

УДК 165.9

DOI: 10.18413/2408-932X-2016-2-2-34-42

Зайцев Е. А.

ИДЕАЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Зайцев Евгений Алексеевич, кандидат физико-математических наук, доцент.
Институт истории естествознания и техники Российской Академии наук им. С.И. Вавилова,
Старопанский переулок, д. 1/5, г. Москва, 109012, Россия. E-mail: e_zaitsev@mail.ru

Аннотация

В статье сделана попытка прояснить основное положение концепции идеального Э.В. Ильенкова, согласно которому идеальное является формой деятельности человека по преобразованию природы. В основу изложения положено восходящее к самому Ильенкову представление о том, что идеальное по-настоящему «живет» только в деятельности, «умирая» в готовом продукте этой деятельности (если этот продукт не вовлечен в новую деятельность). В статье эта мысль конкретизирована на примере создаваемого человеком механического движения. С этой целью в механическом движении выделены два основных аспекта, которые не проявляют себя в природном движении. Это – регулярная (прямолинейная или круговая) форма траектории и возможность достижения постоянства скорости (равномерности) движения. В статье показано, что данные идеальные аспекты не принадлежат изначально механическому движению, но лишь постепенно выявляются (создаются искусственно) в ходе исторического развития техники. В качестве основного примера рассмотрен генезис токарного станка. Кроме того, проанализирован тезис Аристотеля, согласно которому техника подражает природе; рассмотрена его судьба в Средние века и раннее Новое время. Показано, что техника вступает в противоречие с тезисом Аристотеля, начиная с XV–XVI вв., вследствие реализации в механических устройствах этого периода идеального движения.

Ключевые слова: идеальное; история механики; идеальное движение; техника; природа; аристотелизм.

Zaytsev E.A.

AN IDEAL MOTION

Zaytsev Evgeny Alekseevich, PhD in Physics and Mathematical Sciences, Associate Professor.
S. I. Vavilov Institute of History of Science and Technology, the Russian Academy of Sciences,
1/5 Staropansky Lane, Moscow, 109012, Russia. E-mail: e_zaitsev@mail.ru

Abstract

In this paper, an attempt is made to explicate the main point of E. Ilyenkov's concept of ideality, according to which ideality is a form of human activities aiming at transforming nature. The argumentation is based upon Ilyenkov's own idea that ideality is really "alive" in activities only, dying, as it were, in the finished products (if they are not involved in new activities). In the paper, this idea is specified by using an example of artificial (mechanical) motion. In mechanical motion two main aspects are singled out which do not manifest themselves in natural motion. These are a regular form of the trajectory and the possibility of the realization of a uniform motion. Such aspects did not belong to mechanical motion from the very outset but were gradually revealing themselves (being artificially created) in the course of technical development. To specify this thesis, the genesis of the lathe is taken into account. Besides that, a famous Aristotelian dictum "ars imitatio naturae" and its historical fate in the Middle Ages and the Early Modern Times is analysed. It is shown that technique in its development from the 15th-16th centuries onwards, started to contradict this dictum which is due to the fact, that exactly at that time both ideal aspects of mechanical motion have finally become manifest.

Keywords: ideality; history of mechanics; ideal motion; technique; nature; Aristotelian philosophy.

Согласно Э.В. Ильенкову, *идеальное* есть категория, относящаяся к материальному миру. Идеальное, однако, не «выводится» из *природы* (греч. *physis*, лат. *natura*), существующей независимо от человека, но «встроено» в деятельность человека по преобразованию природы, т.е. имеет не *природное*, но *техническое* происхождение (греч. *techne*, лат. *ars*; термин «техника» будет использоваться нами в его античном значении – как искусственное вообще, противопоставляемое естественному или природному). Тезис о том, что идеальное «выводится» из деятельности человека, предполагает наличие в этой деятельности таких характеристик, которые свойственны только ей. Иными словами, они должны отграничивать эту деятельность от процессов, протекающих в природе.

Задача нахождения таких характеристик сталкивается со следующими трудностями. Во-первых, они лишь постепенно проявляются по ходу совершенствования технической деятельности. Поэтому приходится держать в поле зрения всю цепочку технического развития. Другая трудность состоит в том, что источники по истории техники обычно не содержат информации об идеальной стороне технического. Создавая артефакты, творцы исторических форм техники почти никогда не оставляли «следов», которые могли бы раскрыть логику их действий. В тех редких случаях, когда рефлексия над собственной деятельностью присутствует, она либо некритически следует за вульгарной версией аристотелизма, согласно которой искусство есть подражание природе (см. ниже), либо просто фантастична. Особенно это относится к технике античности, средневековья и начала Нового времени. Третья трудность состоит в том, что в самой философии нет развернутого ответа на вопрос о сущности технического (сравнимого по масштабу с ответом на вопрос о сущности капитала). Ряд глубоких замечаний, принадлежащих К. Марксу, а еще раньше Гегелю, в которых содержатся указания на связь между техникой и природой и одновременно на наличие противоположности между ними, в силу своей фрагментарности, дают лишь общий абрис проблемного поля¹. Поэтому в современном

¹ К. Акселос писал, что Маркс, намеревавшийся прояснить вопрос о сути технического, такого объяснения не представил [7, р. 55].

марксизме имеет место и точка зрения М.А. Лифшица, диаметрально противоположная ильенковской, согласно которой техническое является «стилизацией процессов природы» [6, с. 123]. Идеальное при этом «выводится» непосредственно из природы, ибо нет смысла «выводить» его из того, что является онтологически вторичным.

Наиболее разработанной по-прежнему остается концепция Аристотеля. В ней Аристотель исходит из того, что сущее есть то, что несет в себе принципы своего «движения», т.е. изменения, направленного на обретение соответствующей формы. Поскольку воспроизведение собственных форм является прерогативой природы, сущее полностью исчерпывается ею. Техника, которая такой способностью не обладает (созданное столяром деревянное ложе не может породить другое ложе), оказывается тем самым за рамками подлинно сущего. Она лишь копирует отдельные аспекты природных процессов.

Аристотелевский тезис «искусство (*techne*) подражает природе» (*Физ.* II 2, 194a21; II 8, 199a17; *Метеор.* IV 3, 281b7) сохранял свое парадигмальное значение на протяжении всей античности. Он оставался общепризнанным и в средние века², несмотря на то что в данный период самостоятельность природы была ограничена догматом Творения, а точнее, положением о так называемом «продолжающемся творении» (*creatio continua*), а границы технического мира, напротив, колоссально расширились за счет широкого использования механических устройств (мельниц различного назначения и т.д.) [14, 15].

Некритическое отношение к аристотелевской точке зрения объясняется тем, что перипатетическая концепция являлась своего рода «образом» (отражением) того раннего этапа в развитии техники, на котором характерные для техники идеальные моменты еще не проявили себя. Это обстоятельство и позволяло Аристотелю использовать при анализе природных процессов понятия, имевшие ярко выраженные технические коннотации, а зачастую и происхождение («форма», «материя», четыре

² Гуго Сен-Викторский (XII в.): «Есть три рода деятельности, а именно действие Бога, действие природы и действие ремесленника, подражающего природе» (*Didasc.* I, 9) [11, col. 747C].

«причины» движения и т.д.). Анализируя природу в терминах техники, Аристотель тем самым навязывал ей техническую структуру. Ситуация начала меняться в XV–XVI вв., когда практическая механика вышла на более высокий уровень развития по сравнению со своей античной и средневековой предшественницей. Именно тогда в ней проявились те ключевые моменты, которые позволяют отграничить искусственное от природного. И хотя до научно-философского осмысления этой метаморфозы дело не дошло, сомнения в адекватности аристотелевской формулы о подражательном характере «искусства» были в этот момент впервые сформулированы (Николай Кузанский, Леонардо да Винчи) [2].

Согласно Ильенкову, выражения «материальный объект» или «вещь», употребляемые с целью прояснения понятия идеального, относятся не только к предметам, но и к движениям (процессам), состояниям, событиям и т.д., иными словами, они могут обозначать и статическую, и динамическую реальность [3, с. 258; 4, с. 235]. Такое расширительное толкование слова «вещь» нужно Ильенкову, чтобы подготовить читателя к восприятию совершенно оригинальной мысли о том, что идеальное на самом деле «живет» не в застывших артефактах, но в самой деятельности, в которую эти артефакты вовлечены. «Самое комическое, – пишет Ильенков, – заключается в том, что любая разновидность фетишизации словесно-символического существования идеального не схватывает самого идеального как такового. Она фиксирует результаты человеческой деятельности, но не самую деятельность. Поэтому она схватывает не само идеальное, а только его отчужденные во внешних предметах или в языке, застывшие продукты. И неудивительно: *идеальное, как форма человеческой деятельности, и существует только в деятельности*, а не в ее результатах, ибо деятельность и есть постоянное, длящееся отрицание наличных, чувственно воспринимаемых форм вещей, их изменение, их снятие в новых формах, протекающее по всеобщим закономерностям, выраженным в идеальных формах. Когда предмет создан, потребность общества в нем удовлетворена, а деятельность угасла в ее продукте, умерло и самое идеальное» [4, с. 223].

Итак, согласно Ильенкову, идеальное обретается не в сфере «застывших» предметов, даже если эти предметы артефакты, но лишь в движениях, в частности, в движении, которое совершается с целью придания некоторой вещи новой формы (вопрос о движениях, связанных с потреблением артефактов, хотя он крайне важен, мы здесь оставим в стороне). Именно эту мысль Ильенкова мы и попытаемся конкретизировать в оставшейся части статьи. С этой целью мы рассмотрим феномен механического движения. Область механики выбрана потому, что в ней наиболее выпукло (и одновременно в элементарной форме) проявились те идеальные аспекты технического движения, которые, как нам представляется, мог иметь в виду Ильенков.

Во всяком механическом перемещении присутствуют два формальных момента. Первый связан с формой пройденного пути, второй – с формой интенсивности или скорости. Форма пути есть та геометрическая фигура, которая описывается телом при его перемещении (траектория движения). Форма скорости есть некоторое присущее движению «качество», определяемое степенью его равномерности. Совокупность этих двух форм средневековая схоластика называла просто «формой» движения.

До начала Нового времени в натурфилософии обсуждались лишь самые элементарные формы движения. В качестве формы пути фигурировали, в основном, прямая линия и окружность, а в качестве формы скорости – равномерное и равноускоренное (равнозамедленное) движение. Для обозначения последних средневековые схоласты создали специальные термины – *униформное* и *униформно-дифформное* движение, подчеркивающие наличие (отсутствие) соответствующего формального момента. Классическая античность этих терминов не знала.

Начнем с указания на то, что эти элементарные характеристики движения не могут быть «выведены» из наблюдения за природным движением. Так, в природе как таковой нет движения по прямой (свободное падение тяжелого тела – случай особый, требующий отдельного обсуждения). В ней также нет движения по окружности. Отрицательно решается и вопрос о наличии в

природном движении указанных форм скорости. Это обстоятельство отметил еще Аристотель, указывавший на то, что во всяком естественном движении присутствует ускорение, которое наступает либо в начале, либо в конце, либо в середине (*О небе* II б, 288a17–21). Это высказывание будет неоднократно повторено средневековой схоластикой, для которой невозможность природного движения с постоянной скоростью станет поводом для отнесения равномерного перемещения к сфере абсолютного Божественного могущества (*potentia Dei absoluta*) или, говоря философским языком, логически возможного (*possibile logicum*) [10, fol. 108].

Античность и средневековье допускали возможность равномерного движения лишь в отношении вращения (последней) небесной сферы. Обосновывалась такая возможность ссылкой на особые свойства небесной материи и волевой характер двигателей (интеллигенций в перипатетизме, ангелов в средневековой схоластике). Что касается прочих небесных сфер, то для описания их движения использовались композиции, состоящие из нескольких круговых движений, осуществлявшихся теми же двигателями (интеллигенциями), не знавшими усталости и не встречавшими сопротивления со стороны движимых тел. Впрочем, соответствующие построения имели в античности и в средние века статус гипотез, «спасающих феномены», т.е. заслуживающих доверия с точки зрения практического использования, но не претендующих на выражение истинного положения дел.

В природе также не существует равноускоренного и равнозамедленного движения. Во всяком случае, без активного вмешательства в ее процессы такого рода движения не могут быть выявлены. Все пространственные рассуждения схоластов о таких движениях, включая способы их сведения к равномерным (так называемая «теорема о средней скорости»), носили абстрактно-логический характер. Они относились к некоторой гипотетической природе, которую мог бы создать Творец, привнеся в нее специальные условия постоянства сил и движений. Не случайно, что гипотеза о равноускоренном падении тел – первая попытка применения этого вида движения к описанию физической

реальности – была сформулирована лишь в середине XVI в. (Доминго де Сото). В этот период на природу уже смотрели через призму технической механики. Когда же встал вопрос о ее обосновании, то с этой целью Галилей создал целый арсенал технических средств, включавших наклонные плоскости, отполированные желоба, цепочки и т.д.

Регулярные параметры движения (путь и скорость) могли проявить себя только в сфере технической механики. Для этого, однако, было необходимо, чтобы сама механика достигла определенного уровня развития. В этой статье мы ограничимся примером, который относится к развитию технологии вытачивания предметов определенной формы, в данном случае шаров. Этот пример выбран по двум причинам. Во-первых, практика вытачивания шаров получила в начале Нового времени широкое распространение – источники изобилуют ссылками на нее [1, с. 664; 5, т. 2, с. 252; 8, fig. VII-X; 11, art. Der Holzdrechsler; 13, art. Tornarius. Der Holzdreher]. Во-вторых, токарный станок, использовавшийся для вытачивания шаров, был той идеальной вещью, которая, оставаясь собой, выражала *всеобщую природу* других механизмов. Более точно: в работе токарного станка проявились законы движения, лежащие в основе ряда других механических устройств.

Изначально процесс вытачивания предметов определенной формы состоял в обработке заготовки, находящейся в руке мастера, при помощи стамески или ножа. Принципиальное различие между техническим и естественным движением, приводящим к одной и той же форме, проявляется уже на этом этапе. Техническое движение состоит в *уменьшении* материи посредством действием *извне*, в то время как естественное – рост плода апельсина и т.д. – в ее *увеличении изнутри*. Однако формальные моменты технического движения здесь еще отсутствуют. И траектория, и интенсивность искусственного движения, осуществляемого режущим инструментом, остаются нерегулярными.

Иначе обстоит дело, когда для изготовления шара используется токарный станок, в конструкции которого сочетаются два вида движения – обрабатываемой заготовки по окружности и резца по прямой. Ключевой момент состоит в том, что человек при этом

заставляет заготовку двигаться по окружности, т.е. неестественным образом. Вот здесь-то и возникает возможность создания идеального движения, т.е. движения по регулярной траектории и с постоянной скоростью. Реализуется она не сразу, но постепенно, в несколько этапов.

В своем историческом развитии токарный станок прошел три основные стадии, каждая из которых приносила в его функционирование новый формальный элемент, способствовавший повышению степени идеальности движений. Сначала использовался станок лучкового типа, в котором вращение вала и шпинделя, на котором крепится заготовка, происходило попеременно в одну и в другую сторону. Рабочий ход при этом сменялся холостым ходом, который вызывался

выпрямлением «лука», натягивавшимся во время рабочего хода. Последнее обстоятельство имело свои «человеческие» преимущества – во время холостого обратного хода токарь успевал передохнуть. Лучковые станки, происхождение которых относят ко временам античности (если не древности), получили широкое распространение в средние века и раннее Новое время (рис. 1, 2). «Логическое» значение связанного с ними этапа в развитии практической механики состоит в том, что в станках лучкового типа была реализована круговая форма движения. Однако проблема регулировки скорости в таких станках в принципе не могла быть решена: вращение вала в разных направлениях неизбежно приводило к неравномерности движения.



Рис. 1. На миниатюре из «Морализующей Библии» (Bible moralisée, 1220-1230 гг.) изображен токарный станок лучкового типа. Сцена служит иллюстрацией к строкам «руце его обточены златы» (Песнь песней 5.14). Поводом для изображения станка стало использование в латинском тексте технического термина *tornatiles*, означающего «выточенные на токарном станке» (от глагола *tornare* – вращать).

Fig. 1. The miniature from The Moralized Bible (Bible moralisée, 1220-1230) shows a lathe of arched type. The scene illustrates the rows "his hands – gold rings" (Song of Songs 5.14). The reason for the machine image was the use of the Latin text of the technical term "tornatiles", meaning "carved on a lathe" (from the verb *tornare* – rotated).



Рис. 2. На гравюре Йоста Аммана из «Книги сословий и ремесленников» (1586) изображен токарь, вытачивающий шар на станке лучкового типа. В тексте: «Я вытачиваю из букового дерева ... для крестьян шары и кегли» [12, art. Der Holzdrechsler].

Fig. 2. The Jost Amman' engraving from "Book of classes and artisans" (1586) depicts a turner, sharpening the ball on the arched type machine. In the text: "I turned from beech wood ... bowling balls and bowls for farmers" [12, art. Der Holzdrechsler].

Следующий этап в развитии токарного станка относится к XVI в. В станках, созданных в этот период, происходит преодоление основных недостатков станков лучкового типа –

разностороннего вращения и холостого хода. Происходит это путем реализации одностороннего вращения. «Логическое» значение этого обстоятельства состоит в том, что

теперь становится возможной регулировка скорости, в частности, превращения неравномерного движения в равномерное. Первое изображение станка с односторонним вращением мы находим на рисунке из записной книжки Леонардо да Винчи. Одностороннее вращение

осуществляется посредством кривошипно-шатунного механизма, преобразующего поступательное движение ноги и, соответственно, педали, во вращательное движение рабочего вала, а регулировка скорости достигается использованием махового колеса (рис. 3).

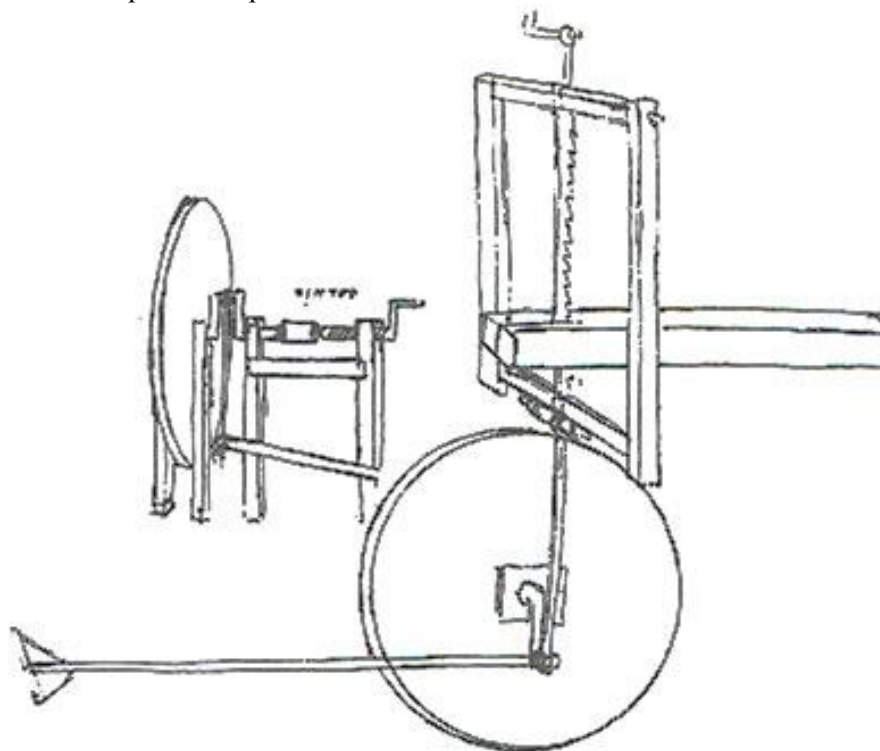


Рис. 3. На рисунке из «Атлантического кодекса» Леонардо да Винчи (ок. 1500) изображены токарный станок и механическая пила, снабженные кривошипно-шатунным механизмом и маховым колесом. В станке кривошип используется для преобразования поступательного движения во вращательное, а в пиле, наоборот, – для преобразования вращательного движения в поступательное.

Fig. 3. The figure from the "Atlantic Code" by Leonardo da Vinci (about 1500) shows a lathe and a mechanical saw fitted with a crank mechanism and a flywheel. The machine uses a crank to convert rotational motion into translational and vice versa in a saw – to convert rotary motion into linear.

В XVI в. применение кривошипно-шатунных механизмов и маховых колес, сменивших более примитивные маховые грузы, не ограничивалось токарным станком, но распространялось и на другие технические устройства (рис. 4, 5). Оба эти элемента сохраняют свое «идеальное» значение и в современной механике. Так, маховое колесо, обеспечивающее движение вала по инерции, и сейчас выполняет функцию регулировки скорости вращательного движения. Роль кривошипно-шатунного механизма, преобразующего поступательное движение во вращательное, еще более очевидна. Особенно большое значение имеет совместное

применение этих двух элементов. Дело в том, что технические средства для обеспечения *равномерности* поступательного движения весьма ограничены, поэтому его регулировка обычно достигается посредством преобразования во вращательное, которое регулируется затем при помощи махового колеса. *Обратное* преобразование приводит к равномерному поступательному движению (простейший пример – движение повозки или автомобиля). Кривошипно-шатунный механизм и маховое колесо являются идеальными элементами почти всех машин, в которых происходит преобразование движений и обеспечение постоянства скорости.

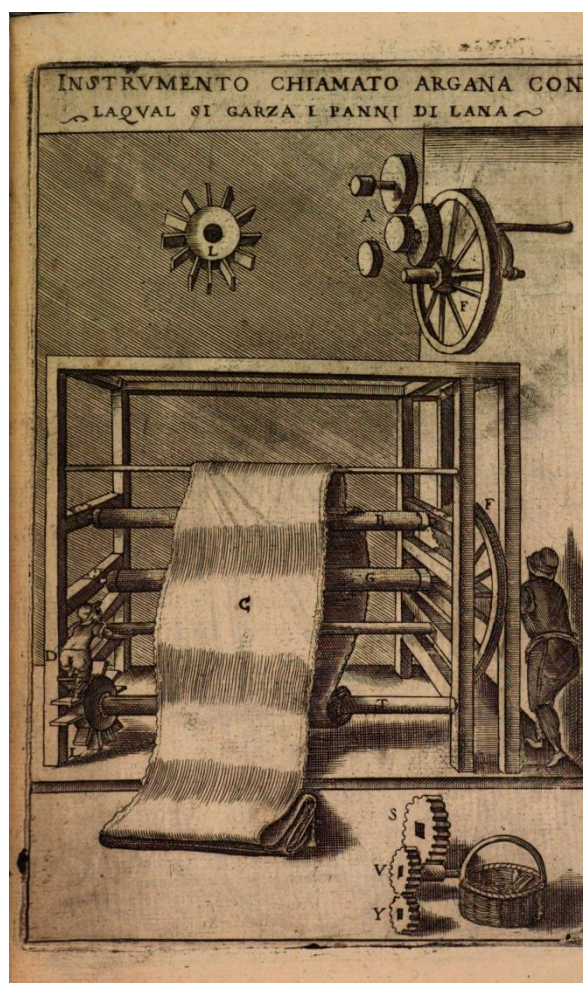


Рис. 4. Машина для чесания шерстяных сукон, снабженная маховиком (F). Значение маховика подчеркнуто его отдельным изображением в правом верхнем углу. Из книги Витторио Дзонки «Новый театр машин» (1607) [16, р. 96].
Fig. 4. The machine for carding wool felts provided with a flywheel (F). The value of the flywheel is emphasized with its separate image in the upper right corner. From the book by Vittorio Dzonki "New machines Theatre" (1607) [16, p. 96].

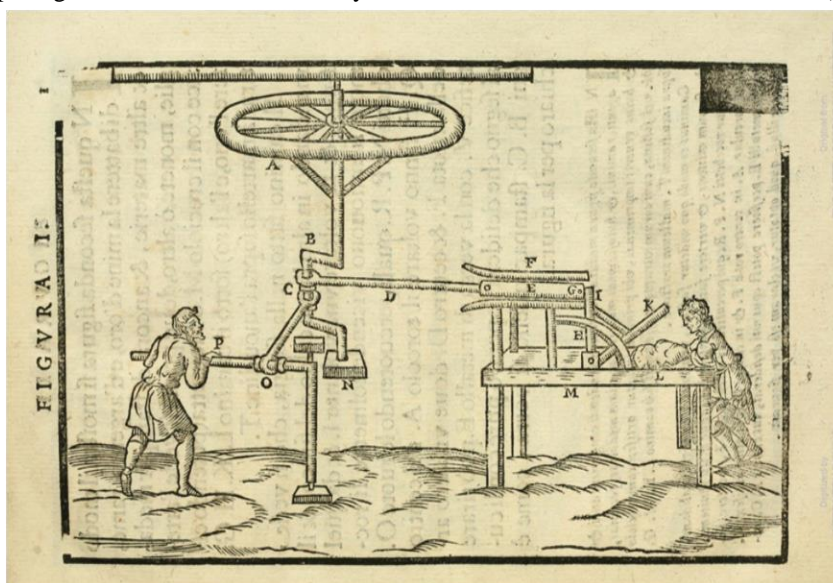


Рис. 5. Тестомесильная машина, снабженная кривошипно-шатунным механизмом (BCD) и маховиком (A). Из книги Джованни Бранки «Машины» (1629) [9, fig. 1].
Fig. 5. A dough mixing machine equipped with a crank mechanism (BCD) and a flywheel (A). From the book by Giovanni Branca "Machines" (1629) [9, fig. 1].

Третий этап в развитии токарного станка связан с введением суппорта, на котором крепится резец. Это позволяет сделать движение резца более плавным, а в пределе абсолютно равномерным или подчиняющимся заданному закону (в станках с ЧПУ¹). В современном токарном станке суппорт может быть закреплен на поворотном круге, который вращается в плоскости, перпендикулярной плоскости вращения заготовки. На таком станке можно выточить «идеально» круглый шар, чего в принципе нельзя было достигнуть при использовании его исторических предшественников. Можно сказать, что станок с суппортом на поворотном круге завершает историю практического освоения одного из древнейших «идеальных» объектов. Шар, известный со времен греческой математики исключительно в своей абстрактной ипостаси, превратился, наконец, в материальный объект. Благодаря использованию технического движения «идеальная» форма обрела свой материальный носитель.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда. Тема грантовой заявки: «От средневековой науки о движении к механике Галилея: социокультурные предпосылки развития». Проект № 15-03-00218а.

Литература

1. Вазари, Дж. Жизнеописания наиболее знаменитых живописцев, ваятелей и зодчих. М.: Альфа-книга, 2008. 1280 с.
2. Зайцев, Е.А. 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. Годичная научная конференция (2015). Т. 1: Общие проблемы развития науки и техники. М.: ЛЕНАНД, 2015. С. 132–141.
3. Ильенков, Э.В. Об эстетической природе фантазии // Вопросы эстетики. Вып. 6. М.: Искусство, 1964. С. 224–277.
4. Ильенков, Э.В. Философия и культура. М.: Политиздат, 1991. 464 с.
5. Николай Кузанский. Сочинения в 2-х тт. М.: Наука, 1979.
6. Лифшиц, М.А. Об идеальном и реальном // Вопросы философии. 1984. № 10. С. 120-145.
7. Axelos, K. *Alienation, Praxis, and Techne in the Thought of Karl Marx*. Austin&London: University of Texas Press, 1977. 464 p.

8. Besson, Jacques. *Theatrum instrumentorum et machinarum*. Lugduni, 1582. 127 p.
9. Branca, Giovanni. *Le Machine*. Roma, 1629.
10. Buridanus, Johannes. *Subtilissime questiones super octo libros physicorum Aristotelis*. Paris, 1509.
11. Hugo de St. Victore. *Didascalicon / Patrologia latina*. T. 176. Paris, 1854. Coll. 770-812.
12. Sachs, Hans, Amman, Jost. *Eygentliche Beschreibung aller Stände Frankfurt am Main*, 1568.
13. Schopper, Hartmann. *Panoplia omnium illiberalium mechanicarum ... artium*. Frankfurt am Main, 1568.
14. White, L. *Medieval Technology and Social Change*. Oxford: Clarendon Press, 1962. 224 p.
15. White, L. *Medieval Religion and Technology*. Berkeley: University of California Press, 1978. xxiv,360 p.
16. Zonca, Vittorio. *Novo Teatro di Machine*. Padova, 1607.

References

1. Vasari, J. *Lives of the Most Excellent Painters, Sculptors, and Architects*. Moscow: Alfa-kniga, 2008. 1280 p.
2. Zaytsev, E. A. At the Root of Theoretical Mechanics: the History of Art in the Technological Transformation of Scientific Discipline (Antiquity, Middle Ages, Early Modern Times). *S. I. Vavilov Institute of History of Science and Technology. The Annual Scientific Conference (2015)*. Vol. 1. Moscow: LENAND, 2015. Pp. 132-141.
3. Ilyenkov, E. V. The Aesthetic Nature of Fantasy. *Aesthetics Questions*. Iss. 6. M.: Iskusstvo, 1964. Pp. 224-277.
4. Ilyenkov, E. V. *Philosophy and Culture*. Moscow: Politizdat, 1991. 464 p.
5. Nicholas of Cusa. *Works in 2 vols*. Moscow: Nauka, 1979.
6. Lifshitz, M. A. On Ideal and the Real. *Voprosy filosofii*. No. 10 (1984). Pp. 120-145.
7. Axelos, K. *Alienation, Praxis, and Techne in the Thought of Karl Marx*. Austin&London: University of Texas Press, 1977. 464 p.
8. Besson, Jacques. *Theatrum instrumentorum et machinarum*. Lugduni, 1582. 127 p.
9. Branca, Giovanni. *Le Machine*. Roma, 1629.
10. Buridanus, Johannes. *Subtilissime questiones super octo libros physicorum Aristotelis*. Paris, 1509.
11. Hugo de St. Victore. *Didascalicon. Patrologia latina*. Vol. 176. Paris, 1854. Coll. 770-812.
12. Sachs, Hans, Amman, Jost. *Eygentliche Beschreibung aller Stände Frankfurt am Main*, 1568.
13. Schopper, Hartmann. *Panoplia omnium illiberalium mechanicarum ... artium*. Frankfurt am Main, 1568.
14. White, L. *Medieval Technology and Social Change*. Oxford: Clarendon Press, 1962. 224 p.
15. White, L. *Medieval Religion and Technology*. Berkeley: University of California Press, 1978. xxiv, 360 p.
16. Zonca, Vittorio. *Novo Teatro di Machine*. Padova, 1607.

¹ Числовое программное управление – компьютеризованная система управления.