метафизика», писал: «...одни вещи происходят друг из друга через соединение, другие — через разделение ...» [1]. Хотя ясного и чёткого понятия алгоритма тогда ещё не существовало, трудно не заметить в словах Аристотеля попытку обобщить важность, с его точки зрения, двух основополагающих алгоритмических операций типа синтеза («соединения») и декомпозиции («разделения») различных физических объектов в самых разнообразных процессах появления и проявления таких объектов в окружающем нас мире. Более того, далее — в девятой главе первой книги «Метафизики» он даже пытается проанализировать эту концепцию с точки зрения процессов формирования (получения) базовых абстрактных математических объектов — чисел.

В ещё более строгом и более обобщённом виде похожие мысли высказала в середине девятнадцатого века Августа Ада Лавлейс. Занимаясь программированием изобретённого Чарльзом Бэббиджем первого, ещё механического,

Сергей Михайлович Крылов (д.т.н., проф.), профессор, каф. вычислительной техники.

компьютера, она ощутила необходимость и важность создания совершенно новой науки и сформулировала для неё наиболее общие принципы. Описывая сущность понятия операции в максимально широком алгоритмическом контексте, она написала следующую примечательную фразу: « ... под словом операция мы понимаем любую процедуру, которая меняет взаимное отношение двух или большего числа вещей, какого бы рода эти отношения ни были. Это максимально общее определение, которое может включать *все объекты во Вселенной* (выделено мной С. К.) ... Но наука о таких операциях, будучи особым образом выведенной из математики, является самостоятельной наукой, имеющей свою собственную теоретическую истинность и значимость, так же как логика имеет свою собственную истинность и значимость, независимо от предметов, к которым мы применяем её объяснения и методы ... » [2]. Отметим, что в данном случае речь идёт не столько о предвидении теории алгоритмов в её классическом, так сказать, математическом смысле, сколько о необходимости расширения этой будущей (ещё не существующей!) теории алгоритмов на "*все объекты во Вселенной*". Более того, в своём замечании А. А. Лавлейс особо выделяет очень важный, по её мнению, момент, а именно то, что «наука о таких операциях» (т. е. расширенная теория алгоритмов над любыми объектами во Вселенной), должна «особым образом выводиться из математики», т. е. фактически основываться на ней. К сожалению, дальше эта идея ни со стороны самой А. А. Лавлейс, ни со стороны научного сообщества того времени развития не получила.

Что же может означать строгая, логически выверенная, основанная на математике наука об алгоритмических операциях над любыми объектами во Вселенной? Очевидно, ту самую научную версию метафизики, о которой мечтал сам Аристотель и которую вот уже около двух тысяч лет пытаются найти и философы, и математики, и многие другие учёные.

Заметим, что с признанием фундаментальной роли концепции алгоритмов в системе наших знаний, в том числе и применительно к материальным объектам окружающего нас мира, согласны многие, и в первую очередь сами математики [3]. Многие исследователи даже считают основной предпосылкой для выработки этой концепции как раз наблюдения над различными природными процессами [4]. Более того, довольно часто речь заходит о создании некоей формальной теории «исчисления объектов» [5], наподобие той, с какой мы имеем дело в вычислительной математике, практически целиком построенной на вычислительных алгоритмических конструкциях и структурах. При этом подчёркивается, что природа, в отличие от нас, использует в своих алгоритмических «вычислениях» физические объекты напрямую, но никогда — через их числовое описание, как мы это привыкли делать в математике [5].

Тем не менее, как ни странно, дальше слов о необходимости и важности развития соответствующей версии теории алгоритмов до начала 1980-х годов дело не двигалось. Видимо, всё же сказывалась инерция нашего традиционного, основанного на классических математических концепциях, мышления. Лишь в 1986 г. в журнале «Кибернетика» была опубликована статья, которую можно отнести к одной из первых попыток математической формулировки соответствующего подхода [6, 7]. Эта попытка основывалась на расширенной интерпретации, с одной стороны, концепции алгоритмов (в духе А. Лавлейс), а с другой — на расширении такой базовой математической конструкции, как алгебраическая система. Действительно, согласно классическому подходу и следуя одной из известнейших в отечественной литературе публикаций на эту тему А. И. Мальцева [8], любая алгебраическая система представляет собой тройку:

$$U = \langle \mathbf{A},\, \Omega_F,\, \Omega_P \rangle, \tag{1}$$

где $\mathbf{A}$ — основное множество системы; Ω_F — множество операций, определенных на $\mathbf{A}$; Ω_P — множество предикатов, заданных на множестве $\mathbf{A}$.

Аналогичная по сути базовая структура вводится и в работе [6,7]. Согласно ей любая «формальная технология» (ФТ), термин взят из [6,7], определяется так:

$$\mathbf{T} = \langle \mathbf{B},\, \mathbf{F}_T,\, \mathbf{F}_A \rangle, \tag{2}$$

где $\mathbf{B}$ — конечное множество некоторых физических объектов материальной природы (атомов, молекул, деталей станка, компонентов какого-либо устройства, фрагментов здания, и т. д., и т. п.) или нематериальной природы (например, моделей указанных выше физических объектов или объектов информационного характера — чисел, кодов и/или символов, конечных по времени отрезков аналоговых сигналов и т. д.).

Все такие объекты в любой конкретной ФТ называются конструкциями, причём часто в $\mathbf{B}$ выделяются конструкции, называемые элементами базы, или базовыми элементами: $\mathbf{A} = \{a_1,\, a_2,\, a_3,\, \ldots,\, a_n\}$ и если $\mathbf{B} = \mathbf{A}$, то мы имеем дело с каноническим вариантом задания некоторой формальной технологии $\mathbf{T}$ [9].

Далее, множества $\mathbf{F}_T$ и $\mathbf{F}_A$ в технологии $\mathbf{T}$ определяются соответственно как конечные множества конечноместных технологических и аналитических операций над объектами-конструкциями из $\mathbf{B}$: $\mathbf{F}_T = \{F_1,\, F_2,\, \ldots, F_m\}$ и $\mathbf{F}_A = \{P_1,\, P_2, \ldots, P_n\}$, причём ни одна из операций в $\mathbf{F}_T$ и $\mathbf{F}_A$ не может быть выражена через другие [9, с. 31]. Кроме того, множества $\mathbf{F}_T$ и $\mathbf{F}_A$ могут быть пустыми.

Технологические операции в $\mathbf{F}_T$ могут относиться к двум типам — к операциям типа синтеза (создания) нового объекта из двух и большего числа объектов из $\mathbf{B}$ путём их соединения и к противоположному типу операций — декомпозиции (разделения) объекта из $\mathbf{B}$ на два или большее число фрагментов (частей), т. е. тоже объектов из $\mathbf{B}$. Любые операции $\mathbf{F}_T$ могут выполняться при некоторых условиях, задаваемых обычно с помощью набора числовых или нечисловых параметров.

В свою очередь, аналитические операции (или операции анализа) из $\mathbf{F}_A$ могут определять (измерять) некоторые интересующие нас параметры объектов из $\mathbf{B}$, например, их цвет, температуру, форму и т. д. и т. п. Результат такого определения тоже может представляться числовыми или нечисловыми параметрами.

Таким образом, как технологические и аналитические операции, включая исходные объекты операций и их конечные параметры (в том числе параметры получающихся объектов), так и сами объекты — результаты операций в общем случае могут быть представлены в виде записей следующего вида:

$$F_i(x_1,\, x_2,\, \ldots,\, x_k,\, \alpha_1,\, \alpha_2,\, \ldots,\, \alpha_t) \to \langle y_1,\, y_2,\, \ldots,\, y_l,\, \beta_1,\, \beta_2,\, \ldots,\, \beta_s \rangle, \tag{3}$$

где $F_i \in \mathbf{F}_T \cup \mathbf{F}_A$; $x_1,\, x_2,\, \ldots,\, x_k,\, y_1,\, y_2, \ldots,\, y_l \in \mathbf{B}$; $\alpha_1,\, \alpha_2,\, \ldots,\, \alpha_t$ — список входных параметров операции (если они есть); $\beta_1,\, \beta_2,\, \ldots,\, \beta_s$ — список выходных параметров операции (если они есть), стрелка ($\rightarrow$) означает направление преобразования объектов в ходе операции и может рассматриваться как своего рода эквивалент символа равенства в математике или в химии.

Поскольку в записи (3) операции из $\mathbf{F}_T$ и $\mathbf{F}_A$ интерпретируются как операции из одного объединенного множества $\mathbf{F}_T \cup \mathbf{F}_A$, часто вместо (2) записывается $\mathbf{T} = \langle \mathbf{B},\, \mathbf{F} \rangle$, подразумевая под $\mathbf{F}$ множество $\mathbf{F}_T \cup \mathbf{F}_A$ [9].

Сравнивая представления (1) и (2), нетрудно видеть, что основная разница между ними состоит прежде всего в трактовке сущности элементов множеств $\mathbf{A}$ и $\mathbf{B}$ и в интерпретации характера операций в множествах Ω_F, Ω_P, $\mathbf{F}_T$ и $\mathbf{F}_A$. Традиционно мы подразумеваем под возможными объектами множества $\mathbf{A}$ в (1) некие *абстрактные* математические объекты, хотя это становится понятным лишь из контекста определения (1) и различных математических публикаций, тогда как элементами множества $\mathbf{B}$ в (2) могут быть, согласно приведённому выше примеру и работе [6, 7], *физические*, а не только абстрактные, объекты. Соответственно и под операциями (включая операции вычисления предикатов) из множеств Ω_F, Ω_P в (1) понимаются некие *математические* операции *над абстрактными математическими* объектами, тогда как в (2) это могут быть *физические* операции над *физическими* объектами, т. е. операции, реально меняющие взаимное *физическое* отношение двух или большего числа вещей, если несколько перефразировать слова А. А. Лавлейс. Тем не менее, подчеркнём ещё раз, с *формальной* точки зрения записи (1) и (2) совпадают!

Что же это даёт или может дать?

Прежде чем ответить на этот вопрос, попытаемся разобраться в том, чем же могут отличаться и отличаются друг от друга *разные физические* и *разные абстрактные математические* объекты? Что касается *разных физических* объектов, то ответ почти очевиден, мы воспринимаем их как разные, потому что, во-первых, они имеют *разные физические параметры* или *физические свойства*, например, разные формы самих объектов; их положение в пространстве; их цвет, агрегатное состояние и т. д. и т. п. Во-вторых, они ведут себя часто *по-разному при взаимодействии с другими физическими объектами* — камень скользит по дереву, иногда деформируя его; ручей течёт по руслу; песок продавливается под нашими ногами; и т. д. и т. п. То есть разные физические объекты проявляют обычно и разную собственную поведенческую функцию при взаимодействии с другими физическими объектами, которую мы дальше будем называть функциональностью данного объекта. Говоря короче, разные физические объекты, находясь друг с другом в *физическом* контакте, всегда проявляют присущую им *функциональность*, связанную с заложенными в них физическими свойствами, в т. ч. геометрическими, с положением в пространстве, с агрегатным состоянием, степенью твёрдости — для твёрдых тел, температурой и т. д.

Обобщая без дополнительных рассуждений (их можно найти в работе [9]) указанные особенности, нетрудно предложить для любых физических объектов следующее их формальное представление:

$$O_i = \langle \boldsymbol{\gamma}_i,\, \mathbf{M}_i \rangle = \langle \{\gamma_{i1},\, \gamma_{i2},\, \ldots,\, \gamma_{in}\}, \quad \{\gamma_{ij} = \varphi_{ij}(\gamma_{sk},\, \gamma_{il}, \ldots,\, \gamma_{sm});\, \ldots\} \rangle; \quad (4)$$

где O_i — i-тый физический объект; $\boldsymbol{\gamma}_i$ — список интересующих нас его физических свойств (обозначенных символами типа γ_{ik}); $\mathbf{M}_i$ — список интересующих нас функциональностей φ_{ij} объекта O_i (эти функциональности могут быть записаны в любой удобной форме — в виде функций, физических законов, алгоритмических процедур и т. д.); n — число параметров («свойств»), используемых в данном представлении объекта O_i; $j,\, l \in \{1, 2, \ldots, n\}$, k, m — номера (вторые индексы) тех «свойств» и функциональностей, которые актуальны для анализа функциональных взаимодействий φ_{ij} данного объекта O_i (в текущем представлении) с соседними (или удалёнными, если речь идёт о взаимодействии, например, через поле) объектами типа O_s, причём в общем случае значение некоторого параметра («свойства») γ_{ij} объекта O_i может зависеть как от параметров самого этого объекта (т. е. от «свойств» типа γ_{il} объекта O_i), так и от параметров («свойств») γ_{sk} объектов типа O_s, контактирующих с данным объектом O_i или удалённых от него (точнее, удалённо взаимодействующих с O_i). Подчеркнём, что функциональных зависимостей φ_{ij} в списке функциональностей $\mathbf{M}_i$ объекта O_i может быть столько, сколько нужно для его адекватного представления в рамках данной модели, на что указывает многоточие после формулы φ_{ij} для расчёта параметров γ_{ij}. Однако всегда в конечном представлении любого объекта типа O_i это число конечно.

Выражение (4) может показаться слишком сложным и даже громоздким для описания основных (физических) особенностей физических объектов, однако его вполне можно упрощать, оставляя только те физические свойства и функциональности, которые интересуют нас в данной конкретной модели или их совокупности [9, с. 22].

Как же в аналогичной формальной записи, т. е. в аналогичной нотации, можно представить основные абстрактные объекты математики — числа и коды? Напомним, что в соответствии с известным свойством функции Гёделя любую конечную последовательность целых чисел (кодов) можно представить одним, пусть и очень большим, числом [10]. С помощью конечной последовательности кодов можно закодировать любое конечное описание любого конечного объекта. Таким образом, без потери общности мы можем ассоциировать любые конечные объекты математики именно с числами или кодами. Попытаемся записать эту особенность многих математических объектов аналогично выражению (4).

Обозначим, например, буквой ξ фундаментальное (основное и единственное!) *не физическое* свойство основного объекта математики, некоторого числа x (целого, отрицательного, рационального, иррационального, вещественного, трансцендентного и т. д. или же кода). Наша задача — представить абстрактный объект x, как объект-носитель единственного не физического свойства ξ. Аналогично (4) это можно сделать следующим образом:

$$x = \langle \xi \rangle, \tag{5}$$

В выражении (5) букву ξ удобно и целесообразно трактовать как некоторую переменную или параметр (например, тоже числовой), *определяющий конкретное значение свойства* (*представляющего количество*) в конкретном абстрактном объекте x. Для простоты и наглядности лучше всего считать $\xi = x$ (что, собственно, и имеет место на самом деле). То есть угловые скобки $\langle, \rangle$, символ ξ и знак равенства нужны лишь для того, чтобы специально подчеркнуть то обстоятельство, что числа (и коды) представляют собой особую группу объектов, имеющих одно, *не физическое* (а потому — *не функциональное*), свойство ξ. Заметим попутно, что на отсутствие физических свойств у чисел обращал внимание ещё Аристотель в девятой главе первой книги своей «Метафизики» [1].

Расширенная с помощью представления объектов в виде (4) формальная система получила рабочее название «Общая формальная технология» (ОФТ) [9, 11].

Сравнивая (1) и (2), а также (4) и (5), приходим к выводу, что, во-первых, в рамках ОФТ математика (по крайней мере, вычислительная) может рассматриваться как некая формальная технология с достаточно интересными свойствами [9, 11]; во-вторых, многие теоремы математики могут быть переформулированы в ОФТ с совершенно новым смыслом [9]; в-третьих, появляется возможность, как и в математике, сформулировать исходный набор аксиом для нового направления общесистемных исследований, которые имеет смысл назвать аксиомами метафизики. Одна из версий (скорее всего — не окончательная) этих аксиом с учётом (4) выглядит так.

Аксиома 1. *Существует пространство.*

Аксиома 2. *Существует время.*

Аксиома 3. *Существуют физические объекты.*

Аксиома 4. *Объект, полученный из любого исходного физического объекта с помощью операции типа синтеза или декомпозиции и подходящего присоединяемого или отсоединяемого (меньшего) физического объекта, есть физический объект.*

Аксиома 5 (Аксиома повторяемости). *Если два физических объекта получены с помощью одной и той же операции типа синтеза или декомпозиции при одинаковых условиях из одинаковых исходных физических объектов и одинаковых присоединяемых к ним или отсоединяемых от них физических объектов, то полученные физические объекты одинаковы.*

Аксиома 6. *Физические объекты могут обладать различными физическими свойствами.*

Аксиома 7. *Физические свойства различных физических объектов могут взаимодействовать друг с другом, вызывая у их носителей (т. е. у соответствующих физических объектов) определённое поведение (функциональность).*

Аксиома 8 (Аксиома полной индукции). *Если какое-либо предложение доказано для единицы (база индукции) и если из допущения, что оно верно для натурального числа n, вытекает, что оно верно для следующего за n натурального числа (индукционное предположение), то это предложение верно для всех натуральных чисел.*

Как видим, только последняя (восьмая) из перечисленных выше аксиом текстуально совпадает с аналогичной аксиомой математики. Все остальные носят достаточно специфический характер, связанный прежде всего с поставленной целью — аксиоматизацией метафизики как строгого научного направления, основанного на математических принципах и концепциях.

Отметим, что в данной версии формулировки аксиом понятия «пространство», «время», «физический объект», «физическое свойство», «физическое взаимодействие» («функциональность») никак не специфицируются, т. е. понимаются в обычном, так сказать, традиционном смысле. Это же замечания относится и к терминам «операции типа синтеза» и «операции типа декомпозиции», которые понимаются просто как операции, соответственно соединяющие или разъединяющие объекты (неважно каким образом). Такой упрощённый подход на данном этапе рассмотрения вполне себя оправдал. Например, при попытке проанализировать минимальный набор простых физических свойств и связанных с ними функциональностей, обеспечивающих три основных агрегатных состояния вещества (твёрдое, жидкое, газообразное) и стабильность сложных «квазимолекул», исходные модели атомов («квазиатомы») представлялись как упругие шарики заданных размеров, которые пришлось наделить сложным набором дополнительных виртуальных физических свойств и функциональностей, вплоть до виртуального аналога свойства образовывать «ковалентные связи» для того, чтобы обеспечить достижение всех поставленных целей, хотя на самом деле никаких аналогов электронов в «квазиатомах» не было [9, 11].

Заметим также, что среди аксиом 1–8 практически нет аксиом, утверждающих наличие каких-либо обязательных физических свойств у физических объектов, даже такого фундаментального физического свойства, как свойство инерции! Этот факт коррелирует с заявленным в начале статьи предположением о возможном многообразии физических законов в различных вселенных. Единственные упомянутые в аксиомах 1–8 обязательные «физические» свойства, а именно — *повторяемость* физических опытов или экспериментов (аксиома 5) и возможность *взаимодействия* физических объектов (аксиома 7), трудно отнести к чисто физическим. Впрочем, в работе [9, с. 98–108] проанализированы некоторые логические и математические аспекты, связанные с необходимостью аксиомы 5.

Аксиома повторяемости наряду с остальными широко используются в [6, 7, 9] при доказательстве многих утверждений (теорем), в том числе касающихся полноты различных формальных технологий, их бесконечной креативности, эволюционности, познаваемости и других свойств. Например, в аксиоме 1 ничего не говорится о размерности пространства. В работах [9, 12] удалось показать, что для эволюционных технологий, которые определяются как бесконечно-креативные (где синтез новых объектов может происходить бесконечно [6,7,9]) и в которых различение новых объектов от полученных ранее реализуется средствами самой технологии (т. е. без вмешательства каких-либо «внешних сил»), необходимо как минимум двух-, а лучше — трёхмерное пространство [9, 12]. Этот результат совпадает с результатом, приведённым в книге Стивена Хокинга для физики нашей вселенной, который получен совсем иными средствами и на основе совсем иных, чисто физических концепций и принципов [13].

Кроме того, в рамках ОФТ удалось реабилитировать эффективность идей Колмогорова и Чейтина [14] относительно роста сложности объектов и алгоритмов и их роли в появлении феномена жизни, доказав неизбежность при определённых условиях её возникновения [9, 11].

Был получен также ряд других результатов, а именно:

а) доказана полнота различных типов формальных технологий, гарантирующая восстановление в них структуры и процесса получения любого, в том числе и неизвестного, объекта-конструкции, причём все такие типы технологий отличаются друг от друга использованием разнообразных операций (предикатов) анализа, включая предикаты определения формы физических объектов и некоторые других их свойства [9, 11], в отличие от вычислительной математики (тоже полной технологии), использующей главным образом предикаты сравнения (на «больше-меньше») и равенства;

b) на основе модели машины Тьюринга построены для определённых типов полных формальных технологий модели универсальных синтезаторов-анализаторов различных объектов [9,11], включая модели программируемых «микролабораторий и микрофабрик на кристалле» [9, 11, 15] с обоснованием полноты соответствующих составов операций в отличие, например, от работы [16], в которой такое обоснование отсутствует; а также модели «дискретно-аналоговых машин» (ДАМ), универсальных по Тьюрингу, но не эквивалентных друг другу по своим алгоритмическим возможностям [9,17], что уточняет новейшие результаты в области исследования так называемых «гипервычислений» [18];

c) построена модель автоматического «познавателя», способного автоматически определять основные свойства неизвестной ему окружающей 2- или 3-мерной среды и находящихся в ней объектов [9, 11, 19];

d) показано, что самовоспроизводящиеся клеточные автоматы фон-Неймана занимают некоторое промежуточное положение между неэволюционными и эволюционными технологиями [9, 11];

e) показана неэволюционность вычислительной математики как технологии [9, 11];

f) уточнена и в рамках ОФТ доказана гипотеза об области действия так называемого «тезиса Тьюринга—Чёрча» [9, 11, 20].

g) другие факты [9, 11].

Заключение. Общая формальная технология как новое направление общесистемных исследований базируется на принципах, весьма близких к фундаментальным математическим конструкциям и структурам. Однако более значительный охват ею предполагаемых объектов исследований, в первую очередь, — возможность конструировать и анализировать алгоритмы над физическими объектами, делает её весьма подходящим кандидатом на роль базового формального математически обоснованного аппарата в давно искомой строгой научной версии метафизики. Это, в частности, позволяет разработать для последней достаточно очевидные аксиомы, дающие надежду на строгость и логическую обоснованность соответствующих теорем и утверждений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Аристотель* Метафизика. Переводы. Комментарии. Толкования / ред. сост. и подготовка текстов С. И. Еремеев. СПб.: Алетейя, 2002. 832 с. [*Aristotle* Metaphysics. Translations. Comment. Interpretations / ed. S. I. Eremeev. St. Petersburg: Aleteiya, 2002. 832 pp.]

2. *Lovelace A. A.* Notes by the Translator / In: *Faster than Thought.* A. 349. Symposium on Digital Computing Machines.; ed. B. V. Bowden. London, 1957. Pp. 362–408.

3. Алгоритмы в современной математике и ее приложениях: Материалы международного симпозиума (16–22 сентября 1979 г., Ургенч, Узбекистан). Новосибирск: СО АН СССР, 1982. 364 с. [Algorithms in Modern Mathematics and Its Applications: Proceedings of International Symposium (September, 16–22, 1979, Urgench, Uzbekistan). Novosibirsk: SO AN SSSR, 1982. 364 pp.]

4. *Jones B.* General System Theory and Algorithm Theory // *Int. J. General Systems*, 1983. Vol. 9, no. 3. Pp. 157–160.
5. *Fontana W., Buss L. W.* The barrier of objects: From dynamical systems to bounded organizations / In: *Boundaries and Barriers*; eds. J. Casti and A. Karlqvist: Addison–Wesley, 1996. Pp. 56–116.
6. *Крылов С. М.* Формальная технология и универсальные системы. I // *Кибернетика*, 1986. №4. С. 85–89; англ. пер.: *Krylov S. M.* Formal technology and universal systems. I // *Cybernetics and Systems Analysis*, 1986. Vol. 22, no. 4. Pp. 512–518.
7. *Крылов С. М.* Формальная технология и универсальные системы. II // *Кибернетика*, 1986. №5. С. 28–31; англ. пер.: *Krylov S. M.* Formal technology and universal systems. II // *Cybernetics and Systems Analysis*, 1986. Vol. 22, no. 5. Pp. 567–572.
8. *Мальцев А. И.* Алгебраические системы. М.: Наука, 1970. 392 с.; англ. пер.: *Malcev A. I.* Algebraic Systems. Berlin: Springer-Verlag, 1973. 317 pp.
9. *Крылов С. М.* Формальная технология и эволюция. М.: Машиностроение-1, 2006. 384 с. [*Krylov S. M.* Formal Technology and Evolution. Moscow: Mashinostroenie-1, 2006. 384 pp.]
10. *Мальцев А. И.* Алгоритмы и рекурсивные функции. М.: Наука, 1965. 392 с.; англ. пер.: Algorithms and recursive functions / Wolters-Noordhoff series of monographs and textbooks on pure and applied mathematics. Groningen: Wolters-Noordhoff, 1970. 372 pp.
11. *Крылов С. М.* Неокибернетика: алгоритмы, математика эволюции и технологии будущего. М.: ЛКИ, 2008. 288 с. [*Krylov S. M.* Neokibernetika. Algorithms, Mathematics of evolution and technology of the future. Moscow: LKI, 2008. 288 pp.]
12. *Крылов С. М.* Формальная технология в философии, технике, биоэволюции и социологии. Самара: СамГТУ, 1997. 180 с. [*Krylov S. M.* Formal Technology in Philosophy, Engineering, Bio-evolution and Sociology. Samara: SamGTU, 1997. 180 pp.]
13. *Hawking S. W.* The Theory of Everything: The Origin and Fate of the Universe. Beverly Hills, CA: New Millennium, 2002. 176 pp.; русск. пер.: *Хокинг С.* Теория всего / В сб.: *Краткая история Вселенной: три книги о пространстве и времени.* СПб.: Амфора, 2010. С. 389–495.
14. *Chaitin G. J.* A Century of Controversy over the Foundations of Mathematics / In: *Finite versus Infinite*; eds. C. Calude, G. Paun. London: Springer-Verlag, 2000. Pp. 75–100, arXiv: chao-dyn/9909001.
15. *Krylov S. M.* Universal Programmable Completely Automated Factories-on-a-Chip / In: *Proceedings of the COMS2004* (Aug. 29 – Sept. 2, 2004, Edmonton, Alberta, Canada). Washington: MANCEF, 2004. Pp. 269–273.
16. *Amin A.M., Thottethodi M., Vijaykumar T. N., Wereley S., Stephen C., Jacobson S. J.* Aquacore: a programmable architecture for microfluidics / In: *ISCA '07: Proceedings of the 34th annual international symposium on Computer architecture*, 2007. Pp. 254–265.
17. *Крылов С. М.* Модели универсальных дискретно-аналоговых машин на основе машины Тьюринга // *Электрон. модел.*, 1982. №3. С. 6–10. [*Krylov S. M.* Models of universal analog-digital computer based on Turing machines // *Elektron. Model.*, 1982. no. 3. Pp. 6–10].
18. *Copeland B. J.* Hypercomputation // *Minds and Machines*, 2002. Vol. 12, no. 4. Pp. 461–502.
19. *Krylov S. M.* Formal Technology and Cognitive Processes // *Int. J. Gen. Sys.*, 1996. Vol. 24, no. 3. Pp. 233–243.
20. *Крылов С. М.* Доказательство ограниченности действия тезиса Тьюринга—Черча на объектах с физическими свойствами // *Вестн. Оренбург. гос. ун-та*, 2003. №3. С. 102–105. [*Krylov S. M.* The proof of Turing–Church Thesis limitations on the objects having physical properties // *Vestn. Orenburg. Gos. Un-ta*, 2003. no. 3. Pp. 102–105].

Поступила в редакцию 13/II/2012;
в окончательном варианте — 20/II/2012.

MSC: 93A05

MATHEMATICAL FOUNDATIONS OF METAPHYSICS

S. M. Krylov

Samara State Technical University,
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russia.

E-mail: `s_m_krylov@mail.ru`

The paper deals with basic prerequisites for axiomatic of rigorous scientific metaphysics, which continues Aristotle's ideas concerning science explaining furniture of the world. Such rigorous metaphysics could explain many global or local properties of various physical systems like proved mathematical theorems explain global and local properties of mathematical objects.

Key words: *algorithms, general formal technology, general system theory, object properties, object functionalities, axiomatic of metaphysics.*

Original article submitted 13/II/2012;
revision submitted 20/II/2012.

Sergey M. Krylov (Dr. Sci. (Techn.)), Professor, Dept. of Computational Engineering.