

Влияние начертательной геометрии на развитие машиностроения

Г.А. Иващенко^{1 a}, В.И. Якунин^{2 b}, Л.Б. Григорьевский^{1 c}

¹Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

²Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Волоколамское шоссе 4, Москва, Россия

^aivashenko.home@mail.ru, ^bf9_dec@mai.ru, ^cgrigorevskii@mail.ru

Статья поступила 12.04.2017, принята 20.05.2017

В статье проведен исторический обзор развития графической документации, а также истории становления и развития начертательной геометрии как науки. Изучение этого процесса является неотъемлемой составляющей общей истории мировой науки и техники. Показано непрерывное влияние начертательной геометрии на рост промышленности и строительства. Проведено сопоставление этапов развития графической документации и этапов зарождения и развития машиностроения. Гаспар Монж назвал начертательной геометрией открытую им науку, изучающую теорию построения чертежа. С введением метода Монжа все построения производятся на ортогональных проекциях. С появлением нового метода построения графических документов появляется достаточно простой способ изложения проектных изобретений и инженерных идей для их быстрого применения в машинном производстве, что ознаменовало начало промышленной революции. Показана роль начертательной геометрии в развитии проекционного чертежа как основы промышленного производства и ее влияние на технический прогресс. Обоснована важность изучения графических способов формирования конструкторской документации как важнейшей составляющей современного машиностроения.

Ключевые слова: графические способы изображения; геометрия; начертательная геометрия; история развития начертательной геометрии; автомобилестроение; машиностроение; проекционный чертеж; технический прогресс; конструкторские документы.

Influence of descriptive geometry on the development of machine building

G.A. Ivashchenko^{1 a}, V.I. Yakunin^{2 b}, L.B. Grigorevsky^{1 c}

¹Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

²Moscow Aviation Institute (National Research University) 4, Volokolamskoe Shosse, Moscow, Russia

^aivashenko.home@mail.ru, ^bf9_dec@mai.ru, ^cgrigorevskii@mail.ru

Received 12.04.2017, accepted 20.05.2017

The article contains a historical review of the development of graphic documentation, as well as the history of the formation and development of descriptive geometry as a science. The study of this process is an integral part of the general history of world science and technology. The continuous influence of descriptive geometry on the growth of industry and construction is shown. The stages of the development of graphic documentation and the stages of the origin and development of machine building are compared. The science, discovered by Gaspard Monge, was called a descriptive geometry. It was the science studying the theory of drawing construction. With the introduction of the Monge method, all constructions are performed on orthogonal projections. With the introduction of a new method for graphic documents constructing, a rather simple way of presenting design inventions and engineering ideas for their rapid application in machine production appeared, which marked the beginning of the industrial revolution. The role of descriptive geometry in the development of the projection drawing as the basis of industrial production is shown. Its impact on technological progress is discussed. The importance of studying graphical methods for the formation of design documentation as an important component of modern machine building is established.

Key words: graphic image methods; geometry; descriptive geometry; history of development of descriptive geometry; motor industry; machine building; projection drawing; technical progress; design documentation.

Происхождение начертательной геометрии уходит в глубокую древность и связано с практической деятельностью человека. Возведение культовых зданий и сооружений, освоение земель и появление картографии, написание живописных полотен — все это способствовало созданию простейших геометрических приемов, давших толчок их дальнейшему развитию и совершенствованию [1].

Изучение процесса становления и развития начертательной геометрии является неотъемлемой составляющей общей истории мировой науки и техники и неразрывно связано с развитием промышленности и строительства. В Китае, Индии, Египте, Вавилонии (территория современного Ирака), Греции и других древних странах сохранились остатки дворцов, крепостей, храмов. Найденные памятники подтверждают, что при

возведении сооружений уже тогда пользовались прообразами чертежей. Изображения планов зданий найдены также на стенах египетских пирамид.

Место и эпоха возникновения геометрии не имеют точного определения. Греки признают родиной геометрии Египет, однако следует заметить, что вавилоняне и китайцы владели не меньшими сведениями в области пространственных взаимоотношений геометрических форм. У китайцев даже сохранился трактат «Чупей», который они считают источником математических познаний. Первая часть трактата относится к XII–XI столетию до н. э. Сохранившиеся постройки и отдельные документы халдеев, живших в Персии с конца X по IV в. до н. э., свидетельствуют об умении производить достаточно точные измерения и графические построения. Относительно точные сведения о древней египетской геометрии изложены в труде Ахмеса (1985–1795 гг. до н. э.), учебнике по арифметике и геометрии.

Демокрит (около 460–370 гг. до н. э.) первым установил, что объем пирамиды и конуса равен соответственно одной трети объема призмы и цилиндра под той же высотой и с той же площадью основания [2]. Греки считают первым геометром Греции первого из семи мудрецов древности, Фалеса Милетского (VII–VI в. до н. э.). Фалес получил образование в Египте и был первым историческим персонажем, неразрывно связанным с геометрией [3].

Пифагор Самосский (570–490 гг. до н. э.) — ученик Фалеса, древнегреческий философ, математик и мистик, создатель религиозно-философской школы пифагорейцев [4]. Преимущественно Пифагору и его ученикам принадлежат первые открытия в геометрии. Преемник Пифагора Платон, живший примерно в 427–347 гг. до н. э., возглавил новую школу, ввел в геометрию аналитический метод, конические сечения и учение о геометрических местах. Эти замечательные открытия ученики Платона выдвинули в новую, более высокую науку по сравнению с существовавшей до сих пор элементарной геометрией, назвав ее трансцендентной геометрией [5].

Систематизировал основы геометрии и восполнил ее пробелы великий александрийский ученый Евклид (III в. до н. э.), первый математик Александрийской школы. Его главная работа «Начала» содержит изложение планиметрии, стереометрии и некоторые элементы теории чисел. Он подвел итог знаний в области математики и геометрии, накопленных человечеством к этому времени [6]. «Начала» Евклида — первый серьезный учебник, по нему в течение двух тысячелетий потомки учились геометрии.

Ктесибий (285–222 г. до н. э.), древнегреческий изобретатель, математик, механик, изобрел гидравлический орган (гидровлос), поршневой насос, водяные часы, камнеметатель и самострел, а также счетчик оборотов (прообраз современного спидометра) и компрессор. Схемы его изобретений послужили важными элементами развивающейся геометрии и прообразами чертежей.

Герон Александрийский, древнегреческий математик и механик (I в. до н. э.), первым изобрел автоматические двери, автомат для продаж, самозаряжающийся автомат, реактивную турбину. Он также вывел множе-

ство формул в геометрии, например, площади правильных многоугольников, объемы правильных геометрических тел и др.

Марк Витрувий — архитектор, инженер, теоретик искусства и архитектуры, жил в Риме во второй половине I века до н.э. Ученым написан трактат «Десять книг об архитектуре», в котором обобщается опыт греческого и римского зодчества. В 10-й книге он описывает возможности построения механизмов для облегчения строительства. Он также описал устройство грузоподъемных и метательных машин, водяных насосов и мельниц [7]. Витрувий оставил множество чертежей, среди которых аксонометрические проекции, чертежи планов и фасадов.

«Золотым веком» греческой геометрии называют эпоху, когда жили и творили Архимед, Эратосфен и Аполлоний Пергский. До наших дней сохранились гениальные сочинения древнегреческого математика, физика и механика Архимеда (287–212 гг. до н. э.). В них определены площадь сегмента параболы, объем шара, свойства спирали Архимеда, объемы сегментов параболоидов, гиперболоидов и эллипсоидов вращения и т. п. Это главные дополнения к «Началам» Евклида. Архимед первым объяснил принцип работы простых машин, основанный на правилах действия рычага, изобрел винт, являющийся основой винтового насоса для подъема воды. Существует распространенное мнение, что изобретение зубчатого колеса также принадлежит ему.

Эратосфен (276–194 гг. до н. э.), греческий математик, астроном, географ, филолог и поэт. В конце III в. до н. э. он первым рассчитал величину земного меридиана и экватора с достаточно большой точностью. Аполлоний Пергский (262–190 гг. до н. э.) обессмертил свое имя трактатами о конических сечениях. Книга оказала огромное влияние на творчество последующих математиков, включая Ферма, Декарта, Ньютона, Лагранжа и многих других [9].

Главный труд Паппа Александрийского (математик и механик эпохи позднего эллинизма, живший и работавший в Александрии в конце III или в начале IV в.) — трактат «Математические собрания» в восьми книгах, который дошел до нас не полностью. В книге изложены собственные исследования автора, касающиеся механики. Здесь же Папп Александрийский рассматривает метрические задачи, имеющие значение при расчете сечений колонн и размеров зубьев в зубчатых зацеплениях. Описал он и устройство грузоподъемных машин. Это сочинение представляет собой учебное руководство для изучающих греческую геометрию — с комментариями, историческими справками, с улучшением и видоизменением известных теорем и доказательств, а также с некоторыми результатами собственных исследований автора [10]. Многие научные выводы античных авторов известны только в той форме, в которой они сохранились у Паппа. Перевод его трактата на латинский язык был издан лишь в 1588 г.

Как известно, упадок античной культуры в эпоху Средневековья привел к глубокому кризису научной мысли, затянувшемуся на столетия, вплоть до эпохи Возрождения. Различные направления геометрии продолжали развиваться, но не было обмена научными

идеями между учеными, а, следовательно, ускорения развития. В это время появляются ремесла, связанные с обработкой металла. Развитие же графических документов происходит лишь в эпоху Ренессанса, в пору бурного развития строительства и искусства. Возведение зданий и сооружений потребовало обращения к разработанным в античном мире элементам графических изображений. Так были построены мануфактуры по производству сверлильных, точильных, шлифовальных станков для ремесленников.

В эпоху Возрождения наибольшую популярность приобрели работы Поджо Браччолини (1380–1459 гг.), десять книг об итальянской архитектуре. Первый перевод трактата на русский язык был осуществлен В. Баженовым и Ф. Каржавиным в 1792–1797 гг. Основоположником перспективы как науки считают итальянского теоретика искусства, архитектора и художника эпохи Возрождения, крупного специалиста в области военных сооружений, архитектора и математика Филиппо Брунеллески (1377–1446 гг.), который одним из первых применил перспективу в своих работах. Купол собора Санта Мария дель Фьоре во Флоренции является одним из его величайших творений [11]. Следует отметить, что перспектива — это прикладная часть начертательной геометрии. Как правило, законы построения перспективы открывали архитекторы и художники, заложившие прочный фундамент этой науки. Сама начертательная геометрия как наука возникнет позже.

Леон Баттиста Альберти (1404–1472 гг.), одаренный математик, физик, замечательный зодчий, скульптор, философ, поэт и музыкант, в трактатах «О живописи» и «О зодчестве» изложил теоретические положения перспективы на математической основе, а в труде «Десять книг о зодчестве» разработал на научной основе теорию рисунка и перспективы и теорию пропорций по принципу греческой антропометрии. Им был предложен практический способ сетки для построения перспективных изображений [12]. Итальянский живописец Пьеро Делла Франческа (Пьеро Дель Борго) (1420–1492 гг.) внес большой вклад в теорию перспективы. В трактатах «О правильных телах» и «О живописной перспективе» он изложил определение перспективы как проекции предмета, полученной в результате пересечения «конуса видимости с картинной плоскостью» [13].

Всемирно известный Леонардо да Винчи (1452–1519 гг.) обогатил теорию линейной перспективы законами построения на внутренней поверхности цилиндра и этим положил начало панорамной перспективе. В «Трактат о живописи» он включил заметки о различных правилах построения перспективных изображений, как то: масштаб глубины, наилучший угол зрения, воздушная перспектива, построение купольной перспективы, монокулярное и бинокулярное зрение, горизонт картины [14]. Достаточно назвать лишь некоторую часть его гениальных изобретений: летательная машина, вертолет, автомобиль, арбалет, скорострельное оружие, военный барабан. Также ему принадлежат первые чертежи автомобиля, в конструкции которого применен пружинный привод (рис. 1). По чертежам были изготовлены и сами «повозки», участвовавшие в парадах.

Немецкий живописец и график Альбрехт Дюрер (1471–1528 гг.), один из величайших мастеров западно-

европейского Ренессанса, первый теоретик искусства среди североевропейских художников, написал книгу «Наставление», в которой дал подробное описание рисованию и методу построения плоских и пространственных кривых. Способ, предложенный Альбрехтом Дюрером, основан на использовании ортогональных проекций, но все же не устанавливает научного единства между этими проекционными методами [15]. Прогресс научных знаний в области перспективы, завоеванных человечеством в эпоху Возрождения, касался основ теории проекционных методов.

Развитие и совершенствование законов графического оформления интеллектуальной деятельности оказало влияние на способы оформления изобретений и усовершенствований, что, в свою очередь, привело к постепенной трансформации мануфактурного производства в машинное.

Французский математик, архитектор и военный строитель Жерар Декарт (1591–1661 гг.) в 1636 г. впервые применил метод координат Декарта и получил новый способ построения наглядных графических изображений — аксонометрических. В 1640 г. Декарт изложил основы архитектурного черчения и теорию резки камней, обогатил способ центрального проецирования. Блез Паскаль (1623–1662 гг.) в свои 16 лет описал конические сечения, за что получил в столь ранние годы звание академика. Пьер Ферма (1601–1665 гг.) работал над методом координат. В 1637 г. Рене Декарт (1596–1650 гг.) в трактате «Геометрия» предложил метод прямоугольных координат и основал аналитическую геометрию. Исаак Ньютон (1642–1747 гг.), исследуя взаимное положение геометрических объектов, использовал способ секущих плоскостей. Немецкий геометр Ламберт (1728–1777 гг.), используя законы перспективы, решил задачу по реконструкции объекта по наглядному изображению. С именем Ламберта связано зарождение проективной геометрии. До конца XVIII столетия продолжается применение отдельных методов и способов изображений, разрабатываются проекции с числовыми отметками, совершенствуется способ наглядного аксонометрического изображения. Но все приемы и способы изображений носят разрозненный характер.

Такие обширные знания в области построения графических изображений, накопленные человечеством, получены в наследство поколением Гаспара Монжа. На этой основе Гаспар Монж вводит две плоскости проекций, расположенные перпендикулярно друг другу. Для перехода к плоскому чертежу он предлагает повернуть горизонтальную плоскость проекций вокруг линии пересечения плоскостей до их совмещения. Так он получает комплексный чертеж (в благодарность ученому названный эпюром Монжа). До тех пор все построения производились в пространственных моделях и зачастую были просто неосуществимы, но с введением метода Монжа построения производятся на ортогональных проекциях. Проекционная связь достигается линией пересечения этих плоскостей проекций, что было впервые выявлено и применено. До Монжа ученые и практики не видели линии пересечения плоскостей проекций, и, соответственно, ось проекций им была неизвестна. В 1787 г. Гаспар Монж обосновал научный

подход в построении на ортогональных проекциях различных геометрических объектов и назвал открытую им науку, изучающую теорию построения чертежа, начертательная геометрия. Первые лекции были прочтены им в 1794 г.

Гаспар Монж предложил провести реформу народного образования, полагая, что внедрение точных наук, знание машин, изучение чертежей будут способствовать развитию промышленности во Франции и ликвидируют зависимость от иностранной индустрии. Главной целью начертательной геометрии он видел создание языка техники, необходимого для творческих проектов, которые легко реализовать на практике, а также возможность изображать трехмерную форму на плоском листе чертежа [16]. При решении задач прикладного характера, проектировании в машиностроении разработанная Монжем теория проекций позволяла обходиться без изготовления моделей.

С появлением нового метода построения графических документов появляется достаточно простой способ изложения проектных изобретений и инженерных идей для их быстрого применения в машинном производстве. Настало время промышленной революции. Начинают выпускаться первые машины и механизмы, способные переносить человека по земле, воздуху, воде. В 1769 г. французский инженер Николя Кюньо создал трехколесный наземный паровой экипаж (рис. 2).

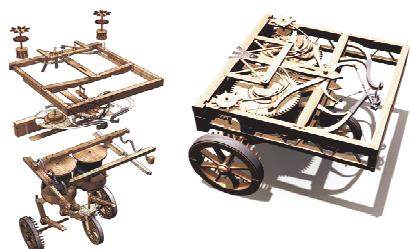


Рис. 1 «Автомобиль» Леонардо Да Винчи

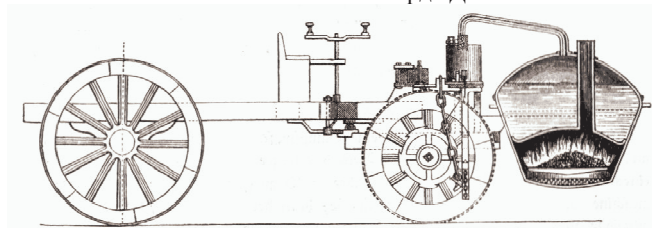


Рис. 2 Паровой экипаж Николя Кюньо

В конце XVIII в. в Англии, Франции, Германии начинает утверждаться капитализм, развивается крупная машинная промышленность. Постройка железных дорог, паровозов, пароходов требовала разработки соответствующих механизмов. Уатт в 1784 г. предложил использовать энергию пара. В 1876 г. в Германии Н. Отто впервые применил четырехтактный двигатель внутреннего сгорания в автомобиле. Автомобиль с бензиновым двигателем был разработан в 1887 г. немецким механиком Г. Даймлером (рис. 3). Чуть позже, в 1895 г. английский изобретатель Ланчестер добавил колеса со спицами и пневматические шины. Началась эра развития средств передвижения. Повсеместное распространение знаний построения конструкторского чертежа позволило открывать заводы по массовому изготовле-

нию средств передвижения. Так, в 1903 г. начал работу завод, построенный Г. Фордом для выпуска первых серийных автомобилей (рис. 4).

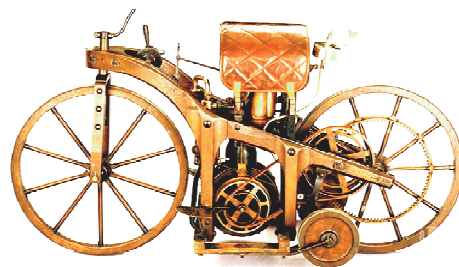


Рис. 3 Автомобиль Г. Даймлера



Рис. 4 Первый серийный автомобиль Форда



Рис. 5 Автомобиль И.П. Кулибина

Развитие графической культуры в России имеет свой собственный путь развития. Дошедшие до нас в сохранности памятники материальной культуры свидетельствуют о большом самобытном мастерстве и способностях зодчих к выполнению чертежей, по которым возводились различные здания и сооружения. Примерами тому являются план надвратной церкви Киево-Печерской лавры (1108 г.), Успенский собор во Владимире (1158–1160 гг.), а также картины Рублева, монументальная живопись, фрески Новгородской школы XIV–XV столетий, миниатюры в рукописных книгах и т. п. Все эти памятники содержат композиции архитектурного характера, законы построения которых похожи на перспективные и аксонометрические. Конечно, проекционной точности они не имели.

На дошедших до наших времен чертежах можно увидеть планы, сочетающиеся с их перспективными изображениями. Например, Богородице-Рождественский собор в Суздале (1222 г.), церковь Василия на Горке в Пскове (1413 г., план и разрез), изображение города Пскова (1597 г.), «план Новгорода», «чертеж Московского Кремля» (1600 г.), а также «Годунов план Москвы» (1616 г.), «план города Киева» (1638 г.), планы городов Сибири, составленные Семеном Ремезовым по указу Петра I, и др. В 1741 г. Ф. Санниковым выполнен чертеж «молотовой фабрики», Ф. Борзовым в 1793 г. — чертеж «подъемные ворота». Иногда для наглядности

рядом с планом здания или сооружения помещали его фасад вместо наглядного изображения. При этом фасад совмещали с горизонтальной плоскостью, вращая его вокруг нижней линии фасада. Таким образом, в России при построении чертежей были использованы способы, близкие к современным проекционным способам, на две взаимно перпендикулярные плоскости.

При Петре I велось большое промышленное строительство на Урале, возводились военные и гражданские сооружения, строились морские и речные суда. Чертежи, по которым велось строительство, были достаточно сложными, что требовало подготовки и специальных знаний, необходимых для выполнения чертежей. Мастера чертежного дела обучались в московской Инженерной школе. Были открыты технические училища, где преподавание черчения велось по учебнику «Приемы циркуля и линейки», изданному в 1725 г.

В XVIII в. навыки проецирования и техника выполнения конструкторских чертежей достигли совершенства. Известные русские изобретатели И.И. Ползунов (1728–1766 гг.), И.П. Кулибин (1735–1818 гг.), отец и сын Е.А. и М.Е. Черепановы (создатели первой в России железной дороги и первого паровоза, токарных, винторезных, строгальных, сверлильных, гвоздильных и других станков) оставили нам чертежи машин и сооружений, являющиеся примерами большого чертежного мастерства. В 1801 г. Ефим Артамонов смастерил первый русский велосипед — двухколесную тележку с педалями и рулем.

Начертательная геометрия еще не была известна в России, но чертежи изобретателя-самоучки И.П. Кулибина представляют собой практически современные ортогональные проекции конструкций его многочисленных изобретений. Достойны восхищения инженерные сооружения И.П. Кулибина, такие как его самые масштабные проекты одноарочного моста через Неву и «самобеглой повозки», прародителя современных автомобилей (1791 г.) (рис. 5). В 1834 г. К.А. Шильдер построил в России подводную лодку. Практически в это же время (1883 г.) А.Ф. Можайский разрабатывает проект первого в мире самолета, имевшего практически современную конструкцию. У самолета Можайского были фюзеляж, шасси, паровая поршневая система, четырехлопастные винты, хвостовое оперение, а также рули поворота и высоты. К сожалению, миру известны лишь изобретатели, получившие патенты на свои изобретения. По этой причине имена многих русских изобретателей остаются в забвении.

Между тем, в России начертательная геометрия в качестве теории разработки инженерных чертежей становится самостоятельной наукой и вводится как обязательный предмет в высших технических учебных заведениях. В 1810 г. ученик Гаспара Монжа — французский инженер К.И. Потье читал лекции в Петербургском институте инженеров путей сообщения. Я.А. Севастьянов (1796–1849 гг.) перевел начертательную геометрию на русский язык, впервые внедрил русскую терминологию, а также осуществил практическое приращение к техническому черчению, рисованию, перспективе и картографии [17, с. 53]. В своей научно-педагогической и общественной деятельности Я.А. Севастьянов стремился широко популяризировать зна-

чение начертательной геометрии, считая, что ее применение в практической инженерной деятельности принесет большую пользу отечественной промышленности. С начала 30-х гг. XIX в. начертательную геометрию начали преподавать во всех высших учебных заведениях России.

Как мы убедились, своим развитием на протяжении многих веков начертательная геометрия и машиностроение обязаны гениям-одиночкам, каждый из которых проявлял талант не в одной, а в нескольких научных областях, чаще всего в геометрии и механике. Умение пространственно мыслить является важным и для геометра, и для инженера. Гаспар Монж, великий математик и инженер, не без оснований утверждал, что «чертеж — язык техники», и видел огромное значение созданной им науки для промышленности. С развитием начертательной геометрии и ее внедрением в образование и конструкторские расчеты начинают бурно развиваться все технические отрасли. Инженерная мысль, получившая графический способ передачи идей, стремительно развивается и способствует подъему автомобилестроения, самолетостроения, паростроения и т. п.

Машиностроение играет важную роль в экономике страны, обеспечивая высокий уровень качества жизни населения и престиж государства на международной арене. Никогда не наступит тот момент, когда человеческое общество перестанет испытывать потребность в новых видах продукции, а, следовательно, всегда будут нужны новые машины и механизмы по их производству. Невозможно остановить развитие машиностроения, а вместе с ним науки и техники. Сегодня человечество не может ждать появления гениев-одиночек, специалистов высокого класса должны готовить образовательные учреждения с учетом того, что проектирование и производство во всех отраслях промышленности и строительства тесно связаны с умением выполнять и читать чертежи.

Ведущие конструкторы на любом производстве должны обладать недюжинными способностями и в области своей специализации, и в области научного поля начертательной геометрии. Сегодня метод Монжа обогащается мощными инструментами, представляющими собой различные графические пакеты (САПР), которые позволяют конструкторам с легкостью решать сложные геометро-графические задачи. Постоянно осуществляется поиск принципиально новых технологических решений, рождаются изобретения, разрабатываются оригинальные конструкции. Инженеры и ученые проектируют, строят и производят испытания машин и механизмов всех типов. Умение читать чертежи, разрабатывать конструкторскую документацию является необходимым профессиональным качеством современного инженера.

Литература

1. Комацу Мацуо. Многообразие геометрии [Электронный ресурс]. М.: Знание, 1981. 179 с. // Википедия: портал. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Геометрия> (дата обращения: 18.05. 2016).

References

2. Верлинский А.Л. Необходимость, случайность, свобода [Электронный ресурс]: Демокрит и его наследники // *Linguistica et philologica*: сб. ст. к 75-летию Ю.В. Откупщикова. СПб., 1999. С. 211-238 // Википедия: портал. URL. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Демокрит> (дата обращения 20.05.2016).
3. Махлак К.А. Лекция I. Фалес Милетский [Электронный ресурс]: История античной философии. Введение в христианскую мысль. СПб.: Изд-во Ин-та философии и богословия, 2009. 312 с. // Википедия: портал. URL. https://ru.wikipedia.org/wiki/Фалес_Милетский (дата обращения: 22.05.2016).
4. Жмудь Л.Я. Пифагор и ранние пифагорейцы [Электронный ресурс]. М., 2012. 445 с. // Википедия: портал. URL. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Пифагор> (дата обращения: 20.05.2016).
5. Платон: собр. соч. В 4 т. / под общ. ред. А.Ф. Loseva, В.Ф. Асмуса, А.А. Тахо-Годи. М.: Мысль, 1990 – 1994. Т. 4. 830 с. (Сер. «Философское наследие»).
6. Щетников А.И. Вторая книга «Начал» Евклида [Электронный ресурс]: её математическое содержание и структура. Историко-математические исследования. М., 2007. Вып. 12(47). С. 166-187 // Википедия: портал. URL. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Евклид> (дата обращения: 08.06.2016).
7. Лебедева Г.С. Новейший комментарий к трактату Витрувия «Десять книг об архитектуре» [Электронный ресурс]. М.: УРСС, 2003. 160 с. // Википедия: портал. URL. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Витрувий> (дата обращения: 20.06.2016).
8. Витрувий. Десять книг об архитектуре / пер. с латинс. Ф.А. Петровского. Изд. 2-ое, исправл. М.: Едиториал УРСС, 2003. 320 с. (Из истории архитектурной мысли).
9. Розенфельд Б.А. Аполлоний Пергский. М.: МЦНМО, 2004. 176 с.
10. Рыбников К.А. История математики [Электронный ресурс]. 2-е изд. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1974. 456 с. // Википедия: портал. URL. https://ru.wikipedia.org/wiki/Папп_Александрийский (дата обращения: 29.06.2016).
11. Степанов А.В. Искусство эпохи Возрождения. Италия. XIV–XV века. СПб.: Азбука-классика, 2003. 504 с.
12. Абрамсон М.Л. От Данте к Альберти / отв. ред. З.В. Удальцова; Акад. наук СССР. М.: Наука, 1979. 176 с. (Из истории мировой культуры).
13. Астахов Ю. Пьеро дела Франческа. М.: Белый город, 2013. 186 с.
14. Зубов В.П. Леонардо да Винчи. 1452–1519 / отв. ред. М.В. Зубова; Рос. Акад. наук. Изд. 2-е, доп. М.: Наука, 2008. 352 с. (Науч.-биографическая лит.).
15. Бартрум Д. Дюрер: пер. с англ. М.: Ниола-Пресс, 2010. 96 с. (Из собр. Британского музея).
16. Литвинова Н.Б. Теория и практика инновационного подхода к системе образования при подготовке будущих инженеров средствами графических дисциплин на примере предметной области начертательной геометрии: дис. ... д-ра пед. наук. М., 2010. 455 с.
17. Иващенко Г.А., Григорьевский Л.Б., Григорьевская Л.П. Начертательная геометрия – наука и учебная дисциплина. История развития и ее роль в техническом прогрессе // Совершенствование качества образования: материалы XIII (XXIX) Всерос. науч.-методической конф. Братск, 2016. Ч. 3. С. 287.
1. Komatsu Matsuo. A variety of geometries [Elektronnyi resurs]. M.: Znanie, 1981. 179 p. // Vikipediya: portal. URL. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Geometriya> (data obrashcheniya: 18.05.2016).
2. Verlinskii A.L. Necessity, chance, freedom [Elektronnyi resurs]: Democritus and his heirs // *Linguistica et philologica*: sb. st. k 75-letiyu Yu.V. Otkupshchikova. SPb., 1999. P. 211-238 // Vikipediya: portal. URL. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Demokrit> (data obrashcheniya 20.05.2016).
3. Makhlak K.A. Lecture I. Thales of Miletus [Elektronnyi resurs]: History of ancient philosophy. Introduction to Christian thought. SPb.: Izd-vo In-ta filosofii i bogosloviya, 2009. 312 p. // Vikipediya: portal. URL. https://ru.wikipedia.org/wiki/Fales_Miletskii (data obrashcheniya: 22.05.2016).
4. Zhmud' L.Ya. Pythagoras and the early Pythagoreans [Elektronnyi resurs]. M., 2012. 445 p. // Vikipediya: portal. URL. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Pifagor> (data obrashcheniya: 20.05.2016).
5. Plato: sobr. soch. V 4 t. / pod obshch. red. A.F. Loseva, V.F. Asmusa, A.A. Takho-Godi. M.: Mysl', 1990-1994. T. 4. 830 p. (Ser. «Filosofskoe nasledie»).
6. Shchetnikov A.I. The second book of "Elements" of Euclid [Elektronnyi resurs]: Its mathematical content and structure. Historical and mathematical research. M., 2007. Vyp. 12 (47). P. 166-187. // Vikipediya: portal. URL. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Evklid> (data obrashcheniya: 08.06.2016).
7. Lebedeva G.S. The newest commentary to the treatise Vitruvius "Ten books on architecture" [Elektronnyi resurs]. M.: URSS, 2003. 160 p. // Vikipediya: portal. URL. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Vitruvii> (data obrashcheniya: 20.06.2016).
8. Vitruvii. Ten books on architecture / per. s latins. F.A. Petrovskogo. Izd. 2-oe, ispravl. M.: Editorial URSS, 2003. 320 p. (Iz istorii arkhitekturnoi mysli).
9. Rozenfel'd B.A. Apollonius of Perga. M.: MTsNMO, 2004. 176 p.
10. Rybnikov K.A. History of Mathematics [Elektronnyi resurs]. 2-e izd. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1974. 456 p. // Vikipediya: portal. URL. https://ru.wikipedia.org/wiki/Papp_Aleksandriiskii (data obrashcheniya: 29.06.2016).
11. Stepanov A.V. The art of the Renaissance. Italy. XIV-XV century. SPb.: Azbuka-klassika, 2003. 504 p.
12. Abramson M.L. From Dante to Alberti / otv. red. Z.V. Udaltsova; Akad. nauk SSSR. M.: Nauka, 1979. 176 p. (Iz istorii mirovoi kul'tury).
13. Astakhov Yu. Piero della Francesca. M.: Belyi gorod, 2013. 186 p.
14. Zubov V.P. Leonardo da Vinci. 1452-1519 / otv. red. M.V. Zubova; Ros. Akad. nauk. Izd. 2-e, dop. M.: Nauka, 2008. 352 p. (Nauch.-biograficheskaya lit.).
15. Bartrum D. Dyrer: per. s angl. M.: Niola-Press, 2010. 96 s. (Iz sobr. Britanskogo muzeya).
16. Litvinova N.B. Theory and practice of the innovative approach to the education system in the preparation of future engineers by means of graphic disciplines on the example of the subject area of descriptive geometry: dis. ... d-ra ped. nauk. M., 2010. 455 p.
17. Ivashchenko G.A., Grigorevskii L.B., Grigorevskaya L.P. Descriptive geometry is a science and a discipline. History of development and its role in technical progress // Sovershenstvovanie kachestva obrazovaniya: materialy KhIII (KhKhIKh) Vseros. nauch.-metodicheskoi konf. Bratsk, 2016. Ch. 3. P. 287.