



ЛОГИКА, МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ

LOGICS, METHODOLOGY AND PHILOSOPHY OF SCIENCE

УДК 165.9

**ВСЕОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ПРИРОДЫ В ЗЕРКАЛЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ
МЕХАНИКИ (ОТ АНТИЧНОСТИ ДО НАУЧНОЙ РЕВОЛЮЦИИ XVII В.)***

**THE UNIVERSAL CONTENT OF NATURE IN THE MIRROR OF PRACTICAL
MECHANICS (FROM ANTIQUITY TO THE SCIENTIFIC REVOLUTION
OF THE 17TH C.)**

Е.А. Зайцев

E.A. Zaytsev

Институт истории естествознания и техники Российской Академии наук им. С.И. Вавилова,
Россия, 109012, г. Москва, Старопанский переулок, д. 1/5

S.I. Vavilov Institute for the history of science and technology of the Russian Academy of Sciences,
Staropansky pereulok, 1/5, Moscow, 109012, Russia

E-mail: e_zaitsev@mail.ru

Аннотация

В статье сделана попытка применить тезис (молодого) Гегеля о том, что всеобщее содержание природы раскрывается в человеческом труде, для решения вопроса о предпосылках научной революции XVII века. Обсуждение ведется вокруг «постулата аддитивности» физических сил, то есть, положения о том, что величина составной физической силы равна сумме величин ее частей. В классической механике этот постулат выполняется автоматически. В доклассической механике он не выполняется по причине господства противоположного представления – о непропорциональном увеличении совместных усилий. В статье показано, что основной предпосылкой становления идеи аддитивности сил стало развитие в начале Нового времени подъемных механизмов с противовесом. В этих устройствах было практически реализовано условие однородности сил, позволившее описывать соотношения между ними в терминах математической теории пропорций, или, говоря философским языком, в терминах меры.

Abstract

The article is an attempt to apply the thesis of (the young) Hegel that the universal content of nature is revealed in the work, for solving the problem of the preconditions of the scientific revolution of the 17th century. The discussion focuses at the “postulate of additivity” of the physical forces, that is, the thesis that the value of the composite physical force is equal to the sum of its parts. In classical mechanics this postulate is fulfilled automatically. In the pre-classical mechanics it fails due to the opposite idea – about the disproportionate increase in joint efforts. The article shows that the main prerequisite for the development of the “postulate of additivity” of forces was the development in the late Middle Ages of hoists with a counterweight. In these devices the condition of the homogeneity of the forces has been realized that made it possible to describe the relationships between them in terms of the mathematical theory of proportions, or, in philosophical language, in terms of measure.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 15-03-00218а).



Ключевые слова: Гегель; научная революция XVII в.; количество; мера; движение; история механики; природа; техника; аристотелизм.

Keywords: Hegel; the scientific revolution of the 17th century; quantity; measure; movement; history of mechanics; nature; technology; the Aristotelian.

«Полное, абстрактное безразличие развитой меры,
т.е. ее законов, может иметь место только в сфере механизма...»
Г.Ф.В. Гегель, «Наука логики»

Введение

Для понимания феномена современной науки существенное значение имеет анализ начального этапа ее развития – научной революции XVII века. Несмотря на обилие исследований, посвященных этой теме, ключевой вопрос, касающийся причин радикальных изменений, произошедших в данный период в структуре естествознания, не получил пока удовлетворительного ответа.

Его решение усложняется по двум причинам. Первое – это традиционное, восходящее к Аристотелю представление, согласно которому предметом наук о природе являются всеобщие формы или законы природы, не подверженные историческому развитию. Вторым препятствием является не менее традиционная (восходящая к тому же Аристотелю) корреспондентская теория истины, согласно которой претендующие на научность высказывания о природе суть понятийные выражения законов самой природы. Принятие этих положений приводит к упрощенному представлению о развитии естествознания: поскольку всеобщие формы природы не изменяются, процесс их понятийного оформления представляется в виде «аккумуляции» научных истин в рамках фиксированной концептуальной схемы.

Очевидно, что такая трактовка вступает в противоречие с реальным развитием науки, для которого характерно не только постепенное накопление знаний (в рамках «нормальной» науки), но и резкие перемены, выражающиеся в разрушении старых и создании новых концептуальных схем. Хрестоматийным примером второго типа развития является научная революция XVII в., в ходе которой на смену качественной перипатетической физике пришла количественная классическая механика.

Разрешить противоречие между исторической динамикой науки о природе и статичной природой форм можно посредством такого истолкования последних, которое обнаруживало бы их причастие историческому развитию. Примером толкования такого рода может служить сформулированное Э.В. Ильенковым положение о том, что законы природы суть не что иное, как законы преобразования природы человеком [Ильенков, 1991, с. 228]. Отождествление законов природы с законами ее преобразования сразу придает всеобщим формам природы историческое «измерение» и, одновременно, меняет статус науки о них. Предметом естествознания становятся формы преобразующей деятельности. Понимание естествознания как особого способа воспроизведения технических знаний санкционирует принятие тезиса о том, что настоящие истоки изменений в его структуре лежат в сфере технического развития. В частности, получает право на существование гипотеза о том, что постепенный (кумулятивный) рост научного знания характерен для периодов эволюционного роста техники, в то время как революционные сдвиги в его структуре суть следствия радикальных технологических изменений. Обоснованию этой гипотезы на примере научной революции XVII в. и посвящена данная статья.

I. Механизмы преобразования движений как носители всеобщего содержания природы

Начнем с анализа идеи технической «нагруженности» всеобщих форм природы.

В европейской философии сложились два подхода к решению вопроса о *всеобщем* в природе. Согласно традиции, восходящей к Аристотелю, *всеобщее* есть атрибут природ-



ных вещей; оно существует в самих природных вещах в форме логосов, выражающих их внутреннюю сущность. Предметом «физики» или, говоря современным языком, естествознания является природа, как таковая; ее всеобщими логосами человек овладевает в ходе теоретической деятельности, не предполагающей активного изменения природных вещей. С техническим (искусственным) Аристотель связывает не *всеобщее*, а *единичное* – врач лечит не болезнь вообще, но конкретного больного. Единичные формы, создаваемые ремеслом, не способны адекватно выразить *всеобщее содержание* природы, ибо они не наделены активной внутренней формой (энтелехией), свойственной природным вещам. Последним технические вещи могут только подражать.

Другая философская традиция, истоки которой восходят к «Иенской реальной философии» Гегеля, напротив, настаивает на том, что *всеобщее* не содержится в природе, как таковой, но привносится в нее человеческим трудом. В противоположность Аристотелю, превозносившему природу, Гегель исходит из представления о ее онтологической ущербности («жалкая чувственность, которая держится за единичное» [Гегель, 1970, с. 308]). Выражение «держится за единичное» следует понимать так, что *единичное* природы вообще не способно к выражению *всеобщего*. *Всеобщее содержание* природа обретает только будучи вовлеченной в трудовой процесс, в ходе которого происходит *снятие* единичности: «с самой природой ничего не случается; *единичные цели природного бытия* [становятся] неким всеобщим» [там же]. В процессе труда *единичное* природы обретает черты всеобщности, не теряя своей особенности.

Положение о том, что овладение *всеобщим* природы невозможно без ее преобразования, приводит к отказу от традиционного представления о предмете естествознания. На деле, естествознание изучает не природу, как таковую, но природу, находящуюся в особом пассивном модусе – вовлеченную в процесс достижения человеческих целей – «ветер, могучий поток, мировой океан... покоренные, распаханые» [там же].

Являясь характеристикой, связанной с трудом, *всеобщее* раскрывается в форме движений работающего человека. В силу динамического характера оно становится трудноуловимым: по завершении деятельности *всеобщее* вновь оказывается сокрытым. Впрочем, полностью оно не исчезает; его существенные характеристики остаются запечатленными в орудии, при помощи которого можно снова начать трудовой процесс. «В орудии или в обработанной, сделанной плодородной пашне, – замечает Гегель, – я владею *возможностью, содержанием*, как содержанием *всеобщим*. Поэтому орудие, средство, превосходящее цели вожделения, цели единичной; орудие охватывает всякую единичность» [там же, с. 307]. Под «орудием» Гегель понимает всякое искусственно создаваемое звено, опосредующее достижение практических целей (обработанная пашня – есть «орудие» получения урожая).

Из трех составляющих трудового процесса – субъекта труда, его предмета и орудия – только орудие обладает постоянством формы. Субъект и предмет труда существуют – как действующий и, соответственно, как претерпевающий изменение – только во время трудового процесса. По его завершении и тот, и другой «исчезают»: субъект утрачивает свою внутреннюю энтелехию – «побуждение к труду», а предмет – исходную природную форму. Остается орудие, в форме которого «застывает» идеальное содержание произведенного действия. «Орудие, – пишет Гегель, – есть некоторое наличное разумное среднее [между субъектом и предметом труда], наличное всеобщее практического процесса. Оно есть то, в чем труд находит свое постоянство, то единственное, что остается от работавшего [субъекта] и подвергавшегося обработке [предмета, то], в чем увековечивается их случайное [соединение]» [Hegel, 1986, S. 300].

Два мыслителя также по-разному расставляют акценты при анализе технического (ремесла). Мир техники Аристотеля носит статичный характер: он состоит из артефактов, лишенных собственного движения; типичными примерами технического являются ложе, кольцо, дом и т.д. Исключение составляет корабль, но и он не обладает внутренней энтелехией, вызывающей движение, но требует кормчего. Мир техники Гегеля, напротив, ди-



намичен: техникой по Гегелю является создание искусственного *движения*. Если у Аристотеля искусственное действие направлено на создание неподвижного артефакта, то у Гегеля – на создание искусственного движения.

Отличие искусственной *вещи* от искусственного движения состоит в том, что первая утрачивает связь со своим «источником», природной вещью, из которой она изготовлена. Искусственное *движение*, напротив, сохраняет связь с породившим его природным движением; оно оказывает на него активное воздействие, изменяя его направление, траекторию и скорость. «Вообще, собственная деятельность природы, – указывает Гегель, эластичность часовой пружины, вода, ветер применяются так, чтобы в своем чувственном наличном бытии *делать* нечто совершенно иное, чем они хотели бы *делать*» [Гегель, 1970, с. 307]. И далее: «По-настоящему хозяином становится тот, кто достигает того, чтобы другое в своем *делании* вывернуло наизнанку самое себя» [там же, с. 308] (курсив мой – Е.З.). В основе приведенных высказываний лежит представление о том, что овладение *всеобщим* происходит посредством управления природным движением в ходе его преобразования в техническое. Именно создание искусственного движения является, по Гегелю, инструментом раскрытия *всеобщего содержания* природы.

Как и любой другой трудовой процесс, создание искусственного движения осуществляется посредством орудия. В данном случае в роли орудия выступает механизм, служащий для преобразования природного движения в техническое. Хотя Гегель об этом прямо не пишет, из акцента, который он делает на значении орудий и движений, следует, что именно в механизмах, преобразующих движение, и заключаются в конечном итоге *всеобщие* формы природы.

II. Однородность и аддитивность сил как условие математизации движения

Количественное описание движения возможно только при условии, что участвующие в нем силы трактуются как обычные экстенсивные величины, то есть, являются однородными и аддитивными. Согласно принципу однородности, силы должны принадлежать к одному роду; в противном случае их нельзя складывать и вычитать, а также составлять между ними математические отношения. Согласно принципу аддитивности сила, являющейся композицией нескольких сил, должна быть равна их арифметической сумме. Требование аддитивности относится, в первую очередь, к силе тяжести, играющей ключевую роль в теории движения. Вес тяжелого тела должен быть равен сумме весов составляющих его частей.

Эти два принципа служат «лакмусовой бумажкой» для различения классической механики XVII в. и ее доклассической предшественницы. В классической механике оба они выполнены автоматически; в доклассической, напротив, и тот, и другой служат камнем преткновения. Особенно сложным было в доклассическую эпоху отношение к принципу аддитивности: его нередко отвергали, ссылаясь на тезис о *превосходстве* объединенной силы над суммой частичных сил. Приведем несколько примеров использования этого непривычного для современного читателя тезиса.

Античность. Первый содержится в псевдо-аристотелевском трактате «Проблемы» (эллинистическая эпоха; не путать с «Механическими проблемами»). На вопрос, почему, когда певцы поют хором, то голоса слышны на большом расстоянии, а когда по отдельности, – нет, автор дает следующий ответ: «Действие, совершаемое совместно с другими – например, сжатие или толкание чего либо – производит результат, который не находится в простой пропорции к числу людей; точно так же, как линия в два фута описывает круг, превосходящий круг, описываемой линией в один фут, не в два, а в четыре раза, так и совместное действие имеет большую силу, нежели сила, определяемая пропорцией числа людей, действующих раздельно» [Aristotle, 1927, 917^b]. Ссылка на «сжатие или толкание» свидетельствует о том, что тезис о непропорциональном возрастании силы относится не только к акустике, но и к механическому движению.



Второй пример содержится в комментарии Иоанна Филопона к «Физике» Аристотеля (VI в. н. э.). Критикуя положение о том, что скорость падения тела пропорциональна его весу (базирующееся на идее аддитивности силы тяжести), Филопон выдвигает противоположный тезис: «Если соединить вместе два тела, весящих каждое один фунт, то в результате получится вес, превышающий два фунта. Наоборот, если разделить тело, весящее два фунта, на две равные части, то каждая из них будет весить не фунт, а меньше» (Комментарий к «Физике» III, 5; цит. по [Duhem, 1913, p. 368–369]). Иными словами, если соединить вместе два тела, весом каждое в один фунт, то пройденное ими при падении расстояние будет *больше* удвоенного расстояния, проходимого за то же время при падении каждым из тел, весом в один фунт. И далее, если тело в два фунта разделить на две равные части, то каждая из частей пройдет при падении расстояние, меньшее половины расстояния, проходимого за то же время целым телом. В основе этого факта, указывает Филопон, лежит общий принцип, согласно которому «однородное, объединяясь, становится сильнее, а разделяясь – слабеет» [ibid.].

Средние века. В этот период тезис о непропорциональном увеличении объединенной силы используется оптиками, медиками и теоретиками «науки о движении» (XIV в.).

Две ссылки на него дает создатель оригинальной теории движения Фома Брэдвардин (1328 г.). Критикуя положение об удвоении скорости при удвоении движущей силы, он приводит следующие контрпримеры. Представим, что «один человек двигает нечто тяжелое с большим трудом и весьма медленно. Если к нему присоединится другой, то вдвоем они будут двигать тот же груз со скоростью, значительно превышающей удвоенную скорость [движения в одиночку]». Также и «в часах: [в то время как] груз, подвешенный на вращающейся оси, опускаясь, приводит в движение ось или колесо с неощутимой скоростью, двойной груз будет двигать ту же ось со скоростью, значительно превышающей удвоенную скорость [одного груза]» [Bradwardine, 1955, p. 98].

Сомнения в аддитивности силы тяжести высказывает знаменитый «калькулятор» XIV в. Ричард Суайнсхед, обсуждая задачу о падении тяжелой балки в тоннеле, проходящем через центр Земли. Ее решение он начинает с разбиения балки на малые части, движения которых описываются так называемой «функцией Брэдвардина», связывающей скорость падения с силами действия и сопротивления. Суммируя движения частей, Суайнсхед получает закон движения целой балки. Вычисленное при этом время падения получается бесконечным, что означает, что середина балки так и не достигнет центра Земли. Размышляя над причиной ошибки (для аристотелика подобный результат является абсурдным), Суайнсхед приходит к выводу о некорректности разбиения балки на части и представления ее движения в виде суммы частичных движений. На деле, замечает он, скорость балки больше суммы скоростей ее частей. По сути, тяжесть балки больше суммы тяжестей ее частей [Hoskin et al., 1966].

Эпоха Возрождения. Тезис об «объединенной силе» продолжает сохранять свое значение, о чем свидетельствуют многочисленные ссылки на него, содержащиеся в записных книжках Леонардо да Винчи [Зубов, 2008, с. 305]. Приведем один пример. «Если ты переделаешь этот колокол в маленькие колокольчики, ты не услышишь его и на 1/8 мили, хотя бы весь металл в этих колокольчиках и звучал одновременно, и хотя бы раньше колокол был слышен на расстоянии 6 миль. Точно так же, если веревка выдерживает 100000 унций, то после того, как ты ее разделишь на 100 000 ниточек, каждая нить не выдержит и 1/8 унции и т.д. в случае всех разъединенных сил» [там же].

III. Трансформация в практической механике как предпосылка математизации движения

Несмотря на то, что античные и средневековые авторы при обосновании тезиса о непропорциональном возрастании силы ссылались на природные феномены, истоки этого представления находятся не в самой природе, а в трудовой деятельности по ее преобразованию, осуществляемой в отсутствие специальных технических средств. В ходе такой де-



тельности, объединяя усилия, люди, действительно, могут достичь результата, который превысит сумму результатов индивидуальных усилий. Особенно ярко это проявляется в работе по перемещению тяжестей, в которой в качестве движущей силы применяется усилие человека или команды людей. При этом нет принципиальной разницы между выполнением действий просто вручную или вручную, но посредством механизмов. В обоих случаях *всеобщее содержание* движения остается еще крайне абстрактным. У него присутствуют лишь весьма неопределенные характеристики, позволяющие сравнивать два движения по принципу «больше», «меньше» или «равно». Описания в терминах меры, то есть, отношения сил, такое движение не допускает. Этому препятствует животный характер движущей силы, присущее ей непостоянство, естественная усталость и т.д. Применение передаточных механизмов, позволяющих снизить прикладываемое усилие, не вносит в этот тезис принципиальных корректив. Например, при воздвижении тяжелой колонны группой, использующих рычаги (или полиспасты), важна кратковременная синхронизация прикладываемых усилий, которая подталкивает, скорее, к представлению о непропорциональном возрастании объединенной силы, нежели к идее аддитивности ее частей. То же самое можно сказать и о поднятии тяжестей при помощи ступальных колес (топчаков), приводимых в движение переступающими со ступеньку на ступеньку работниками. Здесь ключевое значение имеет не механическое сложение, а синхронизация усилий, обеспечивающая непрерывность движения колеса как целого. Такое движение не может быть сведено к сумме частичных движений каждого ступальщика хотя бы потому, что в одиночку ни один из них не сможет сдвинуть с места тяжелый топчак.

Тот факт, что препятствием для математизации движения служит животный характер физических сил, не ускользнул от внимания средневековых схоластов. Описывая движение при помощи функции Бравардина (в которой в качестве аргумента использовалось отношение силы движения к силе сопротивления), они соотносили полученные результаты не с реальной природой, а с регистром Божественного всемогущества (*potentia Dei absoluta*). Рассматривая механические силы по аналогии с животными, они полагали, что математическое описание перемещений возможно лишь в отношении виртуальной природы, в которой (чудесным образом) выполнены условия постоянства сил [Зайцев, 2015].

Использованием аналогии с животными силами можно объяснить также и тот факт, что авторы трактатов по практической механике – псевдо-Аристотель (в трактате «Механические проблемы»), Витрувий, Герон и Папп Александрийский – почти не использовали язык количественной меры. Анализируя принципы работы «простых машин», они, как правило, ограничивались простым сравнением прикладываемого усилия и полученного результата, не конкретизируя коэффициент передачи в терминах меры. Так, о рычаге они писали, что выигрыш в силе поучается тем больше, чем больше плечо приложения движущей силы. Аналогично, о воротах утверждали, что выигрыш тем больше, чем больше отношение диаметра колеса к диаметру рабочей оси. Относительно полиспаста отмечали, что увеличение подъемной силы происходит за счет увеличения числа блоков. Соображения пропорциональности при описании этих машин почти не использовались (исключение составляет трактат Герона «Механика», который требует отдельного обсуждения).

В основе отказа от количественного описания простых машин лежит разнородность сравниваемых сил – силы движения и силы сопротивления. Первая представляет собой физическое усилие человека, вторая – механическую силу тяжести. Отсутствие однородности делает проблематичным выполнение операций сложения и вычитания сил, а также составления отношений между ними. В таких ситуациях для осуществления сравнения необходимо предварительное «сведение» одной из сил к другой. Обычная практика античности и средневековья – о чем косвенно свидетельствуют приведенные выше примеры – состояла в сведении механических сил к животным, что, по сути, исключало возможность математического описания вызываемых ими движений.

Совершенно другую картину мы наблюдаем в трудах по практической механике второй половины XVI века, посвященных «простым машинам». От своих античных про-



образов они отличаются особым вниманием к числовой оценке эффективности. Кульминацией этой традиции является ранняя работа Галилея «Механика» (ок. 1593), в которой гениальный теоретик изложил методы вычисления коэффициентов преобразования и доказательств их корректности [Галилей, 1964]. В числе современников Галилея, оставивших след в области математизации простых машин, – механики-практики: Гвидобальдо дель Монте («Механика», 1577), и Буонаюто Лорини («О фортификациях», 1596 г.), а также комментатор «Механических проблем» псевдо-Аристотеля Бернардино Бальди (1621). Начало исследованиям в этой области было положено Леонардо да Винчи, в записных книжках которого содержатся расчеты соотношений сил и движений в простых полиспадах (ок. 1500 г.).

Ориентация на точный количественный результат, разнообразие приемов расчета, применяемых для разных конструктивных элементов, уверенное применение математических методов статики Архимеда в динамических ситуациях, – все это свидетельствует о том, что во второй половине XVI в. представление о непропорциональном возрастании объединенной силы утратило свое нормативное значение. За несколько десятилетий до окончательного оформления классической механики указанные авторы уже начали использовать классические представления об однородности и аддитивности физических сил.

Что же произошло в механической практике XVI в., что создало условия для теоретического освоения количественных аспектов движения?

Как известно, всякая машина состоит из трех частей: машины-двигателя, передаточного механизма и машины-орудия. В эпоху промышленной революции XVIII в. ключевую роль сыграли изменения в структуре машины-орудия, которая, по словам Маркса, «образует всякий раз исходный пункт при превращении ремесленного или мануфактурного производства в машинное производство» [Маркс, 1988, с. 384]. В XVI–XVII вв. принципиальные изменения происходили в структуре передаточных механизмов и машин-двигателей. В статьях [Зайцев, 2016а, 2016б] было указано на значение двух новых конструктивных элементов, вошедших в состав передаточных механизмов в XVI веке. Кривошип и маховое колесо сыграли в этот период важную роль в реализации «идеальных» аспектов движения, связанных с постоянством траектории и скорости. Не менее важными – в аспекте темы математизации движения – были технические изменения в конструкции машин-двигателей.

В XV–XVI вв. в подъемных механизмах стали все чаще применять предварительное уравнивание груза при помощи противовесов. Практическое преимущество этого способа состояло в том, что он позволял осуществлять перемещение значительной тяжести при помощи незначительного усилия (бесконечно малого по сравнению с весом груза). Кроме того, он давал возможность уменьшать размеры подъемного устройства, что было важно в условиях ограниченного пространства городских строительных площадок и корабельных портов.

Логическое значение подъемных машин нового типа состояло в том, что в них – в отличие от античных предшественников – обе силы, и участвующая в движении (противовес), и сопротивляющаяся ему (вес поднимаемого груза) подпадали под общий род, были одной и той же силой тяжести. Однородность сил «на входе» и «на выходе» стала тем фактором, который привел к вытеснению из теорий движения архаичного представления о подобии механических сил животным. Принадлежность к общему роду механических сил создала принципиальную возможность для выражения соотношений между силами в виде отношения величин или, говоря философским языком, для описания движения с точки зрения «абстрактного безразличия развитой меры» (Гегель).



Список литературы
References

1. Галилео Галилей. 1964. Механика. В кн.: Галилео Галилей. Избранные произведения (в 2-х тт.). Т. 2. М., Наука: 5–38.
Galileo Galilei. 1964. Mechanics. In: Galileo Galilei. Izbrannye proizvedeniya. [Selected works (in 2 vols.)]. Vol. 2. Moscow, Nauka: 5–38. (In Russian)
2. Гегель Г.В.Ф. 1970. Иенская реальная философия. В кн.: Гегель Г.В.Ф. Работы разных лет (в 2-х тт.). Т. 1. М., Мысль: 285–387.
Hegel G.W.F. 1970. Jena Real Philosophy. In: Hegel G.W.F. Raboty raznykh let. [Works of Different Years (in 2 vols.)]. Vol. 1. Moscow, Mysl: 285–387. (In Russian)
3. Зайцев Е.А. 2014. Категория количества в физике Аристотеля, средневековой натурфилософии и немецкой классической философии. В кн.: Математика и реальность. Труды Московского семинара по философии математики. М., Изд-во МГУ: 348–375.
Zaytsev E.A. 2014. The category of quantity in the physics of Aristotle, medieval natural philosophy and classical German philosophy. In: Matematika i realnost. Trudy Moskovskogo seminar po filosofii matematiki. [Mathematics and reality. Proceedings of the Moscow seminar on the philosophy of mathematics]. Moscow, Moscow State University: 348–375. (In Russian)
4. Зайцев Е.А. 2015. У истоков теоретической механики: история превращения технического искусства в научную дисциплину (античность, средневековье, начало Нового времени) // Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. Годичная научная конференция 2015. Т.1. М., Ленанд: 132–141.
Zaytsev E.A. 2015. The origins of theoretical mechanics: a history of the transformation of the technical art in a scientific discipline (antiquity, middle ages, the beginning of modern times). In: Institut istorii estestvoznaniya i tekhniki im. S.I. Vavilova RAN. Godichnaya nauchnaya konferentsiya 2015 [S.I. Vavilov Institute for the history of science and technology RAS. Annual scientific conference 2015]. Vol. 1. Moscow, Lenand: 132–141. (In Russian)
5. Зайцев Е.А. 2016а. Искусственное и природное: концепция идеального Ильенкова и история механики. В кн.: Философия Э.В. Ильенкова и современность. Материалы XVIII Международной конференции «Ильенковские чтения» (Белгород, 28–29 апреля 2016 г.). Белгород, Изд-во БелГУ: 42–46.
Zaytsev E.A. 2016a. Artificial and natural: the concept of the ideality by Ilyenkov and history of mechanics. In: Filosofiya E.V. Ilyenkova i sovremennost. Materialy XVIII Mezhdunarodnoy konferentsiy «Ilyenkovskie chteniya». [The philosophy of E.V. Ilyenkov and modernity. Materials of the 18 th International conference “Ilyenkov’s Readings” (Belgorod, April 28–29, 2016)]. Belgorod, Belgorod State University: 42–46. (In Russian)
6. Зайцев Е.А. 2016b. Идеальное движение. Научный результат. Социальные и гуманитарные исследования. Т.2 № 2(8): 34–42.
Zaytsev E.A. 2016b. The ideal movement. Nauchnyy rezultat. Sotsialnye i gumanitarnye issledovaniya. [The scientific result. Social and Humanities research]. 2 № 2(8): 34–42. (In Russian)
7. Зубов В.П. 2008. Леонардо да Винчи, 1452–1519. М., Наука, 350.
Zubov V.P. 2008. Leonardo da Vinci, 1452–1519. Moscow, Nauka, 350. (In Russian)
8. Ильенков Э.В. 1991. Материалистическое понимание мышления как предмета логики. В кн.: Э.В. Ильенков. Философия и культура. М., Политиздат: 212–228.
Ilyenkov E.V. 1991. The materialistic understanding of thinking as a matter of logic. In: E.V. Ilyenkov. Filosofija i kultura. [Philosophy and culture]. Moscow, Politizdat: 212- 228. (In Russian)
9. Маркс К. 1988. Капитал. Критика политической экономики Т.1. Кн. 1. Процесс производства капитала. М., Политиздат, XVIII, 891.
Marx K. 1988. Kapital. Kritika politicheskoy ekonomiki. T.1. Kn. 1. Protsess proizvodstva kapitala. [Capital. Critique of political economy. vol. 1. Bk. 1. The process of production of capital]. Moscow, Politizdat, XVIII, 891. (In Russian)
10. Aristotle 1927. Problemata. The Works of Aristotle, Vol. VII. Oxford, Clarendon Press, 402.
11. Bradwardine Th. 1955. Tractatus de Proportionibus. Madison, University of Wisconsin Press, XI, 203.
12. Duhem P. 1913. Le système du monde. T. I. Paris, Hermann, 512.
13. Hegel G.F.W. 1986. Jenaer Systementwürfe I. Das System der spekulativen Philosophie. Hamburg, Meiner Verlag, 286.
14. Hoskin M.A., Molland A.G. Swineshead on Falling Bodies: An Example of Fourteenth-Century Physics. British Journal for the History of Science, 3: 150–182.