



Эпистемо-онтологические основания и семантические пределы компьютерных симуляций в философии эксперимента

Хамдамов Тимур Владимирович

Аспирант, Национальный Исследовательский Университет Высшей Школы Экономики

tkhamdamov@hse.ru

Аннотация.

Широко применяемые в практике научных исследований компьютерные симуляции целевой системы (англ. target system) эксперимента и фиксируемые в ходе экспериментальных работ ее динамические изменения ставят перед современной философией эксперимента, а шире и философией науки серию методологических, эпистемологических, семантико-синтаксических и онтологических вопросов о статусе компьютерных симуляций как феномена, обладающим фундаментальной значимостью, как для прикладных наук, так и глубинных философских представлений о человеке, мышлении и познании мира. Являются ли компьютерные симуляции экспериментом или это всего лишь один из множества способов технической реализации математического моделирования или мысленного эксперимента? Создают ли компьютерные симуляции условия для генерирования новых знаний, которые невозможно получить с помощью других видов экспериментов? Можно ли рассматривать сегодня компьютерные симуляции в качестве наиболее доступного инструмента в деле преодоления антропных барьеров познания мира? Чтобы ответить на эти вопросы автор статьи устанавливает семантические пределы феномена компьютерных симуляций через их соотношение с другими видами экспериментов, определение критериев эпистемологического преимущества симуляций и очерчивание границ их применимости в экспериментальной практике.

Ключевые слова: компьютерные симуляции, философия науки, семантика, философия эксперимента

Введение

Интересующие исследователей современной философии науки фундаментальные онтологические, эпистемологические и семантические

вопросы о новых направлениях научного экспериментирования, технологическая основа которых представлена сложными высокопроизводительными программно-аппаратными вычислительными комплексами, создающих детализированные компьютерные симуляции целевых систем экспериментов, требуют поиска онтологических критериев, эпистемологических новшеств и семантических пределов феномена компьютерных симуляций научных экспериментов. Структура статьи сформирована в соответствии с обозначенным поисковым запросом. В первой части обозначаются онтологические критерии через компаративистский анализ компьютерных симуляций с традиционными видами эксперимента (натурный, лабораторный и мысленный, включая математическое моделирование), во второй части обозначаются те эпистемологические новшества, которые могут быть получены только при проведении эксперимента с помощью компьютерных симуляций, в третьей части очерчиваются пределы применимости симуляций с точки зрения семантических пределов.

1. Онтология

Критерий материальности - самый распространенный в дискуссионной среде современных исследователей, изучающих онтологическую проблематику компьютерных симуляций. По этому критерию отчетливо выстраивается таксономия экспериментов.

Таблица 1

Таксономия экспериментов

Эксперименты	Материальный	Натурный	In vivo
		Лабораторный	In vitro
	Нематериальный	Компьютерный	In silico
			In virtuo
		Мысленный	In mente
	Гибридный	Гибридный компьютерный	In mixtura

Из Таблицы 1 [Vallverdú1, 2014: 7] видно, что компьютерные симуляции отнесены по критерию материальности к нематериальным, однако они отделены от мысленных экспериментов, включающие в себя математическое моделирование. Несмотря на до сих пор идущие дискуссии о соотношении симуляций и математических моделей, можно утверждать, что симуляции представляют собой отдельный вид эксперимента [Simpson, 2006], имеющий собственные онтологические пределы. Я не буду подробно разбирать корректность критерия материальности, который в свое время стал главным основанием [Morgan, 2003, 2005] для отделения симуляций от, так называемых, материальных экспериментов (натурных и лабораторных). Стоит отметить лишь крайний позитивизм данного критерия и характер его острой противоречивости с трансцендентальной логикой, согласно которой целевая система в силу ограничений антропной природы (эпистемическая непрозрачность и антропоцентрическое затруднение) не может быть познана как «вещь-в-себе», что означает исследование целевой системы как «вещи-для-нас» не связано

с каким то специфическим материальным субстратом из которого, как может показаться на первый взгляд, успешно прокладывается связующий мост от целевой системы к объекту лабораторного или натурального эксперимента.

Рассуждения о компьютерных симуляциях в рамках трансцендентальной логики ставит важный для философии науки вопрос о концепции реальности [Vallverdú1, 2014: 11–13]. Что есть реальность? Уместно ли считать, что симуляции — это лишь репрезентации реальности, когда сама реальность — это набор данных, связанных между собой в рамках определенных моделей, включенных в гипотезы и научные теории? Корректно ли традиционное утверждение о более реалистичном характере лабораторных экспериментов, в которых объектом эксперимента является упрощенная модель целевой системы, которая в свою очередь представляет собой набор связанных данных посредством моделей, созданных в рамках эпистемы антропной природы познания?

2. Эпистемология

Если обратиться к принципу новизны [Barberousse, 2013], то становится возможным провести демаркационную линию между симуляциями и экспериментами, использующих в качестве объекта модель на базе материального субстрата. Эта линия призвана выявить эпистемологическую значимость и ценность для философии наук каждого вида эксперимента. Согласно принципу, можно вывести эпистемологическую классификацию, разделив эксперименты по контексту “Terra incognita” [Ibid: 40] и по контексту наличествующих применимых теоретических концепций при проектировании и проведении эксперимента. Далее отличия маркируются двумя параметрами субъекта эксперимента (лаборанта, научного сотрудника, пользователя компьютерной симуляцией): удивление и неудивление от возникающих в ходе эксперимента данных, которые противоречат принятым описательным теориям и гипотезам или полностью соответствуют изначальным прогнозным модельным оценкам результатов эксперимента соответственно.

Таблица 2

Классификация экспериментов по принципу новизны

	Применимые теоретические концепции					
	Terra incognita		Подход невыводимости		Критерий “первого раза”	Критерий репрезентативности
	Неудивление	Удивление	Неудивление	Удивление	Удивление	Удивление
Эксперименты	∅	✓	∅ (a)	✓ (б)	✓	∅
Компьютерные симуляции	∅	∅	∅	∅ (в)	✓	✓

Примечание: (а) согласие с теорией; (б) (редкие) противоречия с теорией, создающие «путаницу»; (в) исключение: детерминированный хаос.

В Таблице 2 представлена подобная классификация, ранее опубликованной в работе Джули Джебейл [Jebeile, 2017: 390], которая использует два вышеупомянутых контекста:

1. Terra incognita – условия, когда еще отсутствуют значимые теоретические концепции для описания исследуемых явлений и единственный способ их изучения – это систематическое наблюдение и сбор статистики (в этом случае, применение компьютерных симуляций представляется маловероятным и все новые знания могут быть получены только при проведении натуральных или лабораторных экспериментов-наблюдений);
2. Применимые теоретические концепции — условия, при которых сформированы и многократно подтверждены теоретические основания исследуемых явлений.

Джебейл заостряет внимание именно на втором контексте, так как он соответствует использованию компьютерных симуляций в экспериментальной практике. Она подчеркивает, что придерживается той точки зрения, что в этом случае компьютерные симуляции могут генерировать новые знания. Противоположной точки зрения придерживается Барберусс и Вормс [Barberousse, 2013], считающие, что компьютерные симуляции не могут удивить субъектов эксперимента (при этом они подчеркивают исключение для применения симуляций при изучении детерминированного хаоса). Джебейл вводит новое определение критерия новизны, который противопоставляется традиционному подходу невыводимости (англ. non-entailment view [Lusk, 2016: 151]), не учитывающий фактической экспериментальной новизны в реальных исследовательских практиках. Если вкратце, то согласно подходу невыводимости новым знанием считается такое, которое не отображается в существующей описательной теории в проводимом эксперименте, а это означает, что только материальные эксперименты могут быть источником удивления для экспериментаторов, тогда как в компьютерных симуляциях субъектов эксперимента не может удивить ничего, так как симуляции полностью созданы на базе существующих теоретических моделях и предпосылках. Однако, Джебейл справедливо отмечает, что такого рода удивления происходят очень редко, приводя обычно к смене парадигмы по Куну, а подавляющее большинство экспериментов согласно этому принципу новизны подтверждают существующие теоретические концепции и тем самым укрепляют развитие теорий, но не вызывают удивления у исследователей. Джебейл, не соглашаясь с этим подходом, предлагает обновленный критерий принципа новизны, который обозначает как критерий “первого раза”: «...симуляция или эксперимент дают новые знания, когда эти знания получены впервые и соответствующим образом добавлены к существующим знаниям» [Jebeile, 2017: 391]. Джебейл ярко демонстрирует, что в случае применения этого критерия симуляции, как и эксперименты, способны генерировать новые знания, причем такие, какие невозможно получить через натурные или лабораторные эксперименты. В качестве примера приводятся открытия материалов тверже алмаза, которые были полностью осуществлены с помощью компьютерных симуляций [Liu, 1986] и подтверждены позже эмпирическим путем открытием двух материалов тверже алмаза: нитрида бора и лонсдейлита [Pan, 2009].

Можно усилить позицию симуляций через введение критерия репрезентативности, где симуляции определены с точки зрения переноса следов эксперимента из графематического пространства в репрезентативное [Хамдамов, 2019: 180]. Согласно этому авторскому критерию, новизна эксперимента определяется выстраиванием новых синтаксических связей между различными экспериментальными данными для расширения существующей семантики теоретических концепций и моделей применительно к изучению явлений, подвергаемых экспериментальным исследованиям. При таком подходе, по мнению автора, новизна возможна лишь в случае компьютерных симуляций, в которых может быть реализовано построение многоуровневых симуляторов на основе различных семантик (например, в таких крупных проектах как Human Brain Project – изучение мозга человека через компьютерный симулятор пяти взаимосвязанных уровней изначально созданных на основе разных теоретических концептуальных семантик: 1) физико-химический уровень нейронных клеток; 2) уровень отдельных нейронов; 3) уровень сетей нейронов; 4) уровень функциональных зон коры головного мозга; 5) уровень мозга как цельного органа и всей нервной системы) [Markram, 2012: 54].

3. Семантика

Интуитивно принято считать, что научные модели, включая симуляции как один из их динамических видов, представляют собой репрезентативную форму части реального мира. Литературы по теме исследований природы моделей достаточно много: от начала серьезных обсуждений, начатых в 60-х гг. прошлого века [Suppes, 1959, 1962], [Apostel, 1961], [Hesse, 1963], [McMullin, 1968], на новом витке продолженных в 80-х гг. [Leplin, 1980], [Cartwright, 1983], [Redhead, 1980] и до вновь актуализированных вопросов, поставленных в начале текущего столетия [Teller, 2001], [Da Costa, 2003], [Giere, 2004], [Frigg, 2006].

Семантический подход к симуляциям позволяет подвергнуть анализу классическую дилемму. Если принять за истину предположение о том, что симуляция – это вид динамической модели, то соблазнительным для вывода напрашивается ход мыслей, помещенных в рамки редукционистского подхода:

«...симуляции по своей сути (частично) ложные характеристики мира (они в лучшем случае похожи только на реальные процессы и никогда не идентичны им) ...» [Simpson, 2006]

Такой взгляд на реальность можно назвать классическим. Его основная характеристика заключается в том, что за истину принимается суждение о том, что существует некая «шкала совершенства» максимальное значение которой соответствует самой реальности, а модели и симуляции располагаются ближе или дальше к этому значению, но априори не имеют возможности приблизиться к «значению реальности».

Однако, если проводить семантический анализ по этой проблематике, становится очевидным, что подобный поверхностный взгляд излишне упрощен и не учитывает многих факторов. Все наши подходы к реальности в большей или меньшей степени основаны на построении смысла с помощью инструментов имитации, таких как язык, числа или изображения:

«любая абстракция, словесная или математическая, которая пытается описывать мир или какую-то его часть, является моделью» [Vámos, 1991: 17]

Получается, что уместно говорить о точности подобия, но не об онтологическом превосходстве какой-либо из этих форм в ее подходе к реальности. Симуляция — это одновременно синтаксическая и семантическая структура знания. Модели могут быть абстрактными объектами, физическими инструментами, виртуальными инструментами, посредниками или брать на себя любую роль, которую мы хотим им приписать (например, динамизм). Как и все фундаментальные концепции на философской арене, «модель» — это многозначное слово с самыми разными интерпретациями: примеры включают в себя ментальные представления, словесные описания или логико-математические формализации. Они также могут быть пояснительными или предсказательными.

Разница между моделями и симуляциями заключается, возможно, в использовании вычислительных инструментов, которые позволяют нам запускать чрезвычайно сложные наборы репрезентативных отношений, что невозможно при классическом использовании (математических) моделей или мысленных экспериментов. В этом случае симуляция может содержать несколько уровней разных моделей, которые должны быть настроены таким образом, чтобы согласованно работать в одном симуляторе [Winsberg, 1999]. Такой подход к моделям представляет собой иную и интересную перспективу в рамках эпистемологического анализа знания: есть вещи и есть слова (как гипотезы), но модели никоим образом нельзя отнести к тому или другому.

С репрезентативного подхода к знанию, модели так же реальны, как наши слова и наши представления о мире. Прежде чем установить онтологический разрыв между симуляциями и реальностью, попробуем разобраться вопрос: что такое сама реальность? Когда мы создаем симуляцию, она может быть полностью репрезентативной (воспроизведение всей системы), локально репрезентативной (симуляция определенных частей системы) или нерепрезентативной (новая сущность), но в конце концов, вопрос заключается в самом представлении. Когда мы сравниваем репрезентативную симуляцию с реальностью, мы сравниваем не копию с оригиналом, а одну компьютерную/мысленную конструкцию со сложным когнитивным представлением. Проверка симуляции на соответствие реальности подразумевает наличие четких границ, определяющих реальный анализируемый объект. Однако мы проверяем не реальную сущность, а, скорее, некоторые из ее наиболее важных характеристик с точки зрения наших эпистемических интересов, отфильтрованных конкретными эпистемологическими подходами.

Таким образом, симуляции — это не копии плохого качества, а частные случаи построения смысла (это пример предложения, значение которого можно использовать для разработки абстрактного). Фактически, если мы принимаем предыдущий аргумент, мы должны заключить, что симуляции так же реальны, как и другие сущности,

которые мы можем анализировать (так же реальны, как и любой другой способ рассматривать часть реальности, то есть взаимодействовать с миром).

Возвращаясь к разбору понятия реальности, зададимся вопросом: действительны ли объекты в том смысле, как мы их представляем и как о них думаем? Это ключевой вопрос, который может в своей основе конструировать предмет теории познания: действительно ли мы воспринимаем истинную реальность, а не только наши «мечты и желания»? Поиски ответа на этот вопрос приводят, как правило, к солипсизму: реальностью для человека могут быть только его представления о ней, но не сама реальность, которая оказывается скрытой. Необходимо учитывать, что люди по своей природе верят в свои мысли. «Реальность» — это всего лишь слово, необходимое для объяснения того, почему наше репрезентативное состояние лучше, чем предыдущее, без обращения к релятивистскому подходу. Можем ли мы мыслить за рамками наших концептуальных моделей? Являются ли наши модели простыми репрезентативными суррогатами реальности? Дело в том, что мы никогда не постигаем реальность, только символический подход к ней через наши инструменты мышления: логику, правила, фреймы, семантические сети, изображения, как технологии представления знаний.

Очевидно, что компьютерные симуляции наравне с нашими мыслями и языком являются репрезентацией реальности. Симуляции — это не представления второго порядка; они являются истинной реальностью, такой же истинной, как и наши слова, числа или идеи. Но они не просто концептуальная формализация наших мыслей, это и есть наши мысли. Без них мы не можем думать о реальных объектах. Наши (опосредованные) мысли — это наиболее доступный для нас подход к реальным событиям в мире. И в то же время мы должны признать, что «лучшее представление не может нас спасти: все представления несовершенны, и любое несовершенство может быть источником ошибки» [Davis, 1993]. Другой важный аспект заключается в том, что наши представления, как и наша когнитивная система, не могут учитывать все атрибуты мира: мы должны уделять внимание одним аспектам и игнорировать другие. Смысл — это то, что связано с ограниченными аспектами реальности, а не с ее целостностью. Мы не можем постичь сам мир, а только обращаемся к его фрагментарным проявлениям. В противном случае мышление было бы миром. Наши разные способы выбора между различными формами репрезентации (логика, фреймы, рациональные агенты и пр.) подразумевают выбор концепции о природе рассуждения и знания. Вот почему представление и рассуждение — это взаимосвязанные действия.

Семантический анализ показывает, что истинной природы вещей не существует, поскольку мы никогда не видим все возможные состояния реальности, а только те, которые мы готовы принять коллективно согласованным субъективным образом. Согласно этому рассуждению, нельзя отрицать реальность, но важно осознавать репрезентативную природу человеческого мышления. Если это так, компьютерные

симуляции — это не просто копии копий (теоретических моделей), а настоящая реальность в особом смысле: это все, что мы можем знать о реальности, пока не найдем новую реальность. Симуляция — это наиболее масштабная и всеобъемлющая форма репрезентации. Или, иначе, это процесс создания представления, который соответствует элементам другого представления.

«Модели, эксперименты и симуляции можно рассматривать как символы одного и того же типа, так или иначе расположенные между нашими высказываниями о мире и самим миром» [Guala, 2002].

Все наши подходы к реальности являются семантическими, без возможности установления онтологического порядка между ними. Классическая цепочка мир-слова-наблюдения-модели-эксперименты-истинное знание — это предвзятый способ классификации наших когнитивных подходов к реальности, какой бы она ни была.

Симуляции представляют синтаксические (развитие по внутренним правилам) и семантические (вопрос об изоморфизме) свойства реальности. Когда мы разрабатываем симуляцию, мы создаем новый вид онтологических отношений: синтаксис подчиняется семантике. Смысл, который мы хотим извлечь из симуляций, формирует основу их структурного синтаксиса. Это следствие нашей неспособности иметь дело непосредственно с самой реальностью и нашей необходимости апеллировать к ней с нашими предложениями. Вся семантика содержит определенный синтаксис, а не наоборот. Мы не можем обоснованно полагать, что внутренняя структура изучаемого объекта истинна, до того, как будет постигнут его смысл. Парадокс этой ситуации можно изобразить в виде схемы:

Реальность (синтаксис@семантика) \hat{U} Симуляция (семантика@синтаксис)

Таким образом, симуляции представляют нам видимый мир, который настолько совершенен и реален, насколько мы можем знать, или как единственно возможная реальность, которую мы можем обрабатывать мысленно. Получается, что семантические границы симуляций с одной стороны определяется семантическими пределами когнитивных возможностей человека, а с другой стороны синтаксическим инструментарием самих симуляций. При этом семантические пределы можно представить в виде «...иерархии словарей уровнеобразующих элементов языка (или квази-языков), верхний уровень которой и представляет собой словарь попарной сочетаемости — словарь семантического уровня. Именно он представляет собой структуру ограничений, которая характерна для конкретной модальности, для предметной области, для мира, как он воспринимается сенсорными органами...» [Харламов, 2020: 88]

Заключение

В статье проведен обзор наиболее общих параметров компьютерных симуляций: онтология, эпистемология и семантика.

В первой части разбирается онтологическое представление о симуляциях с точки зрения аргумента материальности, впервые сформулированным Мэри Морган. Этот аргумент помогает таксономическим образом отнести симуляции к нематериальным экспериментам. Однако, такой подход вызывает ряд существенных вопросов

к пониманию концепции материальности, а шире и реальности. Релевантный ответ на них будет сформулирован в заключительной части с помощью семантического подхода к анализу соотношения симуляций к реальности. В самой же первой части приходится остановиться на таблице видов экспериментов, где онтологически симуляции закрепляются в статусе нематериальных наряду с мысленными и математическими.

Во второй части внимание сфокусировано на вопросе эпистемической значимости симуляций для научных исследований. Могут ли симуляции генерировать новые знания? Для ответа на вопрос сначала согласно принципу новизны, сформулированным Ануком Барберуссом, выстраиваем сравнительную таблицу симуляций и традиционных экспериментов. Затем внимание переводится на новое определение критерия новизны Джули Джебейл, который противопоставляется традиционному подходу невыводимости (новым знанием считается такое, которое не отображается в существующей описательной теории в проводимом эксперименте). Это определение опирается на критерий "первого раза": «...симуляция или эксперимент дают новые знания, когда эти знания получены впервые и соответствующим образом добавлены к существующим знаниям». Позиции этих исследователей входят в клинч: Барберусс отстаивает классическую концепцию об эвристических знаниях, Джебейл через сформулированный критерий и на примере практических примеров демонстрирует принципиально иной взгляд на генерирование новых знаний. Здесь же, мною предлагается усилить этот взгляд через введение критерия репрезентативности, где симуляции определяются с точки зрения переноса следов эксперимента из графематического пространства в репрезентативное.

В третьей части через семантический подход раскрывается вопрос соотношения симуляций и концепции реальности, критически разбирается упомянутый в первой части онтологический разрыв между симуляциями и традиционными видами экспериментов, вводится новый репрезентативный подход к знаниям. Благодаря семантическому анализу, становится понятным, что компьютерные симуляции наравне с нашими мыслями и языком являются репрезентацией реальности. Симуляции — это не представления второго порядка; они являются истинной реальностью, такой же истинной, как и наши слова, числа или идеи. Они являются наиболее масштабной и всеобъемлющей формой репрезентации доступной на сегодняшний день. Выявляя границы симуляций и опираясь на весь ход рассуждений, заключительным выводом становится понимание об ограничении симуляций семантическими пределами когнитивных возможностей человека (прежде всего, базовых темпорально-пространственных или априорных знаний по Канту, которые идентифицируются на семантическом уровне иерархии словарей как словарь попарной сочетаемости) с одной стороны, а с другой стороны синтаксическими параметрами самих симуляций (набор формальных способов, правил и инструментов обработки информации).

Список литературы

1. Хамдамов Т. Определение термина компьютерных симуляций научных экспериментов через анализ природы феномена // Социальные и гуманитарные науки: теория и практика. 2019. № 1(3). С. 167–183.
2. Харламов А. Семантика парадигматическая vs семантика синтагматическая или сенсорная и моторная семантика в целенаправленном поведении // Речевые технологии. 2020. 3–4. С. 86–92.
3. Apostel L. Towards the Formal Study of Models in the Non-Formal Sciences. In: Freudenthal, H, editor. *The Concept and the Role of the Model in Mathematics and Natural and Social Sciences*. Dordrecht: Reidel, 1961, 1–37.
4. Barberousse A., and M. Vorms. *Computer Simulations and Empirical Data*. // *Computer Simulations and the Changing Face of Scientific Experimentation*, edited by J. M. Durán and E. Arnold. 2013. P. 29–45.
5. Cartwright N. *How the Laws of Physics Lie*. Oxford: OUP, 1983.
6. Da Costa, Newton F. *Science and Partial Truth: A Unitary Approach to Models and Scientific Reasoning*. Oxford: Oxford University Press, 2003.
7. Davis R. What is Knowledge Representation?. *AI Magazine*, Spring, 1993; 17–33.
8. Frigg R. *Scientific Representation and the Semantic View of Theories*. *Theoria* 2006; 55: 37–53
9. Giere R. *How Models Are Used to Represent Reality*. *Philosophy of Science* 71, Supplement, 2004; S742–752.
10. Guala F. *Models, Simulations, and Experiments*. // *Model-based Reasoning: Science, Technology, Values*, ed. Lorenzo Magnani and Nancy J. Nersessian. 2002. P. 59–74.
11. Hesse M. *Models and Analogies in Science*. London: Sheed and Ward; 1963.
12. Jebeile J. *Computer Simulation, Experiment, and Novelty* // *International Studies in the Philosophy of Science*. 2017. Vol. 31, No. 4, P. 379–395.
13. Leplin J. *The Role of Models in Theory Construction*. In: Nickles, T, editor. *Scientific Discovery, Logic, and Rationality*. Reidel: Dordrecht. 1980; 267–284.
14. Liu A. Y. and M. L. Cohen. *Prediction of New Low Compressibility Solids*. // *Science*. 1986. Vol: 245: P. 841–842.
15. Lusk G. *Computer Simulation and the Features of Novel Empirical Data*. // *Studies in History and Philosophy of Science*. 2016. Vol: 56. P. 145–152.
16. Markram H. *The human brain project*. // *Scientific American*. 2012. Vol. 306. No. 6. P. 50–55.
17. Morgan M. *Experiments Without Material Intervention: Model Experiments, Virtual Experiments, and Virtually Experiments*. // *The Philosophy of Scientific Experimentation*, edited by H. Radder. 2003. P. 216–235.
18. McMullin E. *What Do Physical Models Tell Us?* In: van Rootselaar, B, Staal, JF, editors. *Logic, Methodology and Science III*. Amsterdam: North Holland, 1968: 385–396.
19. Morgan M. *Experiments Versus Models: New Phenomena, Inference and Surprise*. *Journal of Economic Methodology*. 2005. Vol. 12 (2). P. 317–329.
20. Pan Z., H. Sun, Y. Zhang and C. Chen. *Harder than Diamond: Superior Indentation Strength of Wurtzite BN and Lonsdaleite*. // *Physical Review Letters*. 2009. Vol: 102.
21. Redhead M. *Models in Physics*. *British Journal for the Philosophy of Science* 1980; 31: 145–163.
22. Simpson J. *Simulations are not Models*. *Proceedings Models and Simulations*. 2006. P. 1–33.
23. Suppes P. A. *Comparison of the Meaning and Uses of Models in Mathematics And the Empirical Sciences*. *Synthese* 1959; 12: 287–301.
24. Suppes P. *Models of Data*. In: Ernest Nagel, Suppes P, Tarski, A, editors. *Logic, Methodology and Philosophy of Science: Proceedings of the 1960 International Congress*. Stanford: Stanford University Press, 1962; 252–261.
25. Teller P. *Twilight of the Perfect Model*. *Erkenntnis* 2001; 55, 393–415.

27. Vallverdú J. What are Simulations? An Epistemological Approach // Procedia Technology. 2014. Vol. 13. P. 6–15.
28. Vámos T. Computer epistemology: a treatise of the feasibility of the unfeasible or old ideas brewed new. Singapur: World Scientific Publishing; 1991.
29. Winsberg E. Sanctioning models: The Epistemology of Simulation. Science in Context. 1999; 12(2): 275–292

COMPUTER SIMULATIONS' EPISTEME-ONTOLOGICAL FOUNDATION AND SEMANTICS LIMITS IN MODERN PHILOSOPHY OF SCIENTIFIC EXPERIMENTATION

Khamdamov Timur

*Graduate student of the second year
National Research University Higher School of Economics
tkhamdamov@hse.ru*

Abstract

Widely used in the practice of scientific research, computer simulations of the target and its dynamic changes recorded during experimental work pose a modern experimental philosophy, and more broadly and a philosophy of science, a series of methodological, epistemological, semantic-syntactic and ontological questions about the status computer simulations as a phenomenon that has fundamental significance both for applied sciences and deep philosophical ideas about a human, thinking and knowledge of the world. Is computer simulation an experiment, or is it just one of many ways to technically implement mathematical modeling or a thought experiment? Do computer simulations create conditions for generating new knowledge that cannot be obtained using other types of experiments? Can computer simulations be considered today as the most affordable tool in overcoming the anthropic barriers of cognition of the world? To answer these questions, the author of the article establishes the semantic limits of the phenomenon of computer simulations through their relationship with other types of experiments, defining criteria for the epistemological advantage of simulations and outlining the boundaries of their applicability in experimental practice.

Keywords: computer simulations, philosophy of science, semantics, philosophy of experiment