

---

---

# Компьютерный поворот в философии XXI в. (Размышления над книгой Йоханнеса Ленхарда «Сюрпризы вычислений. Философия компьютерных симуляций»)

© 2021 г. Т.В. Хамдамов

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ),  
Москва, 105066, ул. Старая Басманная, д. 21/4.

E-mail: tkhamdamov@hse.ru

Поступила 04.05.2020

В 2019 г. в свет вышла новая книга Ленхарда. В ней Ленхард совершает попытку сепарировать компьютерные симуляции от классического математического моделирования. Структурировав по трем частям накопленный за годы исследований материал, Ленхард корректно, не затевая строительства революционных метафизических концепций, знакомит читателя с новым миром философии компьютерных симуляций. В первой части автор раскрывает тезис о том, что компьютерные симуляции – это совершенно новый, до этого неизвестный, тип математического моделирования. Во второй части внимание уделено концептуальным эпистемическим трансформациям математического моделирования в ракурсе феномена компьютерных симуляций. В этой же части разбираются способы проверок, которые используются в научных экспериментах: верификация и валидация. В третьей части Ленхард, ставя под сомнение сугубо научный рациональный способ познания, пробует нащупать контуры новых методов, специфика которых обусловлена применением компьютерных симуляций в научно-исследовательской практике. В этой статье я разберу основные проблемы, которые Ленхард в своей книге выделяет как наиболее важные для понимания философской сути компьютерных симуляций.

**Ключевые слова:** Ленхард, компьютерные симуляции, философия науки, научная рациональность.

DOI: 10.21146/0042-8744-2021-5-36-46

Цитирование: *Хамдамов Т.В.* Компьютерный поворот в философии XXI в. (Размышления над книгой Йоханнеса Ленхарда «Сюрпризы вычислений. Философия компьютерных симуляций») // Вопросы философии. 2021. № 5. С. 36–46.

# Computer Turn in the Philosophy of the XXI Century (Reflection on the Book “Calculated Surprises. A Philosophy of Computer Simulation” by Johannes Lenhard)

© 2021 Timur V. Khamdamov

*National Research University Higher School of Economics (HSE University),  
21/4, Staraya Basmannaya str., Moscow, 105066, Russian Federation.*

*E-mail: tkhamdamov@hse.ru*

Received 04.05.2020

In 2019, a new book by Lenhard was published. Lenhard attempts to separate computer simulations from classical mathematical modeling. Structuring in three parts the accumulated over the years research material, Lenhard correctly, without undertaking the construction of revolutionary metaphysical concepts, acquaints the reader with the new world of the philosophy of computer simulations. In the first part, the author reveals the thesis that computer simulations are a completely new, previously unknown, type of mathematical modeling. The second part focuses on the conceptual epistemic transformations of mathematical modeling from the perspective of the phenomenon of computer simulations. This part also deals with the verification methods that are used in scientific experiments: verification and validation. In the third part, Lenhard, questioning the purely scientific rational way of knowing, tries to grope for the contours of new methods, the specificity of which is due to the use of computer simulations in scientific research practice. In this review, I will analyze the main problems that Lenhard identifies in his book as the most important for understanding the philosophical essence of computer simulations.

**Keywords:** Lenhard, computer simulations, philosophy of science, scientific rationality.

DOI: 10.21146/0042-8744-2021-5-36-46

Citation: Khamdamov, Timur V. (2021) “Computer Turn in the Philosophy of the XXI Century (Reflection on the Book “Calculated Surprises. A Philosophy of Computer Simulation” by Johannes Lenhard”, *Voprosy Filosofii*, Vol. 5 (2021), pp. 36–46.

## Введение

В 2019 г. издательство Oxford University Press выпустило в свет книгу, посвященную новой зарождающейся философии компьютерных симуляций, научного сотрудника факультета философии Билефельдского университета и Центра междисциплинарных исследований – доктора философии Йоханнеса Ленхарда. Й. Ленхард обладает степенью доктора математики Франкфуртского университета. Основное время он уделяет проблемам философии науки, особо заостряя внимание на истории и философии математических и инженерно-технических наук. Его исследования по компьютерным симуляциям были обобщены в значимой для исследователей работе «Вычисления во всем: философия компьютерных симуляций» еще в 2015 г. Однако, к сожалению, этот труд не был замечен в среде российских исследователей философии науки. Возможно, что одним из существенных барьеров стал языковой, так как книга была выпущена на немецком языке и в значительной мере предстала довольно сложным для восприятия материалом в силу используемых автором междисциплинарных подходов,

сдобренных крайне специфическим терминологическим аппаратом, семантика которого пока еще не вошла в широкий обиход сообщества отечественных философов. Поэтому издание книги Ленхарда на английском произвело достаточно сильный эффект для специалистов по всему миру, тем более что автор в англоязычной редакции усиливает и вместе с тем деликатно радикализирует свою позицию по философии компьютерных симуляций, претендуя на пересмотр оснований научной рациональности и мейнстримных представлений о науке.

Компьютерные технологии с момента своего появления в середине прошлого века проделали к нашему времени внушительный инженерно-технический путь. Во всем мире основным предназначением вычислительных машин до сих пор остается экспериментальная деятельность ученых, исследующих проблемные научные области через моделирование теоретических концепций, гипотез и экспериментальных данных. Но это моделирование отличается от классического математического моделирования и лабораторного эксперимента.

Ленхард в первых абзацах введения книги задается вопросом: что такое по своей сути компьютерные симуляции? Инструмент для обработки математических моделей? Или это принципиально новый, до того неизвестный феномен, который меняет все традиционные представления о математическом моделировании так таковым? Ленхард, вскрывая суть симуляций для ответа на эти вопросы, заостряет внимание на интересной детали: все исследователи симуляций до него обращали внимание только на их отдельные фрагменты, он же попытался уловить общую картину, которая как пазл складывается из этих фрагментарных кусочков. Полученная Ленхардом картина знакомит читателя с контурами новой философии, в которой компьютерные симуляции становятся центральным сюжетным объектом в научном познании. В этой картине даже логика исторического развития математического моделирования может быть сведена к целевой функции обеспечения корректной работы компьютерных симуляций.

«Сколько мыслей рассеяно в моем сознании, способных при встрече друг с другом привести к величайшим открытиям. Но они находятся так далеко друг от друга, как сера в Госларе от селитры в Восточной Индии и угля в Эйхсфельде – только при возможности их смешения всех вместе станет возможным произвести порох. Как же долго ингредиенты пороха должны были существовать сами по себе до возможности первого создания пороха!» [Lichtenberg 2012, 159–160].

Ленхард приводит эту цитату немецкого философа XVIII в. Лихтенберга, чтобы в художественном образе передать свои намерения собрать доступные на сегодняшний день фрагменты, включающие в себя отдельные несвязанные друг с другом, как может показаться на первый взгляд, свойства, характеристики и особенности компьютерных симуляций и создать нечто прекрасное с эстетической, цельное с онтологической и полезное с эпистемологической точки зрения. Рецептов соединения может быть множество. И Ленхард понимает, что в книге ему удастся раскрыть только один из них. Но какой именно?

Главный тезис книги Ленхарда можно обозначить так: компьютерные симуляции – это новый тип математического моделирования. Разбирая этот тезис, Ленхард делит его на два основания: 1) компьютерные симуляции создают новые философские утверждения; 2) эти утверждения, изучаемые, как правило, отдельно друг от друга, соединившись, формируют уникальную самостоятельную онтологию симуляций (Ленхард предпочитает обозначать симуляции как новый тип математического моделирования, опуская в книге вопрос онтологии как более сложный и требующий отдельного расширенного исследовательского подхода).

Важно отметить, что философия науки стала уделять внимание компьютерным симуляциям совсем недавно. Исторически первый шаг в изучении симуляций с точки зрения философского метода был сделан в 1990 г. на Конференции Ассоциации философии науки. В ходе Конференции впервые были представлены сразу три доклада, посвященных философским вопросам компьютерных симуляций [Humphreys 1990, 497–506; Laymon 1990, 519–534; Rohrlich 1990, 507–518]. Особое историческое значение

имеют доклады Пола Хамфриса и Фрица Рорлиха, после которых дискуссии о компьютерных симуляциях в среде философов стали происходить чаще. Но основательный философский методологический подход к симуляциям начинает формироваться только к началу 2000-х гг. В 2004 г. Хамфрис публикует монографию [Humphreys 2004], в которой с точки зрения философии наук методологически совершает серьезную попытку препарировать феномен компьютерных симуляций и выявить его место в философии. Совсем скоро одна за другой выходят в свет книги значимых специалистов по философии науки: Эрика Винсберга [Winsberg 2010], Майкла Вайсберга [Weisberg 2013] и Маргарет Моррисон [Morrison 2014], которые в своих трудах закладывают основы для философских дискуссий вокруг феномена компьютерных симуляций.

Книга написана на основе размышлений, возникших после знакомства Ленхарда с трудами философов 2000–2015 гг. Отправной точкой стали дебаты о моделях в научных теориях. Ленхард соглашается с тезисом Моррисон [Morrison 1999, 38–65] об автономности моделей, когда они на практике используются учеными как медиаторы между теорией и экспериментом. Такая автономность в случае симуляций демонстрируется на практике настолько явно, что, на мой взгляд, для специалистов, разрабатывающих и использующих симуляции, отсутствуют какие-либо сомнения по поводу автономного статуса этого феномена. Ленхард же объясняет такую автономность теми инструментальными компонентами, которые делают компьютерные симуляции в противоположность традиционным математическим моделям менее зависимыми от теории, чем традиционные математические модели.

Ленхард создает повествовательную основу своей книги, отвечая на вопрос: какие особенные критерии можно выделить у симуляций? Пищу для размышлений он черпает у двух групп исследователей, изыскания которых направлены на выявление этих критериев. Первая группа авторов [Humphreys 1994, 103–121; Galison 1996, 118–157; Axelrod 1997, 21–40; Dowling 1999, 261–273; Gramelsberger 2010] работает с набором критериев, обеспечивающих симуляциям онтологически независимый статус, который позволяет не причислять их ни к теориям, ни к эмпирическим экспериментам. Вторая же группа фокусируется на способности симуляций работать с крайне сложными моделями, с одной стороны, не решаемых аналитическими способами, а с другой, конфигурируемых таким образом, что оказывается возможным обеспечить слаженную работу ранее не сочетаемых друг с другом моделей посредством инструментальных свойств, встроенных в компьютерные симуляции. С этим оказывается тесно связан новый синтаксис математики, то есть форма моделей, адаптированных к вычислительным машинам, которая отходит от ранее стандартного математического анализа.

### **Компьютерные симуляции – новый тип моделирования**

Известно, что существует несколько видов компьютерных симуляций, основанных на: 1) клеточных автоматах; 2) агент-ориентированных моделях; 3) методе Монте-Карло; 4) дифференциальных уравнениях. И каждый исследователь, в зависимости от своих математических предпочтений и опыта работы с конкретными симуляциями, анализирует и выстраивает концепции на базе одного из четырех способов моделирования. К слову, рассуждения Галисона о промежуточном положении симуляций между теоретическими конструктами и экспериментальной практикой, целиком основаны на разборе метода Монте-Карло [Galison 1996]. Рорлих [Rohrlich 1990, 507–518] и Келлер [Keller 2003, 198–215] исследуют потенциал симуляций с точки зрения их представления как моделей клеточных автоматов. А Хамфрис и Винсберг сосредотачивают усилия на симуляциях, в которых заложены модели дифференциальных уравнений. Помимо этого отмечается перекос в сторону определенных областей применения симуляций в зависимости от профессиональной близости исследователя к тому или иному предмету исследования. Например, Хейманн и Крагх проводят философские изыскания, докапываясь до сущностных глубин компьютерных симуляций, через прикладную исследовательскую область изучения атмосферного климата [Heumann, Kragh 2010, 193–292]. Лехтинен

и Кьюрокоски [Lehtinen, Kuorikoski 2007, 304–329] избирают в качестве исследовательского поля компьютерные симуляции экономических событий, которые целиком конфигурируются агент-ориентированными моделями.

Преимуществом исследовательского подхода Ленхарда является анализ, который отходит от конкретных форм, заложенных в определенные виды симуляций. Такой подход отличает его книгу от трудов его коллег философов. Однако Ленхард не уходит и в крайне абстрактную форму представления симуляций, продуцирующую риск сливания симуляций с классическими математическими моделями. Такой подход он называет путем между Сциллой и Харибдой. Ленхард понимает, что следование этому пути обрекает на упущение множества интересных деталей, например, роли стохастичности в алгоритмах детерминированной машины Тьюринга. Но Ленхард готов пойти на такие жертвы, осознавая, что они благоразумны в деле достижения той цели, которую он ставит перед собой, как автором книги. А цель крайне прагматична: продемонстрировать, что компьютерные симуляции – это не просто один из видов эксперимента (что тоже до сих пор требует обоснований), а новый, ранее неизвестный тип моделирования.

В первой части книги Ленхард выделяет четыре главные характеристики, каждой из которых он посвящает главу: 1) искусственность (компьютерные симуляции дискретны в силу вычислительного функционального характера самой машины); 2) визуализация (симуляции могут управляться через специально разработанные инструменты, управляемые с помощью визуальных способностей человека); 3) пластичность (для корректной работы симуляция неизбежно включает в себя вычислительные модели, которые никак не связаны с базовой научной теорией или математическими моделями); 4) эпистемическая непрозрачность (субъект эксперимента не способен познать или даже проследить за всеми процессами в ходе динамического разворачивания симуляции). Ленхард выделяет эти характеристики, чтобы потом смешать их согласно только ему ведомому рецепту. Автор убеждает читателя в главном тезисе о независимом автономном состоянии симуляций. Компьютерные симуляции разворачивают свою собственную динамику, которая выводится не из введенных в их семантику научных теорий или математических моделей, а ровно наоборот: динамика подчиняет себе абстрактные и эмпирические данные таким образом, чтобы обеспечить корректную работу симуляции. Ленхард улавливает здесь кантовскую эпистемологию. Демонстрируемая им внутренняя динамика и то, как создаваемая семантическая структура симуляции опосредует эмпирические данные и теоретические концепции, действительно напоминает трансцендентальную логику Канта. Симуляции оказываются инструментом построения мира по методике кантианского трансцендентализма.

Ленхард созерцательно обозревает ландшафт новой эпистемологии, которую он конструирует из вышеобозначенных четырех характеристик симуляций, каждую из которых по отдельности подробно разбирает в первой части. Внимательно всмотримся в этот ландшафт. Следуя за мыслью Ленхарда об искусственности симуляций, можно обнаружить непреложный факт: итеративная обработка дискретных единиц является одним из базовых условий, позволяющих использовать компьютер в качестве инструмента. Это означает, что так или иначе мы должны признать существование отдельной семантики вычислительных машин, потенциал которых может быть задействован только в случае перевода семантики классических математических моделей в пространство семантики вычислений. Ленхард, как мне показалось, удачно уловил суть семантической природы вычислений не просто с точки зрения нового пространства, а больше с позиции тех фундаментальных математических преобразований, которые произойдут благодаря этому. Он проводит аналогию симуляций с алгеброй, которая начиналась как техника вычислений, но вскоре уже была доведена до такого уровня, что благодаря этому в математике произошла революция, а впоследствии было оказано преобразующее влияние и на философию; об этих изменениях в своей работе убедительно рассказал Майкл Махони [Mahoney 1991, 15–31].

Ленхард убежден, что классическое дихотомическое разделение научных методов на построение теорий и проведение экспериментов, сформулированное Яном Хакингом

[Hacking 1983], не позволяет отнести симуляции к одному из них. Ленхард в случае симуляций склоняется к мысли о гибридной форме научного метода, когда работа с теоретической концепцией смешивается с проведением эксперимента. Он здесь крайне осторожен и не занимает радикальных позиций и под экспериментами понимает эксперименты с математическими моделями, которые выражают конкретные теоретические концепции, в свою очередь все вместе закладываемые в работу симулятора вычислительной машины.

Позиция Ленхарда схожа с позицией Винсберга [Winsberg 2003, 105–125], в которой фокус направлен на главную характеристику симуляций, отсутствующей в других видах экспериментов: глобальные последствия локальных допущений слишком сложны, чтобы их можно было определить доступными (математическими) средствами. Эту характеристику Ленхард ярко демонстрирует на историческом примере развития моделирования развития прогнозирования климата и погоды. Теория гидродинамики сплошных сред, описываемая математически уравнением Навье-Стокса, в случае движения воздушных слоев атмосферы испытывает сложности для обобщений и имеет возможность аналитического решения только в узких локальных случаях. Ленхард приводит основные исторические развилки решения этой задачи для климата (не путать с погодой, имеющей в своей основе так называемую хаотическую систему), начиная от попыток чисто аналитического математического способа решения в начале XX в. Бьеркнесом [Bjerknes 1904, 1–7] и первого новаторского подхода Льюиса Ричардсона [Richardson 1922] решить уравнение численным методом. Ричардсон заменил непрерывную динамику дискретной ступенчатой версией, где дифференциальные уравнения были преобразованы в разностные уравнения на сетке. Получившаяся система разностных уравнений, в которой бесконечно малые интервалы были заменены конечными, а интегрирование стало суммированием, должна была аппроксимировать исходную систему, одновременно позволяя освоить сложную динамику посредством непрерывных итераций уравнения (вместо интегрирования). В итоге, модель не сработала, в том числе и в силу невообразимо огромного количества необходимых вычислений и тех корреляций, которые нужно было вносить по мере усложнения базовой модели. Но сама методика была революционной и уже вскоре с появлением вычислительных технологий была адаптирована для машин и через множество серий вычислительных экспериментов и моделей, позволила создать максимально точную компьютерную симуляцию климата планеты.

Ленхард подчеркивает, что численные эксперименты изменили ситуацию в метеорологии исключительно быстро и привели к принятию корректирующих уравнений, предложенных к использованию при работе с теоретической моделью. Прежде всего стало ясно, что теоретические модели и экспериментальные данные в симуляции дополняют друг друга и работают вместе. Фактически эта уникальная особенность симуляций создала условия для проведения и обеспечения экспериментальных работ по прогнозированию динамики атмосферных слоев. До этого ни теории, ни локальные эксперименты не могли дать ученым даже отчасти схожего эффекта.

Примечательно, что Ленхард обобщает для всех видов симуляций порядок их разработки, состоящей из двух этапов. На первом формулируется теоретическая модель, на втором происходит построение дискретной модели, позволяющей выполнять числовую обработку с помощью компьютера. Можно представить компьютерную симуляцию как модель теоретической модели. Поэтому сам Ленхард обозначает симуляцию как «моделирование второго порядка». Он подчеркивает важность дискретности, которая характерна для всех типов симуляций. Дискретность модели – это фундаментальное свойство симуляций – ключ к вычислительной машине. Более того, по мнению некоторых исследователей, первый этап не так важен, как второй. И эта важность не просто прерогатива методологии, а принципиальный подход современной философии науки. Так, Доменико Наполитани [Napoletani et al. 2011] со своими коллегами еще 10 лет назад пришел к выводу, что эпоха теорий подошла к концу и наступает так называемое время научного агностицизма, рабочий режим которого будет обеспечен

вычислительными технологиями. Ленхард, отчасти соглашаясь с Наполитани, тем не менее, не так радикален и продолжает считать, что любая симуляция нуждается в большой теоретической концепции как шаблоне, который она будет использовать в ходе экспериментальных практик, в частности, для настройки своей корректной работы через подгонку вычислительных моделей. Однако Ленхард в главе 3 книги рассматривает широкий диапазон ситуаций, а также случаев, в которых подгонка может быть достигнута с помощью моделирования даже без обращения к теоретическому подходу. И что самое главное, при всем нерадикальном подходе к теории как первому этапу создания симуляций Ленхард признаёт, что в сравнении со вторым он непринципиален. Выбор пространственно-временной сетки, настройка непрерывной динамики, сложная отладка исполнительных программ и множество других составных частей второго этапа занимают существенную наполняемость симуляций, которая онтологически превалирует над теоретическим модельным шаблоном. Такой шаблон по причине одной из особенностей симуляций, обозначаемой Ленхардом как пластичность, может быть заменен на другой шаблон. Но обычно валидация симуляции происходит все равно экспериментальным образом. И в случае некорректности работы симуляции подвергаются разбору все три ее части: теоретическая модель, дискретная модель и собственно процесс ее разворачивания на конкретном программно-аппаратном комплексе.

Ленхард демонстрирует, что численное решение теоретических моделей отличается от математического аналитического способа, а значит, для симуляций актуален методологический и эпистемический вопрос в ракурсе философии науки. А именно взаимное влияние теорий и симуляций друг на друга, а также симуляции как практического эксперимента с теоретическими моделями не только с точки зрения их проверок, но и их преобразования и в последствии получения новых теоретических гипотез.

Конечно, Ленхард не мог обойти стороной историю с открытием оператора Аракавы, ставшего классическим примером вторичности теоретических математических моделей перед практикой создания симуляций и вычислительных алгоритмов при проведении эксперимента с симуляцией движения атмосферных слоев. Акио Аракава – японский метеоролог и исключительно талантливый математик, который разработал симуляцию циркуляции воздушных слоев в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе. Не буду останавливаться подробно на этой истории. Отмечу лишь то, что Аракава совершил до него немислимый шаг: одним из первых он отказался от операторов математических моделей, соответствующих теоретическим концепциям, и максимально сконцентрировался на корректирующих уравнениях, которые даже местами противоречили базовым теоретическим представлениям, с одной целью – создать симуляцию, соответствующую реально наблюдаемым явлениям внутренней динамики атмосферы. В итоге все специалисты климатологи знают, что поначалу оцениваемые действия Аракавы как «математические уловки» были признаны всем научным сообществом как важнейший вклад в теорию динамики атмосферных слоев, а ключевой оператор в уравнениях назван именем Аракавы.

Ленхард в первой части убедителен и предельно точен в доказательстве тезиса о компьютерных симуляциях как новом типе математического моделирования. Он детально разбирает феномен дискретности, заостряя внимание на нем как главном подходе симуляций, вносящим значительный вклад в их статус как нового типа математического моделирования. Весьма хорошо разобрана такая характеристика симуляций как визуализация, предоставляющая широкий инструментарий для разработки алгоритмов и моделей, непосредственно направленных на когнитивные способности человека, которые чутко настроены на восприятие и анализ данных, представляемых различными визуальными средствами. Тем самым Ленхард в очередной раз помогает вспомнить нам кантианскую трансцендентальную эстетику и логику так гармонично на новом технологическом витке развития описывающих системную связь человек-симуляция.

Ну и конечно, две оставшиеся ключевые характеристики симуляций: пластичность и эпистемическая непрозрачность. Если по пластичности, как свойстве адаптировать в себя различные математические модели с вычислительными алгоритмами и исполь-

зовать их для улучшения работы симуляции с каждой новой итерацией, все понятно, то проблематика эпистемической непрозрачности остается открытой. И эта характеристика нагнетает повышенный интерес интереса со стороны философов, как ни одна из вышерассмотренных. Очень часто человеческое понимание того, как работает симуляция, ограничено, что увеличивает значимость визуализации промежуточных и конечных результатов симуляции и взаимодействия с ними. Ленхард утверждает, что эта особенность изменяет представление о научном понимании, а именно, когда человек утрачивает абсолютную субъектность познания и на его место приходит сложная система «человек-симуляция», которая занимает субъектную роль в экспериментах с огромным количеством разнообразных данных. При этом человек не понимает, какие именно процессы в данный момент и по каким закономерностям реализуются в симуляции. Помимо этого, несмотря на то что Ленхард не выделяет и не разбирает эпистемологических последствий эпистемической непрозрачности, он приводит множество примеров из истории моделирования и симуляций. В частности, вышеупомянутый оператор Аракавы, когда эта особенность симуляций не просто корректировала базовые теории, но и меняла их в значительной степени только в результате тех скрытых от человека процессов, которые сопровождают работу симуляций.

### **Концептуальные преобразования**

Во второй части книги Ленхард сделал упор на том, каким образом симуляции стали новым концептуальным феноменом для философии науки. Делает он это осторожно, выделяя ключевые концептуальные основания симуляций. Первым делом Ленхард разбирает давнюю дискуссию в философии науки о том, что же такое симуляция – набор численных решений или продолжение решений математических моделей? Ленхард вспоминает о популярном в 2000-х гг. мнении о симуляциях как инструментальном численном методе решения математических моделей, которые невозможно решить аналитическим способом. Такой подход к симуляциям Ленхард, конечно, считает вводящим в заблуждение. Часто применяемая для этого случая метафора математических моделей в виде автомобиля, застрявшего колесами в грязи, но затем при переключении на полный привод (метафорически выражающий собой симуляции) способного продолжить движение, по мнению Ленхарда, неуместна. Более адекватная картина должна учитывать те этапы, которые можно найти только в симуляции. А именно те, которые прагматично сочетают теоретические и инструментальные компоненты. Ленхард убежден, что компьютерная симуляция только имитирует, а не решает математические теоретические модели в динамике. Численные решения имитируют обычные математические аналитические решения. Качество имитации зависит от различных прагматических критериев. Это делает численные решения концептуально отличными от традиционных строгих аналитических решений.

На базе таких рассуждений Ленхард выделяет две основные концепции, распространенные в философских дискуссиях. Согласно первой, симуляции – это способ решения математических моделей, которые невозможно решить аналитическими методами. Вторая концепция базируется на другой мыслительной конструкции и не опирается на понятие решения. Симуляция предстает как имитация поведения сложной системы через компьютерные вычислительные модели. Ленхард полагает, что историческое противоборство этих двух концепций проводит демаркационную линию между двумя группами исследователей, которые отдают предпочтение той или иной концептуальной картине, опираясь на практику конкретных научных исследований. Ленхард подробно иллюстрирует это на анализе отношений между двумя пионерами симуляций – Джоном фон Нейманом, который защищал концепцию симуляций как решений математических моделей, и Норбертом Винером, занимавшим сторону концепции симуляций как имитации сложных систем.

Тезис Ленхарда о сочетании на практике двух концепций основан на понимании того, что компьютерная симуляция должна быть посредником между двумя конфлик-



тующими силами: теоретическая целостность и качество эпистемического понимания, с одной стороны; фактическая применимость и адаптивность, с другой. Фундаментально, по мнению Ленхарда, каждая научная дисциплина или даже отдельная научная проблема находит компромисс между двумя расходящимися силами. И здесь, на мой взгляд, Ленхард делает крайне важное предположение, которому он сам не придает особого значения. В ходе рассуждений он приходит к важной мысли: компьютерная симуляция – это наиболее технически оптимальный процесс балансировки этих сил. На мой взгляд, это интересная находка Ленхарда, которая позволяет рассуждать о симуляциях не только в конструкте объекта, но и процесса. Если это так, то здесь возможны крайне интересные исследования в области философии науки, сознания, онтологии и мышления по той причине, что этот процесс возникает на пересечении границ предельных мыслительных форм: математические модели, научные теории, эксперимент, вычислительные алгоритмы и т.д.

Наконец, Ленхард во второй части переходит к весьма деликатному вопросу, который беспокоит каждого ученого, использующего симуляции в исследовательской практике, и каждого философа, изучающего основания симуляций как методе, пригодном для научного познания. Речь идет о проверке корректности полученных результатов в ходе работы симуляций. Каким образом мы можем быть уверены в достоверности полученных результатов? Как именно методологически проводить проверку экспериментальных данных, извлеченных во время исследовательских работ с симуляцией? Ленхард сразу обозначает критерии валидации: с самого начала для него ясно, что валидация не должна пониматься как работа с предельной корректностью; то есть валидация, безусловно, не определяет, все ли в модели правильно. Ленхард предполагает, что валидация связана с оценкой моделей внутри симуляций в определенных отношениях и для конкретно поставленных целей. То есть Ленхард отказывается искать универсальный метод валидации для симуляций в силу того, что они различны как по структуре, так и по исследовательским целям.

С точки зрения валидации Ленхард исследует такие свойства симуляций, как модульность и холизм. Если с модульностью все более-менее понятно в ракурсе методологии, на которой основываются различные рациональные методы обработки сложности, от создания чертежа до разработки программного обеспечения, то вот с холизмом не все так просто по причине его предельно смыслового философского значения. Сам Ленхард настаивает на философском значении этого термина, ссылаясь на Стэнфордскую энциклопедию философии, которая подробно дает описание значений термина в методологическом, метафизическом, реляционном смысле ключевых. Холизм утверждает, что целое больше, чем сумма его частей. Это означает, что части находятся в такой тесной взаимосвязи, что они не могут существовать независимо от целого или не могут быть поняты без ссылки на целое. Куайн сделал эту концепцию популярной не только в философии языка, но и в философии науки, где применяется тезис Дюгема – Куайна. Этот тезис основан на понимании того, что нельзя проверить отдельную гипотезу изолированно, любая такая проверка зависит от «вспомогательных» теорий или гипотез, например от того, как работают измерительные приборы.

Ленхард в рассуждениях о модульности и холизме противопоставляет компьютерные симуляции классическим сложным системам (механические часы, модульные здания, разработка программного обеспечения и т.д.). Но он не останавливается на простом противопоставлении, пытаясь выделить особенность симуляций как невозможность их валидации через отдельные модули с дальнейшим суммированием проверочных результатов. Ленхард, взяв на вооружение сбалансированный и по-немецки рационально структурированный подход повествования, которому он следует на протяжении всей книги, в конце второй части идет, по моей оценке, на довольно смелый шаг: через исследование предельных философских особенностей компьютерных симуляций он ставит под сомнение научную рациональность как единственно корректный научный метод познания.

## Заключение

Ленхард признается, что его вдохновили работы Иммануила Канта, Эрнста Кассирера, Чарльза С. Пирса, а также Яна Хакинга, которые исследовали эпистемологические и онтологические вопросы соотношения реальности, научного познания и математического моделирования. Особый статус Ленхард придает кантианскому учению, в котором анализируется природа объективных знаний о мире, а также вклад человека в их формирование с помощью извлекаемых эмпирических данных и теоретических концепций. Мир, который нужно исследовать и воспринимать, частично создается в процессе производства знаний. По мнению Ленхарда, компьютерные симуляции смогут инструментальным образом подтвердить эту кантианскую концепцию.

На мой взгляд, интерес к философским исследованиям симуляций с каждым годом будет нарастать в связи с адаптацией и применением самих симуляций ко многим концепциям мышления, познания и сознания в западноевропейских философских школах. Помимо этого влияние компьютерных симуляций на науку и воспроизводство новых научных знаний игнорировать будет все сложнее. Сейчас не осталось ни одной научной дисциплины, которая не использовала бы в своей исследовательской практике технологии компьютерных симуляций. Философия сильна, на мой взгляд, в первую очередь с точки зрения методологического потенциала. И если в XX в. произошел лингвистический поворот в философии в попытке дать сущностное описание человека и мира через язык, то совсем скоро с большой вероятностью может произойти компьютерный поворот в философии. Этот революционный поворот будет инициирован стремлением описать ключевые вопросы философии с точки зрения вычислительных алгоритмов, шаблонов и симуляций. В этом случае, проверкой понимания философской концепции станет способность философа создать компьютерную симуляцию мысленного эксперимента или целой концептуальной картины мира.

## Primary Sources

Lenhard, Johannes (2019) *Calculated Surprises. A Philosophy of Computer Simulation*, Oxford University Press, Oxford.

## References

- Axelrod, Robert (1997) "Advancing the Art of Simulation", Conte, Rosaria, Hegselmann, Rainer, Terno, Pietro, eds., *Simulating Social Phenomena*, Springer, Berlin, pp. 21–40.
- Bjerknes, Vilhelm (1904) "Das Problem Der Wettervorhersage, Betrachtet Vom Standpunkte Der Mechanik Und Der Physik", *Meteorologische Zeitschrift*, B. 21, pp. 1–7.
- Dowling, Deborah (1999) "Experimenting on Theories", *Science in Context*, Vol. 12 (2), pp. 261–273.
- Galison, Peter (1996) "Computer Simulations and the Trading Zone", Galison, Peter, Stump, David J., eds., *The Disunity of Science: Boundaries, Contexts, and Power*, Stanford University Press, Stanford, CA, pp. 118–157.
- Gramelsberger, Gabriele (2010) *Computerverperimente zum Wandel der Wissenschaft im Zeitalter des Computers*, Transkript, Bielefeld.
- Hacking, Ian (1983) *Representing and Intervening: Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Heymann, Matthias, Kragh, Helge (2010) "Modelling and Simulation in the Atmospheric and Climate Sciences", *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, Vol. 41 (3), pp. 193–292.
- Humphreys, Paul W. (1990) "Computer Simulations", *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, pp. 497–506.
- Humphreys, Paul W. (1994) "Numerical Experimentation", Humphreys, Paul W., ed., *Patrick Suppes: Scientific Philosopher*, Vol. 2, Kluwer, Dordrecht, pp. 103–121.
- Humphreys, Paul W. (2004) *Extending Ourselves: Computational Science, Empiricism, and Scientific Method*, New York, Oxford University Press, Oxford.
- Keller, Fox E. (2003) "Models, Simulation, and "Computer Experiments"", Radder, Hans, ed., *The Philosophy of Scientific Experimentation*, University of Pittsburgh Press, Pittsburgh, PA, pp. 198–215.

Laymon, Ronald (1990) "Computer Simulations, Idealizations and Approximations", *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, pp. 519–534.

Lehtinen, Aki, Kuorikoski, Jaakko (2007) "Computing the Perfect Model: Why Do Economists Shun Simulation?", *Philosophy of Science*, Vol. 74, pp. 304–329.

Lichtenberg, Georg Christoph (2012) *Philosophical Writings*, Edited by Stephen Tester. State University of New York Press, Albany, NY.

Mahoney, Michael S. (1991) "Die Anfänge der Algebraischen Denkweise im 17. Jahrhundert", *RETE: Strukturgeschichte Der Naturwissenschaften*, pp. 15–31.

Morrison, Margaret (1999) "Models as Autonomous Agents", Morgan, Mary S., Morrison, Margaret, eds., *Models as Mediators*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 38–65.

Morrison, Margaret (2014) *Reconstructing Reality: Models, Mathematics, and Simulations*, Oxford University Press, New York.

Napoletani, Domenico, Panza, Marco, Struppa, Daniele (2011) "Agnostic Science. Towards a Philosophy of Data Analysis", *Foundations of Science*, Vol. 16, pp. 1–20.

Richardson, Lewis F. (1922) *Weather Prediction by Numerical Process*, Cambridge University Press, London.

Rohrlich, Lewis F. (1990) "Computer Simulation in the Physical Sciences", *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, pp. 507–518.

Weisberg, Michael (2013) *Simulation and Similarity: Using Models to Understand the World*, Oxford University Press, New York.

Winsberg, Eric (2003) "Simulated Experiments: Methodology for a Virtual World", *Philosophy of Science*, Vol. 70, pp. 105–125.

Winsberg, Eric (2010) *Science in the Age of Computer Simulation*, University of Chicago Press, Chicago.

#### **Сведения об авторе**

**ХАМДАМОВ Тимур Владимирович** –  
аспирант Школы философии и культурологии,  
Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики».

#### **Author's Information**

**KHAMDAMOV Timur V.** –  
graduate student at the School of Philosophy  
and Cultural Studies, National Research University  
Higher School of Economics.