

Мировоззренческие основы технологии и общества
Philosophical foundations of technology and society

УДК 001.5+621.3
<https://doi.org/10.32362/2500-316x-2021-9-6-73-87>



РЕЦЕНЗИЯ

Дискуссия по книге С.М. Крылова «Неокибернетика» (2008)

Е.С. Горнев¹, И.В. Матюшкин^{1, 2, @}

¹ АО «НИИ молекулярной электроники», Москва, Зеленоград, 124460 Россия

² НИУ «Московский институт электронной техники», Москва, Зеленоград, 124498 Россия

@ Автор для переписки, e-mail: imatyushkin@niime.ru

Резюме. В контексте вышедшей книги авторов «Общая теория технологий и микроэлектроника» (2020) проводится сравнительный анализ «общей формальной технологии (ОФТ)» С.М. Крылова на основе его работы 2008 года. Несмотря на абстрактность алгебраико-алгоритмического подхода, Крылову удалось предложить ряд конкретных конструкций, востребованных в ходе четвертой промышленной революции и для будущего развития промышленной технологии нанoeлектроники и биотехнологии. Промышленная технология рассматривается как сложный объект управления, т.е. выступает объектом изучения новой дисциплины «неокибернетика». Хотя основы данного подхода закладывались в 1930–1960 годах в рамках логико-математических исследований, но его расширение неизбежно при использовании процессов самоорганизации для получения функциональных надмолекулярных структур в технологических процессах нанoeлектроники (например, инженерия ДНК-оригами). Вопросы исчисления сложности самого изделия (конструкции) и технологии его изготовления, или, по Крылову, сложности технологических автоматов, стали еще более актуальными, чем раньше. Теоретические вопросы самоорганизации, разработки искусственной жизни, создания самовоспроизводящихся технических систем также представляются перспективными для решения. Формальная технология Крылова выступает, по нашему мнению, важным «блоком» при построении общей теории технологий (ОТТ), полезным для описания технологии на уровне технологических: операции, маршрута и процесса. Хочется побудить широкий круг читателей к прочтению книги и сформировать устойчивый интерес к общетехнологической проблематике. Значение ОТТ и ОФТ простирается за пределы сферы техники и, в узком смысле, заводских производств, в область «тонкой» регуляции физиологии в биологических объектах и фармацевтика, а также в проблемное поле когнитивных наук, психологии, образования, когда в центре внимания оказываются структура личности и гетерогенные конструкты, «плавающие в море бессознательного». Мы, как и С.М. Крылов, демонстрируем, что вопросы промышленной технологии нельзя рассматривать без абстрактной формализации и без обращения к философии.

Ключевые слова: общая теория технологий, формальная технология, неокибернетика, конечные автоматы, самоорганизация, сложность

• Поступила: 26.04.2021 • Доработана: 20.09.2021 • Принята к опубликованию: 27.09.2021

Для цитирования: Горнев Е.С., Матюшкин И.В. Дискуссия по книге С.М. Крылова «Неокибернетика» (2008). *Russ. Technol. J.* 2021;9(6):73–87. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2021-9-6-73-87>

Прозрачность финансовой деятельности: Никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REVIEW ARTICLE

A discussion of S.M. Krylov's book «Neocybernetics» (2008)

Evgeny S. Gornev¹, Igor V. Matyushkin^{1, 2, @}

¹ JSC Molecular Electronics Research Institute, Moscow, Zelenograd, 124460 Russia

² National Research University of Electronic Technology, Moscow, Zelenograd, 124498 Russia

@ Corresponding author, e-mail: imatyushkin@niime.ru

Abstract. A comparative analysis of the “general formal technology (GFT)” by S. M. Krylov is carried out in the context of the published book of the authors “General Theory of Technologies and Microelectronics” (2020) and on the basis of his work of 2008. Despite the abstractness of the algebraic-algorithmic approach, Krylov offers a number of specific constructions that are in demand during the fourth industrial revolution and for the future development of industrial technology in nanoelectronics and biotechnology. Industrial technology is considered as a complex object of management, i.e., it is the object of study of the new discipline «neocybernetics». Although the foundations of this approach were laid in 1930s–1960s within the framework of logical and mathematical research, its expansion is inevitable when using self-organization processes to obtain functional supramolecular structures in technological processes of nanoelectronics (for example, DNA origami engineering). The issues of complexity quantification for a product itself (structure) and its manufacturing technology, or, according to Krylov, the complexity of technological automata, have become even more relevant than before. The theoretical issues of self-organization, the development of artificial life, and the creation of self-replicating technical systems also seem promising for solution. In our opinion, Krylov's formal technology is an important “block” in the advancement of general theory of technologies (GTT) useful for describing the technology at the levels: operation, route, and process. We would like to encourage a wide range of readers to study the book and form a steady interest in general technological issues. The value of GTT and GFT extends beyond the sphere of technology and, in a narrow sense, factory production, but also into the area of «fine» regulation of physiology in biological objects and pharmacy, as well as into the problem field of cognitive sciences, psychology, and education. When the focus is on the personality structure and heterogeneous constructs «floating in the sea of the unconscious». Both S.M. Krylov and we demonstrate that the issues of industrial technology cannot be considered without abstract formalization and without reference to philosophy.

Keywords: general technology theory, formal technology, neocybernetics, finite-state machines, synergetics, complexity

• Submitted: 26.04.2021 • Revised: 20.09.2021 • Accepted: 27.09.2021

For citation: Gornev E.S., Matyushkin I.V. A discussion of S.M. Krylov's book «Neocybernetics» (2008). *Russ. Technol. J.* 2021;9(6):73–87 (in Russ.). <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2021-9-6-73-87>

Financial disclosure: The authors have no a financial or property interest in any material or method mentioned.

The authors declare no conflicts of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Этой статьей мы отдаем дань памяти Сергею Михайловичу Крылову (1948–2020), д.т.н., профессору кафедры вычислительной техники Самарского государственного технического университета, внесшему вклад в создание общей теории технологий (ОТТ) [1]. Комплекс идей Крылова по формальной, как он называл, теории технологий (ОФТ, иногда просто ФТ) представлен в некоторых статьях [2], его диссертации [3] и трех книгах [4–6]. Хотя нашей

главной целью является сравнение ОТТ и ОФТ, но уместным будет непосредственное обращение к только одной книге «Неокибернетика» [5] (рис. 1), перешедшей в разряд букинистических редкостей. Чтобы выйдя за рамки ОФТ/ОТТ, понять генезис и взаимосвязь идей Крылова, мы выбрали форму реферата-синописа. Сама книга написана скорее в научно-популярном стиле, нежели чем в научном. Следует сказать, что термин «неокибернетика» все чаще используется разными авторами [7], причем дистинкция с винеровской кибернетикой проходит

по линии сложности объекта управления и, соответственно, неполноте информации об его состоянии. Любую технологическую систему как раз можно рассматривать как объект управления, обладающий повышенной сложностью.



Рис. 1. С.М. Крылов и обложка его книги [5]¹

Для уточнения предмета изучения ОФТ и ОТТ уместно привести одну цитату, используемую и Крыловым, и другими авторами. В 1901 г. в статье «Технология», опубликованной в энциклопедическом словаре, Д.И. Менделеев характеризует технологию как науку о способах изготовления из природного сырья искусственных предметов, т.е. предметов, несуществующих в природе: «Возникновение Т. (технологии) или учения о выгодных (т.е. поглощающих наименее труда людского и энергии природы) приемах переработки природных продуктов в продукты потребные (необходимые или полезные или удобные) для применения в жизни людей. Хотя Т. по своему предмету глубоко отличается от социально-экономических учений, но в ней с ними много прямых и косвенных связей, так как экономия (сбережение) труда и материала (сырья), а чрез них времени и сил составляет первую задачу всякого производства и существо учения о фабрично-заводских производствах совершенно теряет почву, если утрачивается из виду выгодность (экономичность) производства ... задача Т. показывает, что в ней нет тех высших и абсолютных требований, какими отличаются абстрактные науки, касающиеся видимой или внутренней природы, что она содержит в себе приложение к жизни других более отвлеченных знаний и что ее содержание должно изменяться по обстоятельствам и условиям места и времени. Но эти, так сказать, отрицательные стороны Т. искупаются, во-первых, тем прямым и жизненным значением, какое имеют уже в наше время фабрики и заводы, и какое в будущем долженствует все более и более

усиливаться, а, во-вторых, тем, что учение о способах, применяемых заводами и фабриками, освещает научными началами то, что вырабатывается практикою и чрез это не только усовершенствуется производство, но и расширяется область научного понимания вещей и явлений» [8].

СТРУКТУРА КНИГИ

В Предисловии и Введении указываются три источника, вдохновившие автора: это «Тектология» Богданова [9], «Комментарии переводчика» Августы Ады Лавлейс (1843) и работы по синергетике. Напомним, что Богданов определял тектологию как всеобщую организационную науку, где основной акцент исследования сделан на формы организации (так, «формы регулирующие» предвосхищают кибернетику). Почему мир устроен организованно, – этот вопрос возникает и у Крылова, и он пишет: «Основная цель ОФТ – попытаться логически (и технологически) объяснить устройство окружающего нас мира на уровне, в первую очередь, нашего восприятия, то есть – на макроуровне, «маштабным центром» которого является сам человек. А как этот макроуровень может быть реализован с точки зрения различных возможных физических микроуровней – это уже как бы вопрос вторичный, который здесь практически не рассматривается» [5, с. 11]. При этом «формальная технология, наоборот, начинается от изучения наиболее общих свойств наиболее общих операций как над реальными, так и над воображаемыми (абстрактными) объектами, продвигаясь по иерархической лестнице вниз – ко все более и более конкретным свойствам все более конкретных объектов и операций» [5, с. 6–7]. Следует для лучшего понимания обратиться к самому Богданову [9, с. 79]: «При бесконечном богатстве материала Вселенной и бесконечном разнообразии форм, откуда берутся эти настойчиво, систематически повторяющиеся и возрастающие с познанием аналогии? Признать все их простыми «случайными совпадениями» – значит внести величайший произвол в мировоззрение и даже стать в явное противоречие с теорией вероятностей. Научно возможный вывод один: действительное единство организационных методов, единство их повсюду – в психических и физических комплексах, в живой и мертвой природе, в работе стихийных сил и сознательной деятельности людей». Формы формирующие, по Богданову, представлены у Крылова как развитие систем: «Развитие любой системы – материальной или информационной – есть процесс в той или иной степени технологический. Поэтому очень важной областью приложения формальной технологии являются самые различные процессы развития, которые мы в

¹ URL: <http://vt.samgtu.ru/index.php>, дата обращения: 25.10.2021. [URL: <http://vt.samgtu.ru/index.php>. Accessed: October 25, 2021.]

дальнейшем будем называть эволюционными – как естественные, существующие в окружающей природе, так и искусственные, реализуемые человеком или при его участии» [5, с. 9]. Следует сказать, что по сравнению с ОТТ Крылов более последовательно проводит идеи эволюции, хотя и у нас [1] эволюция рассматривается не только на уровне технологии, но и на уровне технологической операции (ТО). Эволюционность, проявляющая в техносфере через изобретательскую деятельность духа [1, с. 380], есть всеобщее закономерное свойство: «В природе сквозь хаос бесчисленных изменений прокладывают себе путь те же диалектические законы движения, которые и в истории господствуют над кажущейся случайностью событий, – те самые законы, которые, проходя красной нитью и через историю развития человеческого мышления, постепенно доходят до сознания мыслящих людей» [10].

Заимствованный у Ады Лавлейс, дочери Байрона, взгляд на ТО, помимо абстрактности, фиксирует еще и системность модифицируемого объекта: «Под словом *операция* мы понимаем любую процедуру, которая меняет взаимное отношение двух или большего числа вещей, какого бы рода эти отношения не были. Это максимально общее определение, которое может включать все объекты во Вселенной. Но наука о таких операциях, будучи особым образом выведенной из математики, является самостоятельной наукой, имеющей свою собственную теоретическую истинность и значимость, также как логика имеет свою собственную истинность – независимо от предметов, к которым мы применяем ее объяснения и методы». В ОТТ ТО вводилась как изменение состояния субстрата, но Крылов конкретизирует, что любое изменение есть изменение взаимного отношения частей. Далее, по роду объектов Крылов выделяет информационные и «обычные» материальные технологии. Первые изучаются классической теорией алгоритмов, что отмечается автором [5, с. 11]: «Будучи плоть от плоти порождением математики (точнее – теории алгоритмов), ОФТ имеет возможность без особых проблем адаптировать для своих нужд любые ее методы, наработанные на текущий момент. Более того, формальная технология очень четко определяет и место самой математики (как технологии вычислений) среди всего множества технологий». Это созвучно нашему определению технологии как «овеществление массово применяемых алгоритмов» [1, с. 30].

На вопросы сложности мы обращали внимание при рассмотрении уровня технологического маршрута (ТМ). Крылов идет чуть дальше, совершенно справедливо увязывая сложность с самоорганизацией и, следовательно, синергетикой (прежде всего, в лице Пригожина). Он пишет о синергетике и ОФТ:

«Взаимное признание и «обмен идеями» способны принести пользу обоим научным направлениям, тогда как возможная конфронтация скорее всего отразит лишь типичную социальную ситуацию «захвата власти». Необходимо отметить, что синергетика связывает целостное восприятие с отысканием параметров порядка в исследуемом объекте; т.е. в любом объекте должен быть порядок, и отыскание его есть задача синергетики. Автор также пишет о конструктивном характере ОФТ вплоть до конструирования новых «физических миров», и, на наш взгляд, это лишь еще больше заостряет внимание на технологиях проектирования как двойниковых по отношению к технологиям «производящим», о чем писал А.А. Ивлев [11]. Так или иначе, нельзя разрывать изучение проблем самоорганизации от проблем исчисления сложности.

Пожалуй, нацеленность на конструктивность представляет наиболее оригинальную черту подхода Крылова, заключающуюся в «предельном абстрагировании понятий объектов операций и механизмов связывания объектов друг с другом в различные конструкции и структуры – будь то слова, состоящие из символов, узлы и агрегаты, состоящие из деталей, или «молекулы», построенные из «атомов»... Следует заметить, что на выработку этого на первый взгляд слишком грубого и слишком упрощенного подхода ушло около десяти лет» [5, с. 15–16].

Первая глава «Формальная технология и метафизика» носит историко-библиографический характер, а вторая глава под названием «Что дает функциональность?» посвящена формулировке ОФТ. В своей книге мы поступили точно также, причем и понятия «изделия», «целевого продукта», а значит и функциональности, были выставлены нами в центр ОТТ. Третья глава «Вверх – по лестнице эволюционных технологий» привносит в ОФТ динамический и эволюционный характер, но одновременно естественным образом вводится идея иерархичности [1, с. 69]. Можно проанализировать определенные технологии и их эволюционные преобразования, операции и рабочие переходы этих операций, роль и характер операций, изменение этой роли в ходе эволюции, а не только изменения структур, реализующих каждую операцию. Так, эволюция микроэлектроники [1, глава IV] иллюстрирует общий случай эволюции технологий. При этом нужно рассматривать как эволюцию процессов, так и эволюцию средств реализации этих процессов.

Две последующие главы «Почему и как возникает жизнь» и «Эволюция систем» посвящены модным в 1960-х гг. проблемам, вокруг которых, конечно, всегда будут вестись дискуссии. Автор обращается к понятиям энтропии, негэнтропии, механизмам адаптации, и в этом легко увидеть параллели с

построением 4-й и 5-й глав [1]. При обсуждении промышленной технологии адаптивность и гомеостаз являются важными концепциями. Шестая и седьмая главы о программно-управляемых технологических системах будущего и о тезисе Черча, соответственно, иллюстрируют техническую сторону организации производства. Здесь также обнаруживается некоторая параллель с главами нашей книги об уровнях производственного процесса и технологии. Восьмая глава «Как и куда мы развиваемся? Социальные и экономические системы», где автор сфокусировался на гуманитарных аспектах, например, красоте, имеет аналогию с последней седьмой главой [1], во всяком случае, по рассматриваемой проблематике.

СОДЕРЖАНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ ГЛАВЫ 1

Начинается глава с пространного рассуждения о познании человеком мира через религию, затем философию, через единство метафизики и математики через понятие числа: «Так появились пифагорейцы. Восхищенные красотой и стройностью арифметических и геометрических построений они попытались лишить число одного из главных его достоинств – абстрактности». В наше время математика приросла теорией алгоритмов и на новом уровне нужен возврат к метафизике для объяснения мира. Задается вопрос: «Но единой математической теории происхождения жизни – нет! Почему? Что есть в математике, как обобщенном универсальном методе описания и решения всех задач, такого, что радикально отличает его от тех методов, которые использует природа?». Дается ответ: «Во всех без исключения случаях математика оперирует исключительно с искусственными объектами – числами или некоторыми их «заменителями» (символами и/или кодами). Природа же «работает» только с физическими объектами... Говоря коротко, реальные физические объекты, находясь друг с другом в физическом контакте, всегда проявляют присущую им функциональность, связанную с заложенной в них физикой – то есть с физикой той Вселенной, в которой происходит взаимодействие» [5, с. 24–25].

Затронутая автором проблема достаточно деликатна и принадлежит утонченной метаматематике. С практической точки зрения Крылов прав, когда говорит о скрытой аксиоме математики: «При любых математических преобразованиях элементарным объектам математических операций (числам и кодам) присуще только одно абстрактное свойство – представлять некоторые количества». Тем не менее, мы знаем теорию множеств Кантора, качественную теорию дифференциальных уравнений, где число вторично. Это различие подходов к математике имеет место даже в самой математической логике, если

сравнить труды формалиста Гильберта и его современника Готлоба Фреге (исчисление предикатов). Синтаксическое мышление характерно для колмогоровской традиции и для цитируемой Крыловым работы (2000 г.) Юргена Шмидхубера «Алгоритмические теории всего» [12]. Нам ближе физико-семантический подход [1, с. 204]; такую же позицию разделяет и Крылов: «Всегда можно найти объекты, описание которых во «вселенных Шмидхубера» оказывается не просто неполноценным, но абсолютно неадекватным» [5, с. 28]. С другой стороны, любое исследование, в том числе и технологии, неизбежно упирается в проблемы языка и символики.

Здесь же используется понятие функциональности, но оно понимается автором нестандартно. При этом обращается внимание на объектно-ориентированную парадигму (ООП) программирования и триаду «объект – свойства – функциональность». Выписывается формула (с. 30), гласящая: 1) у объекта может быть несколько свойств; 2) каждое свойство зависит от свойств других объектов (и других свойств самого объекта), а сама функциональная связь и есть функциональность. Автор предупреждает: «Рассматривать только функциональности без связанных с ними физических свойств не имеет смысла – это будет просто частью давно существующего раздела математики под названием «общая теория вычислимых функций». Выделяются два уровня ОФТ: простой, основанный на диаде «объект – свойства», и более развитый, принимающий во внимание всю триаду. Также сразу выделяются два типа формальных ТО: синтеза, аналогичного сложению, и декомпозиции, т.е. разделению. Примечательно, что автор вводит и ТО анализа, по смыслу совпадающую с введенной нами [1, с. 116] контрольно-измерительной и аттестационной (КИА) ТО; математически это выражается как $F_i(x) \rightarrow \langle x, \beta \rangle$, где β – искомая характеристика (параметр) объекта x . Рассматривается и, по-видимому, некорректный случай, когда $\beta \in \{0, 1\}$ – знак отсутствия или присутствия объекта, а также общий случай измерения как сравнения конкретной формы объекта с эталоном.

На с. 35 дается определение ТО: «Под объектами в ФТ на самом деле может пониматься все, к чему могут быть применены ее «технологические операции» – то есть операции, тем или иным образом влияющие на сами объекты или/и на их свойства, или/и на их взаимное расположение». По аналогии с алфавитом в матлогике автор, «естественно» по его выражению, вводит базовые элементы или базу технологии. И ведь если мы рассмотрим историю микроэлектроники, то эта теоретическая идея, казалось бы взятая из математического ума, действительно была воплощена в перечне материалов, конструктивных элементов (электронной компонентной базы) и

типовых технологических процессов. Вместе с тем современные технологии открыты к новациям, они эволюционируют, меняя собственную «аксиоматику». На с. 36 дается алгебраическое по своему духу определение формальной технологии как совокупности базы и операций над ее элементами и конструкциями, т.е. получаемыми из элементов базы сложных объектов. Нетрудно увидеть аналогию с носителем и сигнатурой алгебраической системы.

Далее вводится понятие креативной технологии, на наш взгляд избыточное, потому что любая практическая технология всегда создает новое, если не брать экзотический для производства случай технологии копирования (пример – полимеразная цепная реакция) или аналогию с переносом изображения к микроэлектронике. Креативность, похоже, следует соотносить с «пользой». И в этом случае можно вспомнить мысль С. Лема об отнесении технологии к науке и сказать, что нет бесполезной науки в самом что ни на есть прагматическом значении слова «польза», потому что никогда не известно заранее, какая информация о природе пригодится, более того, окажется необыкновенно нужной и важной. С другой стороны, различение креативных и некреативных технологий дает основание автору говорить о самовоспроизводстве биологических клеток и усложнении форм жизни в процессе эволюции (вплоть до появления интеллекта) и вводить понятие «эволюционная технология» [5, с. 41]. Крылов, как и мы, при анализе суммы технологий и через понятие точек сопряжения [1, с. 355], приходит к идее эволюции через развитие и усложнении базы технологии, но альтернативным путем, через понятия креативности и базы.

Автор обращает внимание на то, что «новизна конструкций должна определяться исключительно средствами самой технологии». Такая мысль кажется нам глубокой и важной для анализа изобретательской деятельности и новаций, т.е. проектная деятельность становится подчиненной по отношению к производственно-технологической. Обычно в практике имеет место обратное: вначале определяется конструкция, а затем только маршруты изготовления. В более широком смысле лучше перейти не на уровень маршрута, а на уровень производственного процесса [1, с. 31]. В конце концов, главным становится не «что сделать?», а «как это сделать?». Только в этом случае новое получит право на жизнь. Вместе с тем мы указывали на неразрывное единство технологии и конструкции, а Крылов, исходя из алгебраических соображений, усиливает и вычленяет вторую сторону этого единства. Что касается самовоспроизводства, то мысль Крылова обращается к клеточным автоматам Кодда и достаточности небольшого

уровня функциональности, определяемого числом возможных локальных функций перехода и/или числом состояний ячеек.

По аналогии с функцией нескольких переменных автор вводит формально-технологическую функцию (ФТ-схема синтеза), результатом которой является новый объект/конструкция. При этом явным образом вводится множество допустимых параметров ТО; в нашей терминологии это технэ уровня ТО [1, с. 115]. Помимо схем синтеза вводится операция «фиксированной дезинтеграции», по смыслу сходная с «дозированием» в пищевой технологии. Даются математические определения для ряда частных типов ТО. И здесь следует сказать, что ТО у Крылова скорее эквивалентно микрооперациям [1, с. 108].

Формулируется теорема об «эффективности накопленных знаний», т.е. о возможности пронумеровать все ТМ. Автор поясняет: «Любая технология, будучи по определению конечной алгоритмической системой (т.е. системой с конечным числом типов начальных объектов операций и конечным числом самих операций над объектами) за конечное число шагов может породить лишь конечное множество объектов (синтезов или конструкций)». Теорема верна лишь абстрактно-математически. Некоторые операции меняют свойства объектов, а сочетание таких свойств, даже при конечном числе операций, может быть, с практической точки зрения, бесконечным. Отсюда следует несколько фантастическая, на наш взгляд, идея о конструкторе-анализаторе, представляющем машину Тьюринга, соединенную с технологическим блоком. По Крылову, технология полна, если она бесконечно креативна и по конструкции изделия можно восстановить технологию его синтеза. Восстановимость, по-видимому, понимается как существование с точностью до однозначности, поскольку, например, соединение можно выполнить различными технологическими способами сварки (лазерная, электрическая, ионная и т.п.), не включая различные присадки. Автор считает совпадение названия с полнотой в логике случайным, однако, как нам представляется, аналогия вполне адекватна, ведь формула доказуема, если существует цепочка формул, связывающих ее с аксиомами. Завершают главу несколько математизированных определений и утверждений, а также сводный рисунок подтипов технологий (с. 68) – рис. 2.

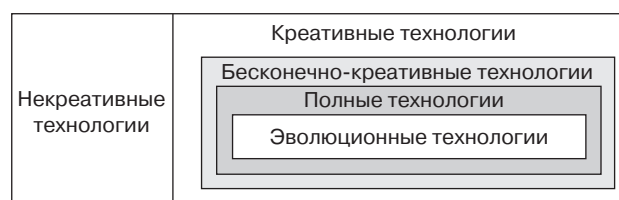


Рис. 2. Выделенные С.М. Крыловым типы технологий

СОДЕРЖАНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ ГЛАВЫ 2

Глава посвящена абстрактным понятиям свойства и функциональности, весьма трудна для понимания, вторгается в область философии и опирается на труды М. Бунге и Е.М. Карпова. Автор сознает всю сложность вопроса: «Трактовка смысла термина «свойство» в каждом конкретном случае применительно к каждому варианту представления систем, их компонентов и отношений между компонентами – один из самых сложных моментов в исследованиях систем... Говоря о свойствах отдельных объектов и систем объектов, обычно не подчеркивают принципиальную разницу в свойствах, связанных с их поведением – динамикой, и в свойствах, как бы статически связанных с самими объектами – то есть таких, которые позволяют отличать одни объекты от других независимо от их динамики» [5, с. 74]. Автор примыкает к линии Дж. Клира – Е.М. Карпова и дает такое определение: «Свойство объекта (элемента или конструкции) – это некоторая числовая, геометрическая, физическая или любая другая, в том числе воображаемая, его характеристика, стабильная при определенных стабильных условиях, по которой (по которым) они (элементы, конструкции) могут отличаться друг от друга или от своего, предшествующего во времени и/или пространстве, состояния».

Крылов подчеркивает технический смысл этого определения и справедливо указывает, что «наличие свойств объектов не обязательно предполагает наличие среди аналитических операций соответствующей технологии операций, напрямую определяющих «присутствие» или «отсутствие» тех или иных свойств, и даже «измеряющих» их величину» [5, с. 78]. Также автор расширяет предикативный смысл свойства и прямо пишет, что вполне можно отображать свойство целым или конечным вещественным числом, а не только булевым. Заметим, что такой подход имеет место в теории вероятностей, когда случайному событию сопоставляется случайная величина. По Крылову, «в такой нотации становится вполне очевидной возможность ограничения реального (т.е. достаточно полного) списка свойств объектов тем его сокращенным вариантом, который представляет полноценную картину их поведения в конкретном контексте» [5, с. 80]. Для практики КИА ТО промышленной технологии и интерпретации их результатов эта проблема неполноты имеет существенное значение (см. в этой связи наши замечания по физико-статистическому подходу в теории надежности [1, с. 233]). Говоря о важности ООП, Крылов пишет: «Для нас же в этой концепции важно ее самое главное, центральное звено, а именно – любой объект должен представляться единой совокупностью как параметров, описывающих его особенности

(свойства!), так и методов (способов, функций), описывающие использование (взаимодействие) параметров как внутри объекта, так и вне его – то есть с другими объектами. Действительно, любой реальный объект реального мира – это не просто некоторый набор его статических характеристик. Это еще и процесс его существования в окружающем мире, его динамика, его эволюция» [5, с. 81].

Состояние объекта определяется как совокупность конкретных значений его свойств и интерпретируется как вектор в многомерном «пространстве» (такое пространство, как мы поняли, есть аналог фазового пространства в статистической физике). Заслуживает внимания «метод назначенных функциональностей», заключающийся в декомпозиции свойства со многими значениями на несколько свойств с немногими, например, бинарными значениями [5, с. 83]. И, как справедливо замечает Крылов, такой метод часто используется при проектировании клеточных автоматов.

Повторим, понятие «функциональность» вводится нетрадиционно; в ОТТ функциональность есть свойство конечного изделия выполнять полезную функцию, но можно, конечно, постулировать локальную функциональность элемента изделия или полуфабриката реагировать на внешнее воздействие при некоторых остальных заданных условиях «правильным», с точки зрения проектировщика, образом. Такая потребность действительно возникает в микроэлектронике при характеристике базовых конструктивных элементов, а степень «правильности» зафиксирована в «комплекте средств разработчика» (PDK). Хотя Крылов также упоминает внешнее воздействие (через изменение), но идет другим путем [5, с. 84]: «Свойство объекта (элемента или конструкции) называется функциональным, если оно позволяет изменять состояние другого объекта, с которым взаимодействует данное свойство данного объекта, при физическом сближении или соединении этих объектов». На наш взгляд, корректнее говорить о связывании, вводя абстракцию «связь», поскольку сложно представить физическое сближение для информационных объектов. Далее автор разбирает пример вентиля «2И-НЕ», где два его входа называются входными свойствами, а его выход, т.е. выходное свойство, становится функциональным только тогда, когда связан с другим вентилем. Однако функциональность все-таки есть и в отсутствии связи, будучи задана таблицей истинности и ее «правильностью». Затем обсуждается на языке функциональности работа четырехкомпонентного триггера [5, с. 90]. В качестве более сложного примера Крылов вводит так называемый «слабоструктурированный гетерогенный самосинхронный автомат

с индивидуальными именами объектов», причем в контексте вычислений с помощью химических реакций (достаточно хороший пример, на наш взгляд, здесь дает кинетическая машина Кирдина). Крылов обращается к другой реализации сети – булевому автомату Кауффмана.

Завершают главу несколько утверждений об эмерджентных свойствах. Если в ОТТ общесистемное положение об эмерджентности рассматривается только в том смысле, что каждый уровень описания технологии порождает новые, специфические понятия, то Крылов более классически связывает эмерджентность с функциональностью. Читаем на с. 100: «Эмерджентным называется такое свойство объекта x (с непустым значением), которое отсутствовало на предыдущих шагах технологии в тех объектах, из которых был получен объект x ». В качестве примера утверждений укажем: «Утверждение 2.1. Свойство «иметь заданную форму» является эмерджентным (в технологиях с размерностью не менее 2)». Размерность технологии, насколько мы поняли, отождествляется с числом свойств ее финальных конструкций. Для клеточного автомата фон Неймана с 29 состояниями ячейки на языке функциональностей сформулированы два утверждения. «Функциональность» оказывается понятием, аналогичным «методу» в ООП. Последним введенным понятием является «кинематическая эмерджентность».

СОДЕРЖАНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ ГЛАВ 3–5

Эти главы посвящены, с одной стороны, развешиванию понятий «функциональность» и «сложность», а с другой стороны – физико-химическим процессам предбиологической и биологической эволюции. Свойство самовоспроизводства является эмерджентным при сравнении с органическими молекулами; такой переход от второй к третьей главе естественен и подчинен логике ОФТ. Однако начинается 3-я глава со странных постулатов для эволюционных технологий: «Существует «пространство» и «время»» [5, с. 111], с отсылкой к бытовому пониманию (если мы правильно поняли Крылова, это понимание соответствует ньютоновскому). Приводимое на с. 102 утверждение 3.3 явно носит физикалистский характер, что снижает его общность, но конкретизирует и фиксирует атомистику Крылова. Квазиатомы Крылова аналогичны атомам химиков, обладают массой и инерцией, а их свойства квантуются (утверждение 3.4), чтобы дать возможность повторения элементов базы; экземпляры элементов могут пополняться из внешнего источника. Возможно, здесь уместны аналогии с трудами Демокрита. Важную роль играют понятия «поля» и

соответственно сил: «Более сложные, нелинейные или немонокотонные, или даже знакопеременные варианты функциональной зависимости силы притяжения от расстояния между элементами из-за бесконечно-большого числа элементов и бесконечности самого пространства анализировать чрезвычайно трудно» [5, с. 115].

Физикализм и даже механицизм чувствуется и при появлении закона инерции в утверждении 3.5. Между тем была бы интересной более общая формулировка: «Для того чтобы технология, удовлетворяющая утверждениям 3.3–3.4, могла быть эволюционной, необходимо, чтобы элементы базы обладали свойством сохранять свойства направление движения при отсутствии внешних сил (притяжения и/или отталкивания)» (*вычеркнут текст Крылова, подчеркнут – наш*). Конструируя вид сил, автор поневоле встает на путь методов молекулярной динамики; ради конкретики приведем эффективный, по мнению автора, вид силы взаимодействия между двумя элементами базы:

$$F = \frac{K \left(d_{ij} - (r_i + r_j) \right)}{d_{ij}^n},$$

где i, j – индексы элементов; $r_{i,j}$ – их радиусы; d_{ij} – расстояние между их центрами; n – степень взаимодействия; K – константа. Для обоснования автор ссылается на собственные компьютерные эксперименты, показывающие наличие стабильных конструкций при $n = 3$ (что соответствует физике нашего мира), но дает лишь один литературный источник 1997 года. Отмечается, что введение вязкости среды и разнополярности элементов, т.е. свойства «заряд», позволяет получить более интересные результаты. На наш взгляд, книга бы только выиграла, если бы автор включил более детальное описание помимо иллюстраций с комкующимися шариками (рис. 3). На с. 121 резюмируется: «Например, шарики-клетки можно снабдить набором состояний и функциональностей, аналогичных состояниям и функциональностям клеточных самовоспроизводящихся автоматов фон Неймана. В итоге получается структура, в которой возможно возникновение самовоспроизведения конструкций. Таким образом, мы впервые подошли к первой формально-технологической модели «вселенной», в которой теоретически реализуемы эволюционные (точнее – подобные им) технологии и процессы».

На возможность появления самовоспроизводящихся конфигураций, как в машине фон Неймана, автор смотрит скептически: «Малейшая неоднородность в среде, окружающей автомат, может привести к сбою в процессе самовоспроизведения и он

прекратится» (с. 122); это фиксируется в утверждении 3.6. Однако, снабдив квазиатомы новым свойством «число электронов», что ведет к аналогу ковалентной связи, Крылову удалось получить устойчивые конфигурации, сохраняющие структуру при различных соударениях.

Глава 4 начинается с обсуждения понятия энтропии. Мы склонны согласиться со следующим замечанием (с. 125, курсив наш): «... (*обычный подход*) рассматривает любую систему как уже заданную, существующую в природе независимо от того, на самом ли деле это так или же *она создается конструктивным путем* из некоторых исходных компонентов. Отсюда – парадокс: пока не известны вероятности появления тех или иных состояний системы (т.е. различных ее «конфигураций» в самом широком смысле этого термина) – ничего нельзя сказать ни о величине ее энтропии, ни о характере ее возможных изменений при тех или иных трансформациях (преобразованиях) системы». Указывается на избыточность формулы Шеннона для количества информации в сообщении и большую простоту, выбранную Природой в генетическом коде (64 кодона на 20 аминокислот) и используемую проектировщиками информационных систем.

Вводится функциональная сложность как всевозможное число состояний системы. Конструктивная сложность, или конструктивная функциональность, вводится вначале для линейных конструкций, понимаемых через отношения «слева-справа». На с. 131 указывается, что в итоге минимальное число функциональных состояний, обеспечивающих «трехмерную» конструкционную полноту линейных конструкций (аналог – кривая в трехмерном пространстве), оказывается равным пяти. Далее выделяется один из базовых объектов и называется автоматом (в ОТТ это процессор ТО): «По такой схеме легко определить требуемое минимальное число состояний самого автомата синтеза. Оказалось, что оно невелико и равно 12. То есть (молекулярный) автомат..., способный синтезировать линейные конструкции, может иметь всего 12 функциональных состояний». Как и для любого объекта-конструкции, вводится функциональность автомата. Крылов обращает внимание на роль энергетического фактора, который, по его мнению, оказался недооцененным в работах Лэнгтона по искусственной жизни. Схема рис. 3 напоминает схему синтеза белка в рибосомах из какого-нибудь учебника биологии. Заметим, что Природа действительно избрала линейные конструкции, т.е. молекулы РНК или первичные последовательности белков, а вот в человеческой технике сочленения деталей более многообразны, не говоря уже о способах ассоциации/коннекта в ментальных конструкциях.

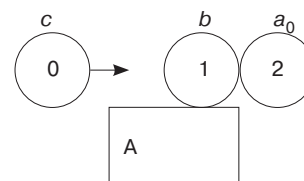


Рис. 3. Фрагмент схемы работы автомата А случайного синтеза, подобного синтезу линейного биополимера. Кругами показаны мономеры, цифры в кругах – значения состояний мономеров

На с. 135 перечисляются 4 типа функциональностей: динамическая (как возможность перемещения в пространстве), конструкционная (как возможность сочленений), логическая (как возможность управления сборкой через автомат), энергетическая (введена автором туманно). 1-й и 4-й типы тесно связаны друг с другом. Дополнение базы за счет «автоматов – катализаторов распада» делает технологию более продуктивной. Крылов опять приводит результаты компьютерного моделирования, но не дает ссылки на первоисточник. После апелляции к колмогоровской сложности обосновывается (с. 145) действительно принципиальная *теорема о фиксированной точке самовоспроизведения*:

«Среди линейных технологий с числом функциональных состояний, приходящихся на один элемент базы, большим единицы, существуют технологии, в которых функциональная сложность конструкций с увеличением длины постоянно растет, тогда как функциональная сложность процесса (автомата) их синтеза остается величиной постоянной. Поэтому обязательно найдутся такие конструкции (или их совокупности), функциональная сложность которых окажется равной или даже больше функциональной сложности процедуры (автомата) их синтеза, и, следовательно, обязательно найдутся конструкции, которые могут воспроизводить самих себя».

В нашем варианте ОТТ мы постулировали и даже дали нестрогое обоснование утверждению о том, что сложность изделия не превышает сложности его маршрута (обобщая, технологического процесса) изготовления. Этим мы подтверждаем косвенно, что количество технологических альтернатив и вариаций [1, с. 115] может быть очень большим в противовес конечному количеству вариантов конструкции. Таким образом, оба утверждения впадают в интуитивное противоречие, хотя и выражены в разных терминах. Не будем пытаться решить это противоречие здесь, а просто зафиксируем его; для обсуждения всех нюансов соотношения «технэ», «сложности ТМ», скрытой информации в рецептах ТО понадобилась бы не одна статья. Возникновение же подобных противоречий в разных вариантах ОТТ, на наш взгляд, плодотворно и несет отпечаток диалектики.

В конце главы 4 приведены более сложные конструкции автоматов, обогащенные возможностью комплементарности (с целью «схватить» синтез ДНК). Возможность их совместной работы близка к идее гиперцикла Манфреда Эйгена, и мы можем усмотреть ее черты и в нашей ОТТ: во-первых, в тезисе двойственности [1, с. 107], и во-вторых, в происхождении закона Мура и научно-технического прогресса [1, с. 362, 373]. По нашему мнению, идея поиска путей самовоспроизведения, несмотря на свою привлекательность, оказала в чем-то вредное влияние на развитие науки, только отвлекая интеллектуальные силы от более достижимых практических целей. Автор попал под очарование этой идеи и продолжил в пятой главе попытки «атаки на самовоспроизведение», введя понятие частично самовоспроизводящейся биоподобной системы (ЧСБС) и два принципа дарвиновских систем (мутации и отбор). На русский язык в 1970-е гг. были переведены три работы Эйгена [13], по-видимому, прошедшие мимо автора, иначе хотя бы одна была бы отмечена в списке литературы. Если Эйген использовал аппарат обыкновенных дифференциальных уравнений и нелинейной динамики, то Крылов – яркий представителем конструктивно-алгоритмического подхода. На с. 173 указаны структурно-функциональные черты ЧСБС, носящей пространственно распределенный характер, т.е. по сути являющейся коннекционистской; наличие управляющих сигналов активации и торможения также усиливает эту аналогию [14] (см. принципы Руммельхарта).

ЗАМЕЧАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОБСУЖДЕНИЕ ГЛАВ 6–8

Шестая глава начинается с полуопределения: «Технологии будущего – это, прежде всего, технологии, интегрированные в многоцелевые (в идеале предельно многофункциональные, т.е. универсальные) автоматически действующие системы, способные решать огромное число задач без участия человека. Прообразами таких систем можно считать полностью автоматизированные гибкие производства (ГАП) и – как ни странно, – компьютеры» (с. 178). В отношении микроэлектроники, например, мы видим, как промышленная технология трансформируется в «высокую» [1, с. 262], с чем связан переход к т.н. «Индустрии 4.0». Затем автор декларирует: «На основе формально-технологического анализа мы попытаемся разработать некую новую базовую модель предельно-многофункционального (универсального) программно-управляемого устройства для выполнения любых технологических операций из заданного множества операций F некоей технологии над любыми объектами из объединенного

множества $A \cup B$ элементов базы и конструкций этой же технологии». И тогда возникает проблема уточнения «универсальной технологической системы», причем для ее решения Крылов неформально использует абстракцию машины Тьюринга. И рождается следующее определение: «Естественно понимать универсальность системы в любой технологии $T = \langle A \cup B, F \rangle$ как возможность реализации в ней любой последовательности любых операций из F над любыми разрешенными для данных операций элементами и конструкциями из $A \cup B$, в том числе – с учетом всех возможных результатов операций анализа из F , которые могут изменять дальнейшие последовательности операций». С точки зрения уровня ТО операции анализа есть контрольно-измерительные, и здесь позиции ОФТ и ОТТ совпадают, но далее возникает различие: для Крылова это, прежде всего, возможность управления (проверка условий перехода if ... else), а в ОТТ – элемент технэ на уровне производственного процесса. Неким практическим компромиссом здесь является элиминация бракованного полуфабриката из дальнейшего технологического процесса.

Далее на с. 181 вводится, аналогично рекурсивной функции в теории алгоритмов, понятие «рекурсивная схема». Несколько наивно вводятся «ячейки хранения», т.е. автор пытается перейти к и выйти за пределы некой модели вычисления [5, с. 183]: «При этом предполагается, что все такие (конструкции – *авт.*) – достаточно однородные (т.е. гомогенные) объекты, которые могут храниться в однотипных ячейках хранения и перемещаться однотипными транспортными магистралями». Для условий реального производства предположение однородности весьма шаткое. Следует сказать, что «модель вычислений» является актуальным [15] и требующим отдельного анализа понятием теории вычислимости. Крылов здесь вплетает материально-технологические мотивы. Само понятие «ячейка хранения» выступает обобщением ячейки памяти в компьютерной науке; обсуждается различие доступа по адресу и доступа по указателю в схеме ГАП (рис. 6.2 книги). Очень сильно влияют на логику автора представления о сборочном производстве или сборочном «химизме», но для нас микроэлектроника выступает примером иной, не-сборочной технологии. На с. 189 Крылов отмечает: «Для достижения «алгоритмической полноты», – т.е. для создания достаточно мощного информационного базиса в различных технологиях, эквивалентного по своим потенциальным возможностям математике (и, следовательно, обеспечивающего решение в том числе любых задач, связанных с управлением универсальной технологической системой), нужен не такой уж сложный формальный механизм: необходимо

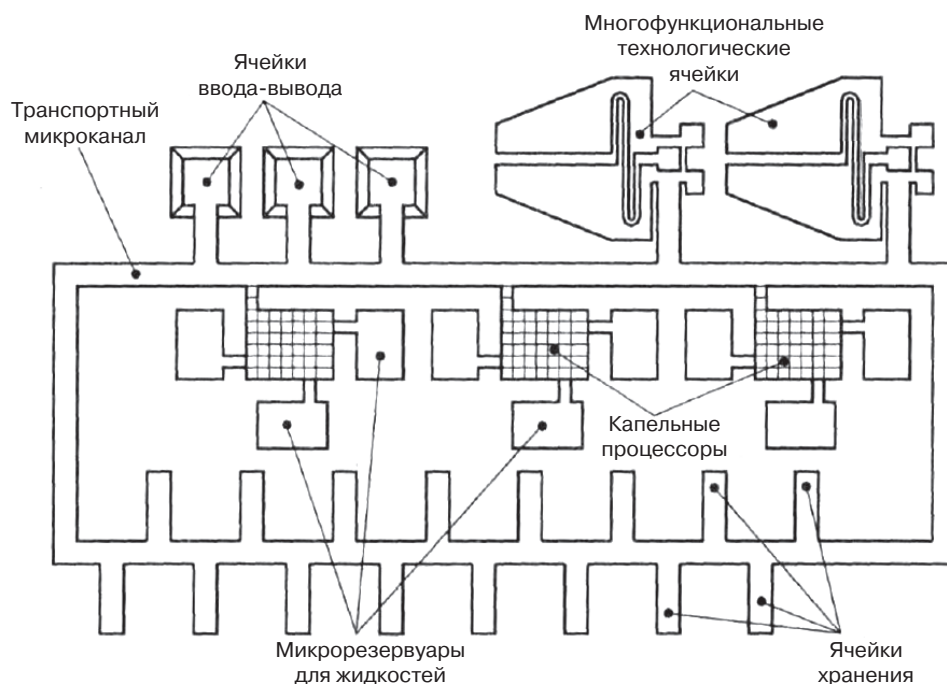


Рис. 4. Пример топографии технологической части гипотетической нанофабрики на кристалле, имеющей рекурсивную структуру и содержащей три устройства ввода-вывода микрообъектов (рис. 6.13 книги)

по крайней мере иметь «что-то», что можно отличить от «ничего», и уметь это «что-то» располагать в нужных местах пространства (в нужных ячейках хранения) в нужной последовательности с тем, чтобы потом эту последовательность можно было вновь обработать».

В заключительной части главы 6 автор переходит к конкретным проектам схем, уходит абстрактность изложения, уступая место научной специализации автора в области проектирования «систем на кристалле», ПЛИС и ПЛМ (программируемые логические интегральные схемы и матрицы). И хотя общая терминология сохраняется, но совершенно забывается, что интегральная схема, прежде всего, преобразует сигнал [1, с. 55], а не что-то атомно-молекулярное. Таким образом, реализуемость ГАП остается под вопросом, хотя для уровня производственного процесса ОТТ идея Крылова выглядит достаточно интересной и, возможно, актуальной с точки зрения технологического потока. Разделение ячеек хранения и технологических ячеек в контексте умного химического синтеза [5, с. 216], как нам кажется, соответствует логике развития фармацевтики и генной инженерии, а идея об управлении указывает на большой потенциал синтеза чипов с биотехнологией. В этой части книги, по нашему мнению, исключительно полезна для разработчиков «лабораторий на кристалле», микросистемной техники (рис. 4) и является превосходным примером нисхождения из абстрактных алгебраических абстракций к реальному производству, пусть пока и биофармацевтическому.

С другой стороны, мы скептически относимся к распространению этих идей на другие технологии.

Также автор справедливо замечает, что технология не всегда порождает линейные объекты (глава 4), и переходит к плоскостным объектам, оценивая сложность их синтеза на с. 225. В чем-то технологические ячейки и синтезирующий автомат (САВТ) Крылова напоминают ячейки клеточного автомата, но имеют более сложную внутреннюю структуру, наследуемую от хранимых объектов; аналогия есть и в результатах синтеза (например, статья [16] С.М. Ачасовой).

Глава 7 посвящена адаптации тезиса Черча для технологических систем. Вопрос формулируется так (с. 235): «Каковы границы эффективной применимости технологии вычислений, работающей с натуральными и рациональными числами (т.е. технологии частично-рекурсивных функций), в сравнении с более сложно устроенными технологиями, работающими с объектами реального физического мира?». Еще раз указывается (с. 240) на подчиненный характер математики: «Математика – это тектология нейтральных комплексов (под комплексом Богданов понимал нечто, весьма близкое к понятию конструкции в ФТ)». Вводятся понятия «частично неизвестная технология» и «порог сложности». Доказательства утверждений, а их в этой главе – 10, выглядят недостаточно строгими.

В главе 8 автору захотелось расширить ОФТ на социальные системы, и на с. 252 указывается на переплетенность свойств личности, которые не всегда

удается развести по осям параметров. Автор, признавая сложность задач, в своих нестрогих рассуждениях опирается на модель реализации кратчайшего эволюционного пути развития, рассмотренной в параграфе 5.1, и критерий сложности многокомпонентного объекта по Колмогорову (в ФТ-интерпретации), рассмотренный в главе 4. Мы не можем обойти изложенные взгляды без комментариев.

Совершенно справедливо в «Неокибернетике» отмечается, что «основным («базовым») компонентом различных социальных, производственных и других групп людей является человек (индивидуум)». Если естественные и социальные науки познают природу и социум, то технологии создают человеческое окружение. Согласно П.К. Энгельмейеру [17], «... техника – часть социальной истории человечества, неразрывно связанная с природой. Благодаря технике человек преобразует окружающую среду, приспособляя ее к своим потребностям». Производственная или социальная технология не может развиваться самостоятельно, без человеческой деятельности. Технология (пока что, по крайней мере) не безлюдна, она составляет законченное целое только «дополненная человечеством», и именно здесь таится существеннейшая, может быть, разница, ибо биоэволюция является, вне всякого сомнения, процессом неморальным, чего нельзя сказать об эволюции технологической. Технология не является отдельным элементом процесса. Она реализуется кем-то или чем-то. Это является обязательным условием ее существования. Без этого она мертва.

Очень субъективны рассуждения о влиянии климата на развитие социальных структур и, особенно, развитие технологий, в том числе, и в настоящее время. С другой стороны, согласно классике диалектики: «если человек наукой и творческим гением подчинил себе силы природы, то они ему мстят, подчиняя его самого, поскольку он пользуется ими, настоящему деспотизму, независимо от какой-либо социальной организации» [18]. Автор пишет на с. 258: «Самым важным «внутренним» мутагенным фактором, определяющим возможную скорость эволюционного развития данного социума, является «степень разрешенных свободных действий отдельных социальных подсистем». Проще говоря – степень «внутренней свободы» данного социума. Если уровень этой свободы низок, то есть система достаточно жестко организована («тоталитарна», например), то, очевидно, скорость эволюции такой системы будет минимальной и она неизбежно отстанет в своем развитии от своих более «внутренне свободных» соседей. Это, в свою очередь, приведет к потере эффективности и проигрышу в конкурентной борьбе». Эти выводы ничем не подкреплены. В

противоположность этому нужным было бы отметить технологические прорывы в тридцатые годы прошлого века в Германии, в СССР. Эти страны относят к тоталитарным режимам. А темпы технологического развития сегодня в КНР? Мы можем сослаться и на представление о Мегамашине, предложенное Л. Мамфордом.

Автор находит различие между технократической организацией и демократической: «В первом случае ограничения вырабатываются правящей верхушкой, а во втором – активностью социальных групп, заинтересованных в них граждан». США является технократическим обществом, несмотря на развитую демократию. Таким же путем идет и демократическая Франция [19]. Если только... демократия по форме не перестает быть демократией по содержанию.

На с. 262 утверждается: «Трагическая ошибка основоположников марксизма заключалась в том, что они приняли самый неудачный исход развития социальных систем за норму, за «движущую силу истории», хотя бы существовавшие тогда социальные системы и заслуживали свою участь», и далее на с. 263: «... поэтому вряд ли имеет смысл отказывать природе в ее «разумности». Просто это разум иного плана, иной организации и иного предназначения, чем наш собственный разум, являющийся, к тому же, продуктом деятельности первого». Далее Крылов продолжает идеи Вернадского о ноосфере: «Все типы разумов способны решать (творчески! – т.е. с созданием новых «изобретений») различные, в том числе неожиданно возникающие перед ними, задачи. Если, конечно, эти задачи принципиально решаемы в рамках тех ресурсов и технологий, которые доступны этим разумам на текущем этапе развития».

В контексте четвертой индустриальной революции марксистский взгляд на движущую силу истории, а это, прежде всего, развитие технологий, приобретает еще большую актуальность, но вместе с тем не следует забывать и предупреждение Энгельса [20]: «Не будем, однако, слишком обольщаться нашими победами над природой. За каждую такую победу она нам мстит. Каждая из этих побед имеет, правда, в первую очередь, те последствия, на которые мы рассчитывали, но, во вторую и третью очередь, совсем другие, непредвиденные последствия, которые очень часто уничтожают значение первых». Хочется продолжить мысли Крылова о красоте и об общественном разуме [5, с. 264–265] и сказать идеологам революций (Клаус Шваб), что мир сложнее, чем они думают, и его самоорганизации нужно доверять. Видимо поэтому автор и допустил критическое замечание в сторону марксизма, хотя споры о том, в чем состоит истинный марксизм, продолжаются до сих пор [21].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Надеемся, что в сжатой форме реферата мы смогли побудить читателя к непосредственному знакомству с книгами С.М. Крылова. Следует отметить, что монография [6] находится в открытом доступе. Если сравнивать обе теории (впрочем, до статуса настоящей «теории» им еще далеко, скорее это пока эскизы), ОТТ и ОФТ, то первая – более общая по объектам рассмотрения и может включать ОФТ на трех уровнях из шести: технологической операции, технологического маршрута и технологического процесса. В вопросах меры сложности и энтропии ОФТ ушла дальше, демонстрируя интересный подход, инспирированный алгоритмикой и процессами атомной сборки молекулярных «живых» структур, но все-таки очень многие вопросы остались далеки от разрешения. В своей книге [1] мы не прошли мимо работ Крылова, однако уделили им меньшее внимание, чем они того заслуживают.

Тем не менее, книга может побудить к формированию фундаментального взгляда на естествознание от арифметики до квантовой физики в противовес тем информационным «пилюлям», которые нередко применяются в обучении в целях «улучшения» образования. Эти «улучшения», дающие, на первый взгляд, немедленный успех, и способствующие технологическому «изготовлению» годных (а кто так смел, что определяет критерии годности?) для общества структур личности, приводят, в конечном итоге,

к уничтожению того обучения, которое пробуждает страсть к соревнованию, преодолению препятствий.

Немедленные успехи, даваемые подобными «улучшениями», заслоняют последующий вред, которым они оплачиваются. Чем богаче общество, тем более явно вступает оно на этот путь. Кто знает, не начнут ли когда-нибудь вводить в жизнь «синтетические затруднения» для того, чтобы они вернули ценность достижению целей, которое чрезмерно облегчено?

На наш взгляд, чрезмерная регламентация государством целей и содержания образования есть процесс неизбежный, особенно при переходе технологии в промышленную стадию [1] своего развития. В то же время это негативный процесс, снижающий многообразие личностей, структуры которых формируются через образование и воспитание. Как раз в книге Крылова даны общие формально алгебраические принципы формирования, в том числе, ментально-психологических конструкторов. Устранение возможности самоорганизации, проявления свободы человека и хаоса, присущего, хотя в небольшой степени, природе, в конечном итоге уменьшает вариативность путей общественного развития. На аспект хаоса указывают современные философы [22]: «От традиционалистского (детерминистского) общества мы переходим к стохастическому (технологическому) обществу».

Вклад авторов. Все авторы в равной степени внесли свой вклад в исследовательскую работу.

Authors' contribution. All authors equally contributed to the research work.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Красников Г.Я., Горнев Е.С., Матюшкин И.В. *Общая теория технологий и микроэлектроника*. М.: ТЕХНОСФЕРА; 2020. 434 с. ISBN 978-5-94836-611-1. URL: <https://www.technosphera.ru/lib/book/656>
2. Крылов С.М. Формально-технологические модели в общей теории систем. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2003;5(1):83–90.
3. Крылов С.М. *Теория и методы разработки многофункциональных программируемых технологических систем на основе формально-технологического анализа*: дис. ... докт. техн. наук. Самара; 2005. 451 с.
4. Крылов С.М. *Формальная технология и эволюция*. Самара: Самарский гос. технический ун-т; 2012. 325 с. ISBN 978-5-7964-1547-4
5. Крылов С.М. *Неокибернетика: алгоритмы, математика эволюции и технологии будущего*. М.: URSS; 2008. 288 с. ISBN 978-5-382-00651-2
6. Крылов С.М. *Метаматематические основы науки будущего: монография*. Самара: Самарский гос. технический ун-т; 2014. 247 с. ISBN 978-5-7964-1686-0
7. Верзилин Д.Н., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Неокибернетика: состояние исследований и перспективы развития. В сб.: «Системный анализ в проектировании и управлении»: сб. научных трудов XXIII Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. СПб.: Политех-Пресс; 2019. С. 81–98.

REFERENCES

1. Krasnikov G.Ya., Gornev E.S., Matyushkin I.V. *Obshchaya teoriya tekhnologii i mikroelektronika (General theory of technology and microelectronics)*. Moscow: TEKhNOSFERA; 2020. 434 p. (in Russ.). ISBN 978-5-94836-611-1. Available from URL: <https://www.technosphera.ru/lib/book/656>
2. Krylov S.M. Formally-technological models in the general systems theory. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk = Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2003;5(1):83–90 (in Russ.).
3. Krylov S.M. *Theory and methods of development of multifunctional programmable technological systems based on formal technological analysis*. Thesis. Samara; 2005. 451 p. (in Russ.).
4. Krylov S.M. *Formal'naya tekhnologiya i evolyutsiya (Formal technology and evolution)*. Samara: SamGTU; 2012. 325 p. (in Russ.). ISBN 978-5-7964-1547-4
5. Krylov S.M. *Neokibernetika: algoritmy, matematika evolyutsii i tekhnologii budushchego (Neocybernetics: algorithms, mathematics of evolution, and future technologies)*. Moscow: URSS; 2008. 288 p. (in Russ.). ISBN 978-5-382-00651-2
6. Krylov S.M. *Metamatematicheskie osnovy nauki budushchego: monografiya (Metamathematical foundations of the science of the future: monograph)*. Samara: SamGTU; 2014. 247 p. (in Russ.). ISBN 978-5-7964-1686-0

8. Менделеев Д.И. Технология. В кн.: *Сочинения*. Т. XXI. Экономические работы. Л.-М.: Изд. АН СССР; 1952. С. 333.
9. Богданов А.А. *Тектология: всеобщая организационная наука: в 2-х кн.* Абалкин Л.И. (отв. ред.). М.: Экономика; 1989. Кн. 1. 304 с.
10. Энгельс Ф. Анти-Дюринг. В кн.: Маркс К., Энгельс Ф. *Полное собрание сочинений*. Т. 20. М.: Госполитиздат; 1961. С. 11.
11. Ивлев А.А., Артеменко В.Б. Онтология военных технологий: основы, структура, визуализация и применение. Ч. 1. *Вооружение и Экономика*. 2011;4(16):35–52. <http://www.viek.ru/16/35-52.pdf>
12. Schmidhuber J. *Algorithmic Theories of Everything*. <https://arxiv.org/abs/quant-ph/0011122>
13. Эйген М., Шустер П. *Гиперцикл. Принципы организации макромолекул*: пер. с англ.; под ред. Волькенштейна М.В., Чернавского Д.С. М.: Мир; 1982. 270 с.
14. Rumelhart D., McClelland J. *Parallel Distributed Processing*. V. 1. Explorations in the Microstructure of Cognition: Foundations. PDP Research Group (Eds.). MIT Press, Cambridge, MA; 1986. ISBN 0-262-63113-X
15. Матюшкин И.В. Коннекционистское расширение минимальной модели вычислений (Часть 1). *Философские проблемы информационных технологий и киберпространства*. 2016;1(11):103–120. <https://doi.org/10.17726/philIT.2016.11.1.004.27>
16. Ачасова С.М. Клеточно-автоматная самовоспроизводящая матрица из искусственных биологических клеток. *Проблемы информатики*. 2016;3(32):13–25.
17. Энгельмейер П.К. Творчество в технике. В кн.: *Философия техники*. Вып. 1. СПб.: Воентех; 2006. С. 150–185.
18. Энгельс Ф. Об авторитете. В кн.: Маркс К., Энгельс Ф. *Полное собрание сочинений*. М.: Госполитиздат; 1961. Т. 18. С. 303.
19. Гэлбрейт Д.К. *Новое индустриальное общество*: пер. с англ. М.: АСТ; 2004. 602 с. ISBN 5-17-024777-X
20. Энгельс Ф. Диалектика природы. В кн.: Маркс К., Энгельс Ф. *Полное собрание сочинений*. М.: Госполитиздат; 1961. Т. 20. С. 495–499.
21. Пензин А., Подорога В., Чухров К. Маркс против марксизма, марксизм против Маркса. *Статус*. 2017;5(2):530–552. <https://doi.org/10.33280/2310-3817-2017-5-2-266-288>
22. Буданов В.Г., Аршинов В.И., Филатова О.Е., Попов Ю.М. Третья парадигма и законы развития социума. *Сложность. Разум. Постнеклассика*. 2020;1:38–45. <https://doi.org/10.12737/2306-174X-2020-37-44>
7. Verzilin D.N., Sokolov B.V., Yusupov R.M. Neocybernetics: state of research and development prospects. In: “*Sistemnyi analiz v proektirovanii i upravlenii*”: sb. nauchnykh trudov XXIII Mezhdunar. nauch.-praktich. konf. (System analysis in design and management. Collection of scientific papers XXIII Intern. scientific and practical conf.) V. 1. St. Petersburg: Politekh-press; 2019, p. 81–98 (in Russ.).
8. Mendelev D.I. Tekhnologiya. In: *Sochineniya*. T. XXI. *Ekonomicheskie raboty* (Technology. In: *Writings*. V. XXI. *Economic works*). Leningrad – Moscow: Izdatel'stvo Akademii nauk SSSR; 1952. P. 333.
9. Bogdanov A.A. *Tektologiya: vseobshchaya organizatsionnaya nauka: v 2-kh kn.* (Tectology: general organizational science: in 2 v.) Moscow: Ekonomika; 1989. V. 1. 304 p. (in Russ.).
10. Engel's F. *Anti-Dyuring*. In: Marks K., Engel's F. *Polnoe sobranie sochinenii* (Engels F. *Anti-Dühring*. In: Marx K., Engels F. *Full composition of writings*). Moscow: Gospolitizdat; 1961. V. 20. P. 11. (in Russ.).
11. Ivlev A.A., Artemenko V.B. Ontology of military technologies: bases, structure, visualisation and application. *Vooruzhenie i Ekonomika = Armament and Economics*. 2011;4(16):35–52 (in Russ.). <http://www.viek.ru/16/35-52.pdf>
12. Schmidhuber J. *Algorithmic Theories of Everything*. <https://arxiv.org/abs/quant-ph/0011122>
13. Eigen M., Shuster P. *Gipertsikl. Printsipy organizatsii makromolekul* (Hypercycle. Principles of the organization of macromolecules). Moscow: Mir; 1982. 270 p. (in Russ.).
[Eigen M., Schuster P. *The Hypercycle. A Principles of Natural Self-Organization*. Berlin, Heidelberg, NY: Springer; 1979]
14. Rumelhart D., McClelland J. *Parallel Distributed Processing*. V. 1. Explorations in the Microstructure of Cognition: Foundations. PDP Research Group (Eds.). MIT Press, Cambridge, MA; 1986. ISBN 0-262-63113-X
15. Matyushkin I.V. Connectionist extension of irreducible computation model (Part 1). *Filosofskie problemy informatsionnykh tekhnologii i kiberprostranstva = Philosophical Problems of Information Technology and Cyberspace*. 2016;1(11):103–120 (in Russ.). <https://doi.org/10.17726/philIT.2016.11.1.004.27>
16. Achasova S.M. Cellular automata self-replicating matrix of artificial biological cells. *Problemy informatiki = Problems of Informatics*. 2016;3(32):13–25 (in Russ.).
17. Engel'meier P.K. Tvorchestvo v tekhnike. In: *Filosofiya tekhniki* (Creativity in technology. In: *Philosophy of technology*). St. Petersburg: Voenmekh; 2006. V. 1. P. 150–185. (in Russ.).
18. Engel's F. Ob avtoritete. In: Marks K., Engel's F. *Polnoe sobranie sochinenii* (Engels F. *About authority*. In: Marx K., Engels F. *Full composition of writings*). Moscow: Gospolitizdat; 1961. V. 18. P. 11. (in Russ.).
19. Gelbreit D.K. *Novoe industrial'noe obshchestvo* (New industrial society). Moscow: AST; 2004. 602 p. (in Russ.). ISBN 5-17-024777-X
[Galbraith J.K. *The New Industrial State*. Princeton University Press; 1985. 520 p.]

20. Engel's F. Dialektika prirody. In: Marks K., Engel's F. *Polnoe sobranie sochinenii*. (Engels F. Dialectics of nature. In: Marx K., Engels F. *Full composition of writings*). Moscow: Gospolitizdat; 1961. V. 20. P. 495–499. (in Russ.).
21. Penzin A., Podoroga V., Chukhrov K. Marx against Marxism, Marxism against Marx. *Stasis*. 2017;5(2):530–552 (in Russ.). <https://doi.org/10.33280/2310-3817-2017-5-2-266-288>
22. Budanov V.G., Arshinov V.I., Filatova O.E., Popov Yu.M. Third paradigm and laws of development of societies. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika = Complexity. Mind. Postnonclassic*. 2020;1:38–45 (in Russ.). <https://doi.org/10.12737/2306-174X-2020-37-44>

Об авторах

Горнев Евгений Сергеевич, д.т.н., профессор, член-корр. РАН, заместитель руководителя приоритетного технологического направления по электронным технологиям АО «НИИ молекулярной электроники» (124460, Россия, Москва, Зеленоград, ул. Академика Валиева, д. 6/1). E-mail: egornev@niime.ru.

Матюшкин Игорь Валерьевич, к.ф.-м.н., доцент, с.н.с., лаборатория нейроморфных систем АО «НИИ молекулярной электроники» (124460, Россия, Москва, Зеленоград, ул. Академика Валиева, д. 6/1); доцент, кафедра проектирования и конструирования интегральных схем НИУ «Московский институт электронной техники» (124498, Россия, Москва, Зеленоград, пл. Шокина, д. 1). E-mail: imatyushkin@niime.ru. <https://orcid.org/0000-0002-2988-8803>

About the authors

Evgeny S. Gornev, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Corresponding Member of the RAS, Deputy Head of the Priority Technological Direction for Electronic Technologies, JSC Molecular Electronics Research Institute (6/1, ul. Akademika Valieva, Zelenograd, Moscow, 124460 Russia). E-mail: egornev@niime.ru.

Igor V. Matyushkin, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor, Senior Researcher, Laboratory of Neuromorphic Systems, JSC Molecular Electronics Research Institute (6/1, ul. Akademika Valieva, Zelenograd, Moscow, 124460 Russia); Associate Professor, Department of Design and Development of Integrated Circuits, National Research University of Electronic Technology (1, pl. Shokina, Zelenograd, Moscow, 124498 Russia). E-mail: imatyushkin@niime.ru. <https://orcid.org/0000-0002-2988-8803>