

ИСТОРИЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

УДК 51 (092)

Из истории линейки, циркуля и транспортира

А. Е. Малых

Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет
Россия, 614000, Пермь, ул. Сибирская, 24
malykh@pspu.ru; 8(342) 280-37-55

Е. В. Безенкова

МБОУ "Гимназия № 17"
Россия, 614000, Пермь, ул. Ленина, 31
elena-bezenkova@yandex.ru; 8-951-943-5487

Рассмотрены классические средства, используемые для решения конструктивных задач: циркуль и линейка. Описаны их виды в процессе совершенствования. Представлены инструменты для измерения и вычисления различных величин. Приведены исторические сведения.

Ключевые слова: классические средства; линейка; циркуль; транспортир; вычислительные, измерительные инструменты; величины; приложения; исторические сведения.

DOI: 10.17072/1993-0550-2017-1-47-54

Введение

Невозможно представить развитие человеческой культуры без умения выполнять геометрические построения. Зарождение первых пространственных образов относится к доисторическим временам. Возведение жилищ, проведение в них перегородок, изготовление посуды, шитье одежды и другие виды практической деятельности дали обобщенное понятие прямой линии, геометрических фигур, а также тел вращения и их частей. Постепенно формировалось учение и о геометрических построениях. В практической деятельности строителям, архитекторам, скульпторам, художникам часто приходилось делить линию на отрезки или круг на части, строить окружность или угол, выполнять замеры деталей или переносить их с рисунка на материал, то есть выполнять геометрические построения. С этой целью были созданы чертежные инструменты.

Следует заметить, что и ученые, начиная с Пифагора (VI–V вв. до н.э.), использовали только циркуль и линейку без делений, то есть приборы, позволяющие проводить

прямые линии, отрезки, окружности и их части. История циркуля и линейки насчитывает несколько тысяч лет. Ниже представлены сведения о них, о ряде усовершенствованных приборов и их применении.

1. Линейка

Люди давно научились проводить прямую линию при помощи веревки. Термин "линия", от которого возникло название "линейка", происходит от латинского *linum* – "льняная нить". Известно, что в древнем Египте уже использовали веревку с узелками для того чтобы наделить землю или восстановить участки после очередного разлива реки Нил. Специально обученные люди, называемые гарпетонаптами ("натягиватели веревки") и занимались разметкой земли (рис. 1).

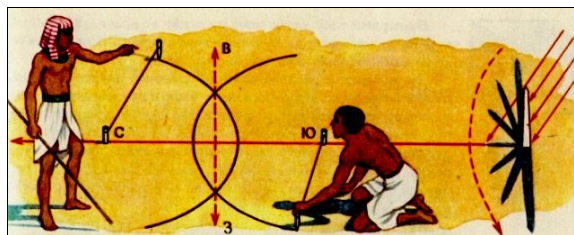


Рис. 1

В дальнейшем уже использовались гладко обструганные дощечки-линейки. Заметим, что сначала их обстругивали с одной стороны, затем ровными стали обе, что позволило проводить параллельные линии. Впоследствии были соединены две линейки и получен угольник. Он помогал расчертить каменную плиту при строительстве пирамид, делить на столбцы пергаментный лист. В школах Рима на дощечке прорезали окошки-буквы, и учитель водил по ним неумелой рукой ученика. В наши дни ее называют трафаретом.

Не обходились без линейки и русские писцы, называя ее "правильцем". В расходных книгах московских приказов XVII в. нередко встречалось название "каракса" – линейка, представлявшая раму в размер листа, на которую туго натягивали нити. Положив ее на лист бумаги, писец проводил костяной палочкой линии-строчки. Вот почему рукописи того времени удивляют нас ровностью строк и четкими интервалами между ними.

Позднее линейки стали использовать также и для различного рода измерений, ставя на них метки-рисочки. Деления на линейке (сантиметры, миллиметры) появились после того, как в 1719 г. по предложению Парижской Академии наук за единицу длины был принят метр – одна десятиллионная часть четверти Гринвичского меридиана.

Иногда для удобства с разных сторон линейки отмечали различные величины измерения, например, с одной стороны – сантиметр, а с другой – дюйм. Это английская единица измерения расстояния, равная 2,54 см. (рис. 2).



Рис. 2

В Западной Европе эпохи Возрождения (XVI в.) появилась потребность в сложных расчетах и вычислениях. С этой целью были изобретены логарифмы. Об этом писал Иоганн Кеплер (1571–1630) тюрингенскому профессору математики и астрономии Вильгельму Шиккарду: "...некий шотландский барон, имени которого я не запомнил, выступил с блестящим достижением: он каждую задачу на умножение и деление превратил в чистое

сложение и вычитание...". Этим шотландцем был математик Джон Непер (1550–1617), опубликовавший в Эдинбурге трактат "Описание удивительной таблицы логарифмов" (1614), в котором дал их краткое описание и свойства, а также привел семизначные таблицы логарифмов. В начале XVII в. английский астроном Эдмунд Гюнтер (1581–1626) предложил нанести на линейку логарифмическую шкалу и с помощью двух циркулей выполнять операции с логарифмами.

В 20-е гг. XVII в. английский математик Эдмунд Уингейт (1596–1656) усовершенствовал линейку Гюнтера, введя две дополнительные шкалы. Одновременно (1632) свой вариант линейки, мало чем отличавшейся от современного, опубликовал в трактате "Круги пропорций" Уильям Оутред (1575–1660). Он и считается автором первой логарифмической линейки. Сначала она была круговой (рис. 3), но в следующей книге "Дополнение к использованию инструмента, называемого Кругами Пропорций" (1633), ученый опубликовал описание прямоугольной логарифмической линейки (рис. 4).



Рис. 3



Рис. 4

Таким образом, линейку стали использовать еще и для вычислений. При нанесении на планшет координатной сетки в 1925 г. появилась еще одна линейка, которая получила название по имени ее изобретателя – Фёдора Васильевича Дробышева. Впоследствии она была удлинена до 100 см и получила название "линейки Базеева–Лизунова" (ЛБЛ). В наши

дни такие линейки практически не используются, так как чертежные работы выполняются с помощью компьютерной техники.

Объединив начертательные, измерительные и вычислительные функции этого инструмента, были созданы навигационные, артиллерийские, офицерские линейки. В медицине существует кардиологическая линейка для расшифровки электрокардиограмм.

2. Циркуль

Наблюдения за окружающим миром, вид линии раздела между небесным сводом и землей, натягивание тетивы лука и многое другое привело людей к изучению криволинейных фигур, в частности окружности. К доисторическим временам относятся первые изображения кругов. Тогда же в Вавилоне было изобретено колесо. Первые колесницы встречаются и при раскопках богатых могил конца III тысячелетия до н. э. и более позднего времени (находки в Кише, Уре и др.). Для удобства использования и повышения скорости движения колесо было усовершенствовано, что, конечно, было невозможно без циркуля, так как принцип его использования заключается в равном расстоянии между его концами.

Люди применяли циркуль с давних времен для изготовления ножей в форме дисков и сегментов, круглых сосудов, при строительстве храмов. Слово циркуль происходит от латинского "*circulus*" – "круг", "окружность", "кружок".

Согласно древнегреческой легенде, циркуль изобрел Талос, племянник легендарного архитектора, скульптора, изобретателя столярных инструментов, первого "воздухоплавательного" аппарата Дедала. В возрасте двенадцати лет он построил гончарный круг для изготовления посуды, а также пилу. Скорее всего, Талос изготовил циркуль, соединив с помощью шарнира два одинаковых по длине стержня. Дядя понял, что ученик может превзойти его в таланте и мастерстве, а потому в подходящий момент, столкнул юношу с городского вала.

В Китае также были найдены рисунки с мифическими мотивами, на которых прародители китайцев держат в руках циркуль и угольник (рис. 5).

Но мифы остаются мифами, а циркуль, наравне с линейкой, являются, пожалуй, самыми древними чертежными инструментами на земле.



Рис. 5

Изображения окружностей на глиняных сосудах археологи обнаруживали во всех регионах мира. Изделия протогеометрической керамики можно встретить в некоторых музеях, например в собрании Государственного музея изобразительных искусств им. А.С. Пушкина (рис. 6). Следует отметить, что не всегда эти узоры точные. Видимо, инструменты для нанесения концентрических окружностей на бока сосудов были дорогими и имелись в распоряжении не всех древних мастеров. Но в тех случаях, когда окружности построены верно, практически всегда можно заметить в их центре отметку от острия неподвижной ножки циркуля.



Рис. 6

Заметим, что циркули с пружинной подвижной ножкой для проведения окружностей на сферической поверхности широко использовали ученые стран ислама еще с IX–X вв. На резной посуде, ювелирных украшениях, куполах и стенах храмов древних Вавилона и Ассирийского царства (II–I вв. до н.э.) сохранились изображения очень ровных кругов. Ясно, что в этих государствах были знакомы с циркулем.

Известны три основных вида этого инструмента: веревочный циркуль, штангенциркуль и кронциркуль.

Веревочный циркуль – это веревка с отмеченными на ней (чаще всего узлами) расстояниями или с закрепленными на концах стержнями. Расстояние между соседними узлами у египтян равнялось одному фараонскому локтю, т. е. не было постоянным. Известно о его применении при разметке или восстановлении земельных участков после разлива реки Нил (рис.7). Веревочный циркуль применяется и в наше время, несмотря на свою примитивность.



Рис. 7

Его используют там, где нужно нарисовать дугу окружности большого радиуса, например, при разметке спортивных арен, где использование "жесткого" циркуля неудобно. Египтянам был знаком также циркуль-землемер – это уже разновидность *кронциркуля*, представляющая жесткую конструкцию из трех палок, зафиксированных таким образом, что расстояние между концами двух из них постоянно. Такой землемер использовали и на Руси. Кроме этого было изобретено много других модификаций кронциркулей. Миниатюрными "балеринками" обычно пользуются для вычерчивания окружностей небольших радиусов.

Разметочный циркуль представляет два металлических стержня, соединенных пружинным кольцом и стопорным винтом (рис. 8). Первое обеспечивает рабочим концам циркуля возможность раздвигаться, расходиться в разные стороны, а второй необходим для фиксации расстояния между стержнями. Рабочие концы стержней делают заостренными.

Применяется такой циркуль при делении линий на отрезки, построении углов, делении окружности, обозначении их дуг, а также при переносе линейных размеров с рисунка на материал.



Рис. 8

Нутромером (рис. 9) измеряют внутренний диаметр изделий и деталей, а *кронциркулем* – внешний (рис. 10).



Рис. 9



Рис. 10

Самый старый, дошедший до нас, уже не из мифов, а реально, – железный циркуль (I в.) нашли во Франции при раскопках древнего кургана. Множество железных и бронзовых циркулей, похожих на современные кронциркули, археологи обнаружили в пепле, засыпавшем при землетрясении в 79 г. греческий город Помпею. При раскопках в Великом Новгороде найден стальной циркуль-резец для нанесения орнаментов из мелких кружочков. Подобные узоры были широко распространены на Руси.



Рис. 11

Штангенциркуль – это усовершенствование веревочного циркуля, применяющегося в основном в измерительной практике (рис. 11). С его помощью производят замеры внешних и внутренних размеров изделия, глубины отверстий и выступов. Точность измерения им выше, чем линейкой, так как цена деления его шкалы 0,1 мм. Он плотнее и надежнее соприкасается с измеряемым предметом. В музеях сохранились деревянные штангенциркули сапожников, но они давали очень грубые результаты. Позднее движущуюся планку штангенциркуля стали оснащать винтом для того чтобы передвигать ее медленнее и получать более точные измерения.

Микрометр необходим в тех случаях, когда требуется особая точность определяемого размера, в первую очередь, при измерении толщины заготовок изделий или деталей (рис. 12). Цена деления микрометра 0,01 мм. Современные измерительные приборы оснащают электронными приспособлениями, что дает потрясающую точность.



Рис. 12

"Скрещивание" кронциркуля и штангенциркуля дает компактный инструмент для вычерчивания окружностей большого радиуса. Чехословацкие инженеры на международной машиностроительной выставке в Брно получили золотую медаль за усовершенствование чертежного инструмента. При высоте циркуля 12 см можно было строить окружности диаметром до 60 см, причем довольно точно. Для этого инструмент снабжен системой удлиняющихся рычагов с винтовыми головками.

В пифагорейской гетерии существовали *пропорциональные* циркули. Они предназначались для пропорционального изменения в заранее заданном отношении размеров измеряемого или проектируемого объекта. Один из таких циркулей также был найден в Помпейских раскопках. Он позволял измерять расстояния, находящиеся в отношении "золотого сечения": раствор разных концов, соединенных шарниром в средней части ножек, находился в таком отношении. Нашли применение и циркули с подвижным относительно

концов ножек положением шарнира (рис. 13). Они позволяли в произвольно заданной пропорции увеличивать или уменьшать размеры чертежа или измеряемого объекта. Однако его использование неудобно тем, что концы нужных отрезков отмечаются *противоположными* концами. Тогда он был усовершенствован тремя ножками. Расстояние между правой и левой парой ножек являлось постоянным и равным значению отношения "золотого сечения". По такому же принципу создавались циркули и с большим количеством ножек.



Рис. 13

Ученые стран ислама разрабатывали циркули и для построения *конических сечений*. Так, Абу Саид ал-Сиджуси (X–XI вв.), применяя с этой целью *совершенный* циркуль (рис. 14), описал его в "Трактате об описании конических сечений". В зависимости от отношения величин углов α и β конец длинного стержня описывал на плоскости эллипс, ветвь гиперболы или параболу. Короткая фиксированная ножка циркуля представляла ось конуса, а длинная, свободно двигающаяся в трубке, – его образующую. Поэтому при $\alpha = \beta$ вычерчивалась гипербола, при $\alpha \leq \beta$ – параболу, а в случае $\alpha \geq \beta$ – эллипс.

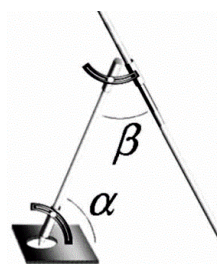


Рис. 14

Леонардо да Винчи (1452–1519) создал устройство, названное параболическим циркулем. Конструкция должна иметь две ножки: неподвижную или опорную, представлявшую ось конуса, и вращающуюся, составляющую с ней угол 45° (она играла роль образующей, а точнее, ее отрезка от вершины конуса до линии сечения). Первая ножка имела фиксированную длину, вторая – переменную; по сути – это трубочка, в которой свободно скользил

стержень, рисуя параболу. Все устройство было укреплено на треноге.

В Музее истории науки во Флоренции представлена действующая модель циркуля, изготовленная в 2001 г. по эскизу Леонардо да Винчи (рис. 15). Парабола вычерчивалась на листе бумаги в наклонной плоскости, параллельной одной из "ног" треноги, причем в два шага: сначала одна часть, затем другая, начиная от вершины. Стержень соскальзывал вниз под тяжестью собственного веса и веса прикрепленного на нитке груза.



Рис. 15

Добавим, что конструкция совершенного циркуля аналогична той, что придумал Леонардо да Винчи, но более мобильна: она позволяла варьировать углы между осью конуса и образующей, а также между секущей плоскостью и осью конуса. Таким образом, можно всегда наклонить опорную ножку к плоскости листа под определённым углом и выбрать раствор циркуля таким образом, чтобы начертить любое коническое сечение. Однако на практике удобнее пользоваться стационарной моделью и изменять положение секущей плоскости.

Как видим, основные виды циркулей используются для снятия и перенесения линейных размеров (разметочный или делительный); вычерчивания окружностей диаметром: от 2 до 80 мм (чертежный кронциркуль); до 300 мм (чертежный или круговой); больше 300 мм (чертежный штангенциркуль); изменения масштабов снимаемого размера (пропорциональный); построения конических сечений (совершенный); парабол и эллипсов (параболический).

Циркуль всегда был незаменимым помощником архитекторов и строителей. Не случайно на фасаде одного из самых древних и красивых храмов Грузии Светицховели изображена рука мастера с циркулем.

Циркуль используется не только в черчении, навигации или картографии. Ему нашлось применение и в медицине: большой и

малый *толстые циркули* для измерения поперечных размеров тела человека и размеров черепа соответственно, а *циркуль-калипер* – для измерения толщины подкожно-жировой складки. Известен также циркуль Вебера, названный именем Эрнста Генриха Вебера (1795–1878) – немецкого психофизиолога и анатома, разработанный им для определения порога кожной чувствительности.

Кроме того, в ювелирном деле большое значение придается построению фигур с помощью циркуля, так как разметка ювелирных изделий производится тонкими царапинками, которые наносятся с помощью разметочного циркуля.

Но циркуль – не только известный всем инструмент. Этим словом названо маленькое созвездие южного полушария к западу от "Наугольника" и "Южного треугольника", рядом с α -Центавра. Кроме того, он является символом неуклонной и беспристрастной справедливости, совершенной фигурой круга с центральной точкой, источником жизни. Наряду с квадратом циркуль определяет границы отрезков прямой. В ритуальной архитектуре он символизирует знание.

У китайцев этот инструмент означает правильное поведение. Циркуль – это атрибут Фо-хи, легендарного китайского императора, считавшегося бессмертным. На картинах его сестра держит в руках квадрат, а вместе они – мужской и женский принципы, гармония инь и янь. У греков циркуль наряду с глобусом являлся символом Урании – покровительницы астрономии.

Циркуль, совмещенный с наугольником – одна из самых распространенных эмблем, символов и знаков масонов. На одной из них первый символизирует Небесный Свод, а второй – Землю (рис. 16).



Рис. 16

Небо в данном случае символически связано с местом, где создает план Великий

Строитель Вселенной. Центральная буква "G" в одном из значений – сокращение слова "геометр", используемого в качестве одного из названий верховного существа.

3. Транспортир

Он известен с древних времен. Понятие градуса и появление первых инструментов для измерения углов связывают с развитием цивилизации в древнем Вавилоне, хотя само слово градус имеет латинское происхождение (*gradus* – "шаг", "ступень"). Предполагают, что его появление было связано с созданием первого календаря. В древнем Вавилоне ученые заметили, что Солнце от восхода над горизонтом до заката проходит расстояние, равное 180 поперечникам своего диска. Они предположили, что и за ночь оно совершает такой же путь. Каждой $1/360$ части дали название "шаг". И каждая последующая 60-я часть имела свое название. Впоследствии они были переведены на латынь и стали называться "градус", "минута" и "секунда". В истории науки эти единицы измерения сохранились в важном астрономическом труде Клавдия Птолемея (100–178) "Великие астрономические построения в XIII книгах".

История не сохранила имени ученого, изобретшего транспортир. Возможно, в древности этот инструмент называли иначе. Современное название происходит от французского "*transporter*", что означает "переносить". Предположительно, транспортир изобрели в древнем Вавилоне. Но там производили измерения не только им, так как он был неудобен для измерений на местности и решения задач прикладного характера. Именно последние являлись предметом интереса древних геометров.

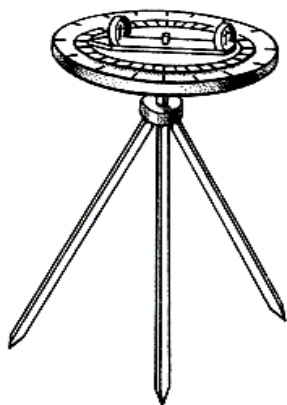


Рис. 17

Изобретение первого инструмента, позволяющего измерять углы на местности, связывают с именем древнегреческого ученого Герона Александрийского (I в.). Он описал инструмент "диоптра" (рис. 17) в одноименном сочинении, который позволял измерять углы на местности и решать множество прикладных задач, описанных им в 13 книгах "Метрики". Таким образом, можно говорить о возникновении геодезии – системы наук об определении формы и размеров Земли, измерениях на земной поверхности и для отображения их на плоских планах и картах.

Транспортир состоит из линейки (прямолинейной шкалы) и полукруга (угломерной шкалы), разделенного на градусы от 0° до 180° . В некоторых моделях – от 0° до 360° .

Они изготавливаются из стали, пластмассы, дерева и других материалов. Точность его прямо пропорциональна размеру.



Рис. 18



Рис. 19

Известны транспортиры *полукруговые* (180°) – наиболее простые и древние, *круглые* (360°), *геодезические*. Последние бывают двух типов: для построения и измерения углов на планах и картах (рис. 18); для нанесения точек на чертежной основе по известным углам и расстояниям (рис. 19). Цена деления угломерной шкалы составляет $0,5^\circ$, прямолинейной – 1 мм.



Рис. 20

Имеются и более продвинутые типы транспортиров, необходимые для точных построений и измерений. К их числу относятся *специальные транспортиры* с прозрачной линейкой, оснащенной угломерным нониусом, которая вращается вокруг центра (рис. 20).

Заключение

Насколько велико значение линейки, циркуля и транспортира в развитии цивилизации можно судить по огромному количеству рисунков, представлявших работу строителей, зодчих, художников, плотников, ювелиров, а также по приборам, представленным на картинах, изображавших великих ученых. Так, на портрете Луки Пачоли с учеником (рис. 21) изображены линейка, угольник и циркуль.



Рис. 21

Таким образом, можно утверждать, что история возникновения и использования таких обычных и всем доступных инструментов

тесно связана с формированием наук, великими открытиями и прогрессом всего человечества.

Список литературы

1. *Воронец А.М.* Геометрия циркуля. М.: ОНТИ–ГТТИ, 1934.
2. *Карпушина Н.* Во власти сечений // Наука и жизнь, 2012. № 5. С. 17–19; № 6. С. 15–17.
3. *Богданов В.В., Попова С.Н.* Истории обыкновенных вещей. М.: Изд-во "Педагогика-пресс", 1992.
4. *Зверкина Г.А.* О циркулях // Живая математика. Пермь: Изд. дом Бывальцева, 2010. № 5. С. 8–12.
5. *Матвиевская Г.П.* Альбрехт Дюрер – ученый. М.: Наука, 1987.
6. *Зетаев С.И.* Геометрия линейки и геометрия циркуля. М.: Изд-во АПН РСФСР, 1950.
7. *Костовский А.Н.* Геометрические построения одним циркулем. 2-е изд. М.: Физматлит, 1984.
8. *Депман И.Я.* Возникновение системы мер и способов измерения величин. М.: Учпедгиз, 1956. Вып. 1.
9. *Планский А.Ф.* Измерения и меры. М.: ГТТЛ, 1956.
10. *Бородін О.І.* Історія розвитку поняття про число і системи числення. Київ: Вид. "Радянська школа", 1978. Вид. 3.

From the history of ruler, compasses and protractor

A. E. Malykh

Perm State Humanitarian Pedagogical University; 24, Sibirskaya st., Perm, 614000, Russia
malykh@pspu.ru; 8(342) 280-37-55

E. V. Bezenkova

Gymnasium No. 17; 31, Lenina st., Perm, 614000, Russia
elena-bezenkova@yandex.ru; 8-951-943-5487

Classical tools used to solve constructive problems: a compasses, a ruler and a transporter – are considered. Their different kinds in the process of improvement are described. Tools for measuring and calculating different dimensions and quantities are presented. Historical information is provided.

Keywords: *classical tools; compasses; ruler; protractor; tools for measurement and calculation; dimensions and quantities; applications; historical information.*