

УДК 167.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМИНА КОМПЬЮТЕРНЫХ СИМУЛЯЦИЙ НАУЧНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ЧЕРЕЗ АНАЛИЗ ПРИРОДЫ ФЕНОМЕНА

Хамдамов Тимур Владимирович

Национальный Исследовательский Университет Высшей Школы Экономики

Аспирант первого года обучения

tkhamdamov@hse.ru

+7 (999) 881-58-97

Аннотация

В статье исследуется проблематика определения термина компьютерных симуляций научных экспериментов. В первой части анализируется оригинальный метод классификации вариаций терминов, предложенный Дюраном, как наиболее удачный для демонстрации значимых существующих противоречий в среде философов по вопросу места и роли компьютерных симуляций в философии науки. Во второй части работы сам термин формулируется автором через выявление главных особенностей компьютерных симуляций в результате изучения природы экспериментальных данных как переноса следов эксперимента из графематического пространства в репрезентативное. Следуя концепции транспозиции, автор выводит релевантный термин из раскрытой им сути компьютерных симуляций, претендующий на новое для философии науки эпистемологическое значение такого рода научных экспериментов.

Ключевые слова: компьютерные симуляции научных экспериментов, философия эксперимента, философия науки, математическое моделирование, репрезентация, транспозиция, computer science.

THE TERM'S DEFINITION OF COMPUTER SIMULATION SCIENTIFIC EXPERIMENTS THROUGH ANALYSIS THE PHENOMENON

Khamdamov Timur

National Research University Higher School of Economics

Graduate student of the first year

tkhamdamov@hse.ru

+7 (999) 881-58-97

Abstract

The article examines the problems of defining the term computer simulations of scientific experiments. The first part analyzes the original method for classifying variations of terms proposed by Duran as the most successful for demonstrating significant existing contradictions among philosophers regarding the place and role of computer simulations in the philosophy of science. In the second part of the article, the term itself is formulated by the author through the identification of the main features of computer simulations as a result of studying the nature of experimental data as transferring traces of an experiment from a graphematical space to a representative one. Following the concept of transposition, the author derives a relevant term from the essence of computer simulations revealed by him, claiming a new epistemological significance for such kind of scientific experiments for the philosophy of science.

Keywords: computer simulations of scientific experiments, philosophy of experiment, philosophy of science, mathematical modeling, representation, transposition, computer science.

Введение

Сегодня компьютерные симуляции используются в многочисленных научно-исследовательских практиках экспериментирования¹, прогнозировании² и построении теорий³. Развитие вычислительных технологий заставляет пересматривать сущностную роль компьютерных симуляций в современной философии науки с позиции одной из форм динамического математического моделирования к новому, не имеющего аналогов, источнику знаний, формируемым способами, недоступных когнитивным возможностям человека в силу природы антропологических ограничений.

За свой короткий исторический период, применение компьютерных симуляций оказало влияние на философию и методологию научного эксперимента, которое, однако только сейчас начинает осознаваться

¹ См., например, статью про применение компьютерных симуляций в исследованиях химического синтеза материалов на уровне наночастиц: Cormack, A. N., et al. "Simulations of Ceria Nanoparticles" *Proceedings: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 471, no. 2182, 2015, pp. 1–11.

² См., например, статью про прогнозирование погоды и метеорологических явлений: Richard Monastersky. "Forecasting into Chaos" *Science News*, vol. 137, no. 18, 1990, pp. 280–282.

³ См., например, статью про компьютерную симуляцию космической истории локального участка Вселенной с охватом расстояния около 10 млрд. световых лет для изучения формирования различных макроструктур в результате действия гравитации, как следствия Большого Взрыва: Glanz, James. "Cosmos in a Computer" *Science*, vol. 280, no. 5369, 1998, pp. 1522–1523.

философами и рассматривается ими как источник или фактор появления новой эпистемологической картины экспериментирования через принятие онтологической самостоятельности компьютерных симуляций. Несмотря на идущие, по мнению автора, трансформации в философии эксперимента, стимулируемые практиками применения компьютерных симуляций, до сих пор не найден консенсус по их базовым характеристикам. Фиксируется отсутствие четких технических границ в понимании и определении компьютерных симуляций научных экспериментов. Не утихают дискуссии по поводу первоочередной эпистемологической значимости одного из четырех видов эксперимента (натурный, лабораторный, компьютерная симуляция, математическое моделирование) по критерию их соотношения с материальным субстратом целевой системы эксперимента (принцип материальности) [1, с. 483-496]. Несмотря на значимый вклад компьютерных симуляций в практику современных научных исследований и экспериментирования, продолжают дискуссии о наличии или отсутствии их философской значимости, в том числе их ценности как источнике новых знаний.

В первой части статьи автор попытался обозначить главные направления в развитии понятия компьютерных симуляций научных экспериментов в целях установления причин современных философских дискуссий и неоднозначного взгляда на проблематику, а также определения степени значимости компьютерных симуляций для философии науки. Для этого автором выбрана оригинальная классификация Дюрана [2] к формулировке исследуемого понятия, представляющая собой дихотомию, сформировавшейся в ходе полемики двух групп философов, идентифицированных так в силу прямо противоположных взглядов на компьютерные симуляции, с точки зрения их ценности для философии.

Во второй части автор формулирует термин компьютерных симуляций научных экспериментов на базе концепции транспозиции через выявление

сущности экспериментальных следов и преобразованных из них данных. Анализ строится на подходе Рейнберга [3, с. 215-224] и концепции графемы Деррида [4].

Часть 1.

1.1. Классификация по Мануэлю Дюрану

Жуан Мануэль Дюран относит первый исторически засвидетельствованный факт использования вычислительной машины в практике научных экспериментов к 1928 г. В этот год английский астроном Лесли Дж. Комри с помощью перфокарт Германа Холлерита рассчитал движение Луны за период 1935-2000 гг. Продолжая исторический обзор, Дюран смещает фокус на Колумбийский Университет (Нью-Йорк), отмечая, что к середине 30-х гг. именно туда, преодолев Атлантический океан, доходит описание результатов работ Дж. Комри и методики проведения научного эксперимента с помощью вычислительной машины. Именно здесь американский астроном Уоллес Экерт основал лабораторию, в которой широко использовались вычислительные машины для проведения астрономических экспериментов. Дюран фиксирует методологическую идентичность проведения расчетов Комри и Экертом на перфокартах с современными компьютерными симуляциями научных экспериментов. А именно, в обоих случаях астрономы составляют специальную вычислительную модель, которая одновременно описывает поведение целевой (исследуемой, англ. target) системы и обладает всеми необходимыми характеристиками для интерпретации и проведения вычислений машиной. Однако, далее Дюран сам признает, что несмотря на формальную схожесть, существуют принципиальные отличия между экспериментами Комри и Экерта с компьютерными симуляциями современных исследовательских научных практик в силу колоссально ускоренного технологического развития вычислительных машин (последующие внедрения микросхем на основе кремниевых соединений, кратные увеличения скорости вычислений,

значительный рост объема памяти, использование многоуровневой семантики языков программирования) с момента их первого использования в 30-х гг. Однако, главной отличительной чертой двух типов (вычисления на перфокартах и современных компьютерах) вычислительного эксперимента стала полная машинная автоматизация вычислительных процессов в ходе проведения компьютерных симуляций, что позволило полностью убрать субъекта эксперимента в виде наблюдателя антропной природы из экспериментального процесса на стадии работы симуляции, что нельзя было представить при организации вычислений с помощью перфокарт.

В силу обозначенных отличий темпорального характера изменений вычислительных технологий, уместным будет постановка вопроса об определении термина компьютерных симуляций, при том условии, что они имеют отличия от математических моделей в чистом виде и дальнейшем проведении расчетов в рамках их алгоритмов с использованием неавтоматизированных средств вычислений, например, с помощью перфокарт. При анализе работ исследователей данной проблематики, можно установить, что попытки дать строгие определения компьютерным симуляциям начинают появляться в философских работах примерно с 2000-х гг. Так, в работе Пола Хамфриса [5] - одного из крупных современных исследователей влияния компьютерных симуляций на философию науки, отмечается, что главной дефиницией компьютерных симуляций является новый инструментальный способ увеличения/усиления части когнитивных качеств человека, отвечающей за способности к вычислениям. Проводя аналогию с инструментами, усиливающими сенсорный аппарат исследователя (микроскоп, телескоп, измерительные приборы типа счётчика Гейгера и т.д.), Хамфрис утверждает, что компьютерные симуляции, как результат деятельности сложного программно-аппаратного комплекса, усиливают вычислительные способности человека, границы которого одновременно могут быть границами познания. Соглашаясь с

этим утверждением, Дюран предлагает сравнить вычислительные способности любого ученого или группы исследователей с одним из высокопроизводительных вычислительных кластеров, например, с машиной Cray XC40 Hazel Hen, установленной в Штутгартском суперкомпьютерном центре, пиковые значения вычислительной производительности которой доходят до 7,42 Петафлопс.

Однако, Дюран указывает на две различные стороны такого расширения границ вычислительных способностей исследователя. С одной стороны, усиление происходит в части как скорости вычисления модели, так и принципиальной ее возможности быть обработанной вычислительными способами, которые не могут быть реализованы аналитическими методами вычислений. И здесь, Дюран видит прямую связь технологического развития компьютерных машин с расширением границ научного и инженерного поля исследовательских работ, которые были недоступны прежде в силу невозможности проводить необходимые вычислительные расчеты посредством доступных аналитических инструментов. Такой взгляд на компьютерные симуляции Дюран называет проблеморешающим (англ. *problem-solving viewpoint*). С другой стороны, акцент делается на способности компьютерной симуляции описывать целевую систему. Дюран считает, что в случае применения компьютерных симуляций используются несколько уровней языков, которые усиливают отдельные теоретические модели и гипотезы о целевой системе. Здесь фиксируется прямая связь технического развития программных языков с расширением границ применимости теорий к описанию целевой системы. Такой взгляд обозначается Дюраном как поведенческий (англ. *behavior viewpoint*).

Очевидно, что выстроенная Дюраном дихотомия в пространстве природы усиления когнитивных способностей исследователей через использование ими компьютерных симуляций представляет собой идеализацию и на самом деле,

наличествует синтез двух этих взглядов, формирующий наиболее релевантное представление о сущности симуляций. Но двух полюсная конструкция удачно соответствует характерной сути современного дискурса в философии науки о месте в ней компьютерных симуляций. Так, с точки зрения, проблеморешающего взгляда, компьютерные симуляции не имеют прямого отношения к экспериментированию и предназначаются для манипуляций с математическими моделями. Группа философов поддерживающих эту точку зрения относят компьютерные симуляции ближе к математике и логике, считая, что лабораторный эксперимент обладает преимуществом в силу принципа материальности. Наиболее ярким представлением такого взгляда стала классическая работа Романа Фригга и Джулиан Рейс [6, с. 593–613]. В ней авторы пытаются отстаивать позицию, что компьютерные симуляции не имеют новизны для философии науки ни на одном из уровней философского исследования (онтология, эпистемология, семантика, методология).

Противоположный проблеморешающему - поведенческий взгляд объединяет группу философов, помещающих утверждение о том, что компьютерные симуляции являются в прямом смысле экспериментами, в центр исследования проблематики роли, места и соотношения с лабораторными экспериментами компьютерных симуляций в философии науки [2], [7], [8, с. 33-57], [9, с. 483-496].

Дюран отмечает, что дихотомия характеризует также и противоположные взгляды на условия необходимости применения компьютерных симуляций. При проблеморешающем взгляде уместность использования симуляций обусловлена исключительно невозможностью применить математическую модель в рамках доступных инструментов аналитики. Поведенческий взгляд, признавая сложность вычислений математических моделей, описывающих целевую систему, в своем базисе опирается на установку генерирования компьютерной

симуляцией ценной информации, трансформируемой в новые знания о целевой системе.

Дихотомия также передает суть противоположных методологических установок на технические улучшения в применении компьютерных симуляций. Проблеморешающий взгляд упирается в совершенствование использования симуляций через количественное повышение технических характеристик вычислительной машины (изменение архитектуры, увеличение памяти и т.д.). Поведенческий взгляд при изучении совершенствования симуляций проводит пограничную черту между количественными показателями программно-аппаратного комплекса и сущностным уровнем соотношения симуляции к целевой системе (изменение алгоритмов программного обеспечения, смена вычислительных алгоритмов модели, учет поправок и т.д.).

1.2. Проблеморешающий взгляд

Дюран выделяет три главных функций проблеморешающего взгляда на компьютерные симуляции:

- 1) функция сложности – симуляции применяются, когда целевая система крайне сложна для анализа обычными методами вычислений;
- 2) функция неаналитичности – симуляции оказываются незаменимы, когда используемая математическая модель, описывающая целевую систему, принципиально не может быть решена аналитически;
- 3) особенность прямой реализации математической модели на вычислительной машине (здесь Дюран имеет ввиду использование симуляции в качестве счетной машины, полностью подчиняющейся заложенной в ней базовой математической модели и ограничениями технологических характеристик самой машины).

Все три функции направлены на увеличение эпистемологических способностей исследователей через расширение антропных когнитивных

границ, но одновременно не допускается онтологическая самостоятельность симуляций через доминирование предположения об их абсолютной зависимости от математических моделей, которые могли бы быть вычислены исключительно с помощью «ручки и листка бумаги», если бы человеческая природа не была ограничена способностями к сложным вычислениям.

Дюран обосновывает наличие приведенных трех функций проблеморешающего взгляда на симуляции историческим обзором, начиная от одних из самых первых упоминаний определения компьютерных симуляций в работе Клода МакМиллана и Ричарда Гонсалеса от 1965 г. [10], статье Даниэла Тейхроу и Джона Фрэнсиса Любина [11, с. 723-741] и в итоге ссылаясь на статью Пола Хамфриса [12, с. 497-506], как наиболее яркую среди всех - в ней впервые закрепляется рабочее определение компьютерных симуляций, на которое наиболее часто ссылаются, если занимают проблеморешающий взгляд: «компьютерные симуляции – это любой способ решения математических моделей с помощью применения вычислительных машин, решить которые аналитическими способами невозможно» [12, с. 501].

Стефан Хартман в своей статье [13] вступает в полемику с Хамфрисом и формулирует такое описание компьютерных симуляций, которое заставит Хамфриса пересмотреть данное им раннее определение, в результате чего будет оказано определенное давление, которое впоследствии укрепит позицию поведенческого взгляда на термин компьютерных симуляций: «Симуляция тесно связана с динамическими моделями. Конкретнее, мы получаем результаты симуляции, когда решаются уравнения базовой динамической модели. Эта модель предназначена для имитации временной эволюции реальной системы. Другими словами, *симуляция имитирует один процесс другим процессом*. В этом определении термин «процесс» относится исключительно к некоторому объекту или системе, состояние которых изменяется во времени. Если моделирование выполняется на компьютере, оно называется *компьютерной симуляцией*»

(Hartmann 1996, 83 – курсив соответствует выделенным частям в оригинале). Все современные определения компьютерных симуляций, соответствующие проблеморешающему взгляду по мнению Дюрана имеют общий корень термина, сформулированного Хартманом и в своей основе, опираются на представление компьютерных симуляций как динамических моделей, меняющих свои статические состояния во времени по мере ее вычисления на компьютере.

1.3. Поведенческий взгляд

К группе поведенческого взгляда на термин компьютерных симуляций относятся философы, исследующие этот феномен прежде всего, как новый способ работы с описанием целевой системы, вся направленность которого детерминирована стремлением максимально точно воспроизвести ее функционирование для повышения качества достоверности эксперимента. То есть, главное гносеологическое отличие термина поведенческого взгляда от проблеморешающего заключено не в ценности оптимальных вычислительных решений математических моделей, а непосредственно в детализированной описательной работе над воспроизведением целевой системы.

Дюран при рассмотрении поведенческого взгляда проводит исторический экскурс на его развитие, зарождение которого фиксируется им в 1960 г. в статье Мартина Шубика: «Симуляция системы или организма - это операция модели или симулятора, которая представляет систему или организм. (...) Работа модели может быть изучена, и, исходя из этого, могут быть выведены свойства, относящиеся к поведению реальной системы или ее подсистемы» [14, с. 909]. Иначе говоря, по мнению Дюрана, Шубик впервые фиксирует за компьютерными симуляциями свойство репрезентативности, которое являет собой качественное отличие от обычного вычисления математической модели, одновременно со свойством симуляции генерировать новую информацию о целевой системе. Дюран отмечает, что ни одно из этих свойств не фигурирует в

проблеморешающем взгляде, но в противовес полюс поведенческого взгляда учитывает функции противоположного полюса и включает их в собственное видение термина симуляций. В 1979 г. Дж. Биртвистл в своей книге так формулирует термин: «Симуляция - это метод представления динамической системы моделью для получения информации о базовой системе. Если поведение модели правильно совпадает с соответствующими характеристиками поведения базовой системы, мы можем сделать выводы о системе из экспериментов с моделью и таким образом избавить себя от любых бедствий» [15, с. 1]. Дюран особенно заостряет внимание на определении Дж. Биртвистла как крайне противоположное понятию проблеморешающего взгляда Гейхроу и Любина, которые апеллируют к симуляциям как крайнему варианту их применения, в случае если решение математической модели невозможно другими способами.

Промышленный инженер Роберт Шеннон усиливает поведенческий взгляд, уделяя особое внимание к способу моделирования целевой системы в ходе которого исследователи познают ее совершенно новым образом [16]. Дюран считает определение Шеннона одним из поворотных к вычислительным шаблонам Хамфриса, который формулирует после критики Хартмана новое определение компьютерных симуляций, где вычислительная модель, которая симулирует целевую систему представляет собой последовательность «вычислительных шаблонов, допущений построения, наборов поправок, интерпретаций, начальных обоснований, выходных представлений» [17]. Дюран в этой последовательности выделяет вычислительные шаблоны, которые включают в себя набор математических моделей, выражающих описательные теории и гипотезы целевой системы. Но эти шаблоны не просто описывают теоретические построения, а постоянно сопоставляются с фактическими измерениями как эмпирического характера, так и с гипотезами соответствия целевой системы с вычислительными процессами, сопровождающих

выполнение общей симуляции. По мнению Дюрана, такие вычислительные шаблоны – это адаптированные под конкретную целевую систему теоретические шаблоны, которые находятся на следующем уровне абстракции. В качестве примера Дюран удачно приводит второй закон Ньютона, силовая функция в котором может быть гравитационной, электростатической, магнитной или любым другим видом силы.

Часть 2.

2.1. К определению термина компьютерных симуляций

Разграничив два основных взгляда на природу компьютерных симуляций, попытаемся сформулировать сам термин, который в наиболее релевантной степени сможет вместить сущностное описание значения исследуемого понятия.

Дюран подчеркивает, что вычислительная модель не может быть полностью заимствована из теоретической. Ссылаясь на книгу Эрика Винсберга [18], он повторяет, его утверждение о том, что при создании вычислительной модели руководствуются теоретической моделью, но сама теория не детерминирует итоговую вычислительную модель, которая в своем рабочем виде может отличаться от исходной теории. Дюран вспоминает применяемый Винсбергом термин фикционализация (англ. fictionalization) по отношению к специальным методикам и техническим настройкам работы компьютерной симуляции, которые не соотносятся с теоретическими моделями, а служат для максимально достоверной корреляции с различными измерениями, экспериментальными данными и прочими параметрами, которые могут противоречить теоретическим принципам, но введение которых в симуляционную модель важно, с точки зрения получения надежных экспериментальных данных. В качестве двух ярких примеров фикционализаций Дюран приводит из работы Винсберга «искусственную вязкость» и «ограничение завихренности», которые используются при моделировании

гидродинамики сплошных сред. Парадокс в том, что несмотря на успешность применения рассматриваемых фикционализаций и точность результатов компьютерных симуляций, они не дают реалистичного представления о природе жидкостей. Дюран задается вопросом почему же они тогда применяются? Формулируя ответ, Дюран, не подозревая того сам, раскрывает одну из главных характеристик компьютерных симуляций. Он выделяет две группы причин применения фикционализаций: 1) часто в значительной степени подобные инструменты являются частью практики построения моделей вычислительной гидродинамики; 2) и они облегчают расчет критических эффектов, которые в противном случае были бы потеряны, и что без них результаты моделирования гидродинамики не могли бы быть ни точными, ни обоснованными.

Из выделенных Дюраном групп причин широкого применения фикционализаций, можно утверждать, что компьютерные симуляции: 1) не являются исключительно описательным механизмом существующих теорий; 2) не являются только вычислением набора математических моделей, которые в чистом виде могли бы быть отнесены к эксперименту на основе математического моделирования; 3) не преследуют исключительные цели описания конкретных явлений; 4) не должны оцениваться только по их способности прогнозировать, воспроизводить или объяснять эмпирические наблюдения.

Являются ли в таком случае компьютерные симуляции онтологически самостоятельными сущностями, которые, в первую очередь, представляют интерес для исследователя как источник новых знаний, получить которые классическими методами из теории, математической модели или лабораторного эксперимента не представляется возможным? Ответ на этот вопрос будет крайне важен, так как будет определять сам термин компьютерных симуляций научных экспериментов. Чтобы попытаться ответить на него обратимся к интересному анализу феномена данных, научных моделей и собственно компьютерных симуляций.

Для анализа разобьем поставленный вопрос на две составные части:

1) способны ли компьютерные симуляции генерировать новые эмпирические данные?

2) могут ли компьютерные симуляции быть источником новых гипотез и теоретических систем?

Ответ на первый вопрос представляет собой прикладной характер применения компьютерных симуляций как научных экспериментов. Второй же вопрос претендует на поиск ответов, которые могут оказать влияние на сущностный сдвиг эпистемологической картины научно-исследовательской деятельности.

2.2. Определение термина через концепцию транспозиции

Чтобы разобраться с поставленными вопросами, нам нужно определиться с понятием экспериментальных данных. По мнению автора, наиболее успешно в современной философии науки понятие данных определяется через транспозицию, а именно в случае эксперимента: «создание экспериментального контекста, в котором эпистемологические сущности можно исследовать ради получения знаний о них» [3, с. 215]. Рейнбергер полагает, что созданные в результате первой транспозиции эпистемологические объекты могут быть перенесены далее и такой процесс, когда такие сущности приобретают самостоятельную динамику, ведет к возникновению пространства, которое состоит из данных. Рейнбергер уверен, что такое транспонирование предполагает межсредовой переход из одного пространства в другое, когда из среды экспериментальных следов (англ. traces), принадлежащих пространству графематической природы, осуществляется движение к среде более твердой (долговременной), относящейся уже к пространству репрезентации. Рейнбергер делает вывод, что такая процедура позволяет перемещаться по данным и уплотнять их в определенные конфигурационные структуры, в частности,

классическим научным способом моделирования. И эти два вида транспозиции (одна подвижная, вторая жесткая), как считает Рейнбергер, выстраивают игру, в которую вовлечены ученые для ведения научных практик экспериментирования, эпистемологических процессов исследований и открытий.

Вникая в природу следа, Рейнбергер берет за основу, как более глубокий источник обоснования, концепцию графемы Жака Деррида, а именно, рассматривает след как слой под традиционными метафорами изображения и письма, доминирующих, в свою очередь, в пространстве репрезентации. След, в этом случае, оказывается формой материального проявления - вещью, сделанной по Рейнбергеру *handgreiflich* (нем.). Рейнбергер, продолжая развивать мысль, приходит к тезису, что след предшествует как письму, так и изображению, поскольку он все еще демонстрирует «асемическое ядро» обоих из них: «это след чего-то, но это всегда что-то только замещенное или дополненное» [3, с. 216]. Ссылаясь на Деррида, Рейнбергер подчеркивает, что в случае научных исследований мы не только не можем ставить вопросов о происхождении следов (иначе, по Деррида, мы вынуждены вернуться к метафизике присутствия), а должны принять отсутствие какого-либо смысла. Отсюда, Рейнбергер предполагает, что рекурсивный ход встроен в саму временную структуру систем эмпирического исследования, а вместе с этим и во временную структуру производства феноменотехнических следов. Таким образом, след Рейнбергером трактуется целиком и полностью цитатой из Деррида: след – это «не только исчезновение происхождения - в дискурсе, который мы поддерживаем, и в соответствии с путем, которым мы следуем, это означает, что источник даже не исчез, что он был никогда не составленный, кроме как взаимно, неоригинальным следом, который, таким образом, становится источником происхождения» [4, с. 74]. То есть, ощущение происхождения возникают только при отслеживании.

Рейнбергер оценивает такой подход как мало эффективный для понимания природы данных, поэтому предлагает посмотреть не на вещи, а на людей,

вовлеченных в процесс. В случае эксперимента, с точки зрения исследователя, мы имеем дело с актом делегирования. В эксперименте акт наблюдения делегируется техническому устройству соответствующего вида, которое вводится во взаимодействие с эпистемическим объектом. Тогда, как считает Рейнбергер, создание экспериментальной системы, вращающейся вокруг эпистемического объекта и исследование некоторых неисчерпаемых аспектов его сущности, определенно подрывает традиционное отношение субъекта и объекта в смысле прямого лицом к лицу взаимодействия наблюдателя и наблюдаемым. Причем, экспериментальное взаимодействие должно быть разработано таким образом, чтобы результаты (следы), которые оставляет взаимодействие, не были бы полностью определены заранее. Получается, что научный эксперимент – это особый вид концептуализации, рамки которой задаются вначале, но результаты не могут быть включены в концепцию изначально.

Рейнбергер, полагая, что если принять за основу такой взгляд на научные эксперименты, то размышление о феноменотехническом строении таких генерирующих следы экспериментальных установок, которые сами встраиваются в культуру экспериментов, становится центральной задачей. Рейнбергер с этого места остро чувствует возникающий полемический дискурс с традиционной философией науки: «но именно такое размышление об экспериментальном посредничестве, то есть об устройстве во всей его сложности и запутанности, которое встает между знающими субъектами и объектами знания в виде нового мира следов, который он создает на интерфейсах между объектом и инструментом ... - это то, что раньше не имело места в перспективе традиционной эпистемологии или теории познания» [3, с. 217-218].

Принимая эту позицию, Рейнбергер через пример геля последовательности в эксперименте Фредерика Сэнгера, который описывает новый экспериментальный метод секвенирования ДНК на объекте - бактериальном

вирусе PhiX174 [19, с. 5465], показывает переход от следов к данным, в ходе которого происходит полное абстрагирование не только от вируса, из которого была извлечена нуклеиновая кислота, но также от реакции в пробирке, в которой она была секвенирована, и, более того, от геля и его материала.

Главными целями перехода следов в данные – это свойства данных быть сколь угодно долго хранимыми, в отличие от следов, и обладать способностями к извлечению, воспроизводству и передаче на любые обозримые расстояния с высокой скоростью. Это означает, что главными характеристиками данных становится их относительная неизменяемость и переход в специальную среду, потому что только в этом случае могут быть достижимы выше перечисленные цели. Опираясь на эти принципы, Рейнбергер сосредотачивается на природе моделей как специально сконфигурированной конструкции в пространстве данных.

Из этого анализа работы Рейнбергера нам интересно остановиться на модели как наборе связей и отношений между данными в пространстве репрезентации. Отсюда, мы можем выстроить определение следующего вида:

компьютерные симуляции научных экспериментов – это сложная форма взаимодействия разных теоретических, математических и прикладных вычислительных моделей с многоуровневыми связями и отношениями данных в пространстве репрезентации с высокой скоростью обмена, передачи и изменения информации между данными, ведущими к образованию новых экспериментальных данных.

Из этого определения следует, что природу компьютерных симуляций по сути можно охарактеризовать как способность к генерированию новых данных, которые могут повлиять на пересмотр существующих гипотез и теорий, с точки зрения их более эффективного использования для описания целевой системы. Это утверждение базируется на том, что в обычных классических натуральных, лабораторных и математических экспериментах существуют ограничения на

количество используемых теоретических моделей и их конкретной дисциплинарной или предметной направленности. Компьютерные симуляции могут быть построены на базе большого числа моделей, а значит количество выстроенных связей и отношений между данными будут представлены в более разнообразном срезе, в отличие от классических способов экспериментирования.

По мнению автора, сформулированное определение компьютерных симуляций представляет собой наиболее точное и емкое описание исследуемого феномена.

Заключение

Для демонстрации дискурса по вопросу определения термина компьютерных симуляций научных экспериментов, автором была выбрана дихотомическая модель Дюрана, которая в наиболее наглядном виде демонстрирует два основных взгляда на природу феномена. С одной стороны, подход группы философов к компьютерным симуляциям как к методу вычисления математических моделей, описывающих целевую систему. Такой подход подразумевает исключительно производную роль симуляций к построенным математическим моделям. С другой стороны, исследователи, которые убедительно показывают онтологическую самостоятельность компьютерных симуляций, тем самым смещая их эпистемологическую ценность в сторону формирования новых знаний о целевой системе. Оба полюса были сформированы в одно и то же время, примерно в 60-х гг. прошлого века и продолжают сохранять устойчивость, питая друг друга в дискуссиях философских групп, отстаивающих свои взгляды на роль и место симуляций в философии эксперимента и шире в философии науки.

Особый интерес к влиянию компьютерных симуляций на философию науки представляет предложенный в ходе анализа поиск главных характеристик феномена для формулировки термина компьютерных симуляций научных экспериментов, который автором была осуществлен через выявление природы

данных посредством концепции транспозиции следов эксперимента из пространства графематической в пространство репрезентативной природы. В результате, автором сформулировано оригинальное определение исследуемого феномена, главной чертой которого становится способность к генерированию новых экспериментальных данных.

Библиографический список

1. Parker, Wendy S. “Does Matter Really Matter? Computer Simulations, Experiments, and Materiality” *Synthese*, vol. 169, no. 3, 2009, pp. 483–496.
2. Duran, Juan M. “Explaining Simulated Phenomena: A Defense of the Epistemic Power of Computer Simulations”, 2014, PhD diss., Universität Stuttgart.
3. Hans-Jörg Rheinberger. “Transpositions: From Traces through Data to Models and Simulations”, *Transpositions. Aesthetico-Epistemic Operators in Artistic Research*. Leuven University Press, 2018. pp. 215-224.
4. Derrida, Jacques. 1997. *Of Grammatology*. Translated by Gayatri Chakravorty Spivak. Corrected ed. Baltimore: Johns Hopkins University Press. First published 1967 as *De la grammatologie* (Paris: Minuit).
5. Humphreys, Paul W. “Extending Ourselves: Computational Science, Empiricism, and Scientific Method”. Oxford University Press. 2004.
6. Frigg, Roman, and Julian Reiss. “The Philosophy of Simulation: Hot New Issues or Same Old Stew?” *Synthese*, vol. 169, no. 3, 2009, pp. 593–613.
7. Humphreys Paul, and Cyrille Imbert, eds. 2012. “Models, Simulations, and Representations”. *Routledge Studies in the Philosophy of Science*. Routledge.
8. Morrison, Margaret. 2009. “Models, Measurement and Computer Simulation: The Changing Face of Experimentation” *Philosophical Studies* 143 (1): pp. 33–57.
9. Parker, Wendy S. 2009. “Does Matter Really Matters? Computer Simulations, Experiments, and Materiality” *Synthese* 169 (3): pp. 483–496.

10. McMillan, Claude, and Richard F. Gonzalez. 1965. "Systems Analysis: A Computer Approach to Decision Models". Homewood/Ill: Irwin.
11. Teichrow, Daniel, and John Francis Lubin. 1966. "Computer Simulation – Discussion of the Technique and Comparison of Languages" *Communications of the ACM* 9, no. 10 (October): pp. 723–741.
12. Humphreys, Paul W. 1990. "Computer Simulations" *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association* 2: pp. 497–506.
13. Hartmann, Stephan. 1996. "The World as a Process: Simulations in the Natural and Social Sciences" In *Modelling and Simulation in the Social Sciences from the Philosophy of Science Point of View*, edited by R. Hegselmann, Ulrich Mueller, and Klaus G. Troitzsch, pp. 77–100. Springer.
14. Shubik, Martin. 1960. "Simulation of the Industry and The Firm" *The American Economic Review* 50 (5): p. 909
15. Birtwistle, G. M. 1979. "DEMOS A System for Discrete Event Modelling on Simula". (Reprint 2003). The MacMillan Press. p. 1
16. Shannon, Robert E. 1975. "Systems Simulation: The Art and Science". Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall.
17. Humphreys, Paul W. 2004. "Extending Ourselves: Computational Science, Empiricism, and Scientific Method". Oxford University Press.
18. Winsberg, Eric. 2010. *Science in the Age of Computer Simulation*. Chicago and London: The University of Chicago Press.
19. Sanger, Frederick, Steve Nicklen, and Alan R. Coulson. 1977. "DNA Sequencing with Chain-Terminating Inhibitors". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 74: pp. 5463–67