



**С.П. Буркова, Г.Ф. Винокурова, Р.Г. Долотова, Б.Л. Степанов**

**S.P. Burkova, G.F. Vinokurova, R.G. Dolotova, B.L. Stepanov**

**НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ  
ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА**

**DESCRIPTIVE GEOMETRY  
ENGINEERING GRAPHICS**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

**«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

С.П. Буркова, Г.Ф. Винокурова, Р.Г. Долотова, Б.Л. Степанов

**НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ**

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА**

Учебное пособие

Раздел: начертательная геометрия

Томск 2009

**FEDERAL AGENCY BY EDUCATION**

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

**«TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY»**

---

S.P. Burkova, G.F. Vinokurova, R.G. Dolotova, B.L. Stepanov

**DESCRIPTIVE GEOMETRY**

**ENGINEERING GRAPHICS**

Textbook

Section: Descriptive geometry

Tomsk 2009

УДК 744

С.П. Буркова, Винокурова Г.Ф., Долотова Р.Г., Степанов Б.Л. Начертательная геометрия. Инженерная графика: Учебное пособие (раздел: начертательная геометрия). – Томск: Изд. ТПУ, 2009. – 130 с.

В учебном пособии рассматриваются вопросы изображения на чертеже геометрических фигур (точек, линий, плоскостей, поверхностей), их взаимного расположения и пересечения. Изучаются правила определения натуральной величины фигуры и положение ее в пространстве; требования по оформлению чертежей и правила выполнения чертежей отдельных деталей и соединений.

Пособие подготовлено на кафедре начертательной геометрии и графики ТПУ и предназначено для иностранных студентов, а также для студентов всех факультетов, желающих проверить и улучшить свои знания английского языка.

UDC 744

S.P. Burkova, G.F. Vinokurova, R.G. Dolotova, B.L. Stepanov Descriptive geometry. Engineering Graphics: Textbook (Section: Descriptive geometry). – Tomsk: TPU Press, 2009, 130 pp.

This textbook considers the problems of the image on the drawing of geometrical figures (points, lines, planes, surfaces), their relative position and intersection, rules of definition of natural shapes of figures and their position in space. The demands at the design of drawings and rules of drawings execution of separate details and connections are studied.

The textbook is developed on faculty of descriptive geometry and graphics TPU and intended for foreign students, and also for students of all faculties, wishing to check up and improve the knowledge of the English language.

## ВВЕДЕНИЕ

Прежде, чем на производстве приступают к изготовлению какой-либо детали или механизма, разработчики создают его изображение на бумаге. Преподавание многих дисциплин в вузе связано с изучением устройств различных приборов, машин и технологических процессов по их изображениям – чертежам, поэтому в число учебных дисциплин, составляющих основу подготовки специалистов с высшим техническим образованием, входит курс «Начертательная геометрия. Инженерная графика».

Этот курс включает в себя как элементы начертательной геометрии (теоретические основы построения чертежей геометрических фигур), так и черчения (составление и чтение чертежей изделий). В процессе изучения дисциплины студенты знакомятся с основными правилами и требованиями о порядке разработки, оформления и обращения конструкторской документации. Кроме того, решение геометрических задач развивает способность к пространственному представлению и логическому мышлению, без чего невозможно никакое техническое творчество.

В результате изучения первой части курса студент должен:

- усвоить теоретические основы построения изображений точек, прямых, плоскостей и отдельных видов пространственных линий и поверхностей на плоскости;
- ознакомиться с решением задач (частные случаи) на взаимную принадлежность и взаимное пересечение геометрических фигур, а также на определение натуральной величины плоских геометрических фигур;
- изучить способы построения изображений простых предметов и относящиеся к ним условности;
- уметь определить геометрические формы простых деталей по их изображению и уметь выполнить эти изображения;
- ознакомиться с изображением некоторых видов соединений деталей и уметь читать чертежи технических устройств, а также выполнить эти чертежи с учетом требований стандартов.

В основе правил построения изображений, рассматриваемых в инженерной графике, лежит метод проекций (от латинского *projectio* - бросание вперед, вдаль). Изучение начинают с построения проекций точки, так как при построении изображения любой пространственной формы рассматривается ряд точек, принадлежащих этой форме.

Для обозначения геометрических фигур и их проекций, для отображения отношений между геометрическими фигурами, для алгоритмов решения задач и доказательства теорем в курсе используется *геометрический язык*, составленный из элементов и символов.

## PREFACE

Engineers create representation of a detail or a product on a sheet of paper as a drawing before it will be manufactured. Teaching a lot of subjects in high school is linked with studying different devices, machines and technological processes by their representations – drawings. So Engineering Graphics is included in number of subjects for training engineers.

Engineering Graphics contains as elements of Descriptive Geometry (theory of geometric objects drawing construction) as Technical Drawing (compose and reading of products drawings). In the process of study students know with main rules and requirements on a process of creation, designing and use of engineering documents. Moreover solving of geometrical problems develops spatial imagination and logical thinking. Without these skills any technical creation is impossible.

After studying the course “Engineering Graphics” students will:

- learn theoretical principles of drawing the points, lines, planes and some kinds of spatial lines and surfaces on a plane;
- familiarize with particular cases of problems solution on mutual belonging and intersection of geometric figures, as well as determining the true size of plane figures;
- master methods of drawing and corresponding conventions of simple objects;
- be able to determine geometric form of simple details by their image, and construct such images;
- acquaint with representation of some joints and connections, be able to read the drawings of technical devices, also construct such drawings following the standards requirements.

This textbook is intended for studying the course “Engineering Graphics” by students of technical specializations of TPU who go through the Bachelor Degree Program. The course is taught in the first semester.

The textbook is accompanied by an workbook and systematic instructions and tasks.

Workbook includes tasks to be performed by the students to consolidate theoretical material. The content of the workbook is in the same sequence as that in the textbook.

Systematic instructions will help the students complete the offered tasks.

The authors will be thankful to you for your suggestions on perfecting the next edition of this textbook.

Особое внимание уделяется символам, которые используются для обозначения проекций геометрических фигур.

В предлагаемом издании приняты следующие обозначения:

1. Точки в пространстве – заглавными буквами латинского алфавита –  $A, B, C, \dots$  или цифрами –  $1, 2, 3, \dots$
2. Последовательность точек (и других элементов) – подстрочными индексами:  $A_1, A_2, A_3, \dots, B_1, B_2, B_3, \dots$
3. Линии в пространстве – по точкам, определяющим данную линию –  $AB, CD, \dots$
4. Углы – прописными буквами греческого алфавита –  $\alpha, \beta, \gamma, \dots$
5. Плоскости – прописными буквами латинского алфавита –  $P, R, Q, \dots$
6. Поверхности – прописными буквами греческого алфавита –  $\Psi, \Phi, \dots$
7. Плоскости проекций:
  - горизонтальная –  $H$ ; фронтальная –  $V$ ;
  - профильная –  $W$ ; центр проецирования – буквой  $S$ .
8. Система координатных осей –  $x, y, z, O$ , где оси проекций обозначаются буквами:
  - абсцисс –  $x$ ;
  - ординат –  $y$ ;
  - аппликат –  $z$ ;
  - начало координат – буквой  $O$ ;
9. Новые оси проекций, полученные при замене плоскостей проекций –  $x_1, x_2, \dots$
10. Проекция точек: на горизонтальную плоскость проекций –  $a$ ;  
на фронтальную плоскость проекций –  $a'$ ;  
на профильную плоскость проекций –  $a''$ .
11. Проекция линии – по проекциям точек, определяющим линию –  $ab, a'b', a''b''$ .
12. Совпадение, тождество –  $\equiv$ .
13. Совпадение, равенство –  $=$ .
14. Параллельность –  $\parallel$ .
15. Перпендикулярность –  $\perp$ .
16. Скрещивание –  $\cdot$ .
17. Отображение –  $\rightarrow$ .
18. Принадлежность элемента (точки) множеству (прямой, плоскости и т. д.) –  $\in$ .
19. Принадлежность подмножества (прямой) множеству (плоскости, поверхности) –  $\subset$ .
20. Пересечение множеств –  $\cap$ .

The special attention is given symbols which are used for a designation of projections of geometrical figures.

The following designations are accepted in the present book:

1. Points of space are usually denoted by Latin capital letters ( $A, B, C, \dots$ ) or figures ( $1, 2, 3, \dots$ )
2. Sequence of points (and other elements) - by interlinear indexes ( $A_1, A_2, A_3, \dots, B_1, B_2, B_3, \dots$ )
3. Lines in space - by the points specifying the given line ( $AB, CD, \dots$ )
4. Angles - by Greek small letters ( $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ )
5. Planes - by Latin capital letters ( $P, R, Q, \dots$ )
6. Surfaces - by Greek capital letters ( $\Psi, \Phi, \Omega, \dots$ )
7. Projection planes:
  - horizontal –  $H$ ; frontal –  $V$ ;
  - profile –  $W$ ; Projection centre –  $S$
8. Coordinate axes system –  $x, y, z, O$ , where:
  - abscissa axis –  $x$ ;
  - axis of ordinates –  $y$ ;
  - applicate axis –  $z$ ;
  - origin of coordinates –  $O$  (capital letter);
9. New projection axes obtained at planes replacing –  $x_1, y_2, \dots$
10. Point projections – by the corresponding lower-case letters ( $a, b$ )
  - for horizontal projection plane –  $a$ ;
  - for frontal projection plane –  $a'$ ;
  - for profile projection plane –  $a''$ ;
11. Line projections - by projection of the points specifying the line –  $ab, a'b', a''b''$
12. Coincidence, identity –  $\equiv$
13. Coincidence, equality –  $=$
14. Parallelism –  $\parallel$
15. Perpendicularity –  $\perp$
16. Crossing –  $\cdot$
17. Representation –  $\rightarrow$
18. Belonging of an element (a point) to a set (line, plane, etc.) –  $\in$
19. Belonging of a subset (a line) to a set (plane, surface) –  $\subset$
20. Intersection of sets –  $\cap$

## ГЛАВА 1. ИЗ ИСТОРИИ ГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Графические изображения появились на ранних ступенях развития человеческого общества. Судя по тем из них, которые дошли до нашего времени, они были тесно связаны с производством и ремеслом.

Первые изображения выполнялись простейшими инструментами и в виде рисунков, отражающих только внешнюю форму предметов. Дальнейшее развитие производственной деятельности человека потребовало более точного изображения пространственных предметов.

Строительство крепостных укреплений и различных сооружений требовало их предварительного изображения на плоскости. Сохранившиеся остатки величественных сооружений античного мира говорят о том, что при их строительстве использовались планы и другие изображения возводимых сооружений.

Одновременно с развитием графических изображений развивалась наука, определяющая правила и теорию этого процесса. Первые труды в этом направлении появились в 5 – 3 веках до нашей эры. Это работы Гиппократа, Пифагора, Архимеда и др. Дальнейшее развитие направление получило в трудах многих выдающихся ученых. Итальянский ученый Леон Баттиста Альберти (1404 – 1472) дал основы теоретической перспективы. Гениальный итальянский художник и ученый Леонардо да Винчи (1452 – 1519) дополнил перспективу учением “Об уменьшении цветов и отчетливости очертаний”. Немецкий художник и гравер Альбрехт Дюрер (1471 – 1528) внес большой вклад в развитие перспективы. Известен его способ построения перспективы по двум ортогональным проекциям предмета. Итальянский ученый Гвидо Убальди (1545 – 1607) по праву может считаться основателем теоретической перспективы, т. к. в его работах содержится решение почти всех основных задач перспективы. Французский архитектор и математик Жерар Дезарг (1593 – 1662) впервые применил для построения перспективы метод координат, положив тем самым начало аксонометрическому методу в начертательной геометрии.

В конце 18 века французский ученый Гаспар Монж (1746 – 1818) обобщил ранее накопленный опыт по теории и практике изображений и создал стройную научную дисциплину о прямоугольных проекциях. В 1798 г. он издал свой труд “Начертательная геометрия”, в котором предложил рассматривать плоский чертеж, состоящий из двух проекций, как результат совмещения двух взаимно перпендикулярных плоскостей проекций. Это совмещение достигается путем вращения плоскостей вокруг прямой их пересечения, получившей впоследствии название «оси проекций».

## CHAPTER 1. FROM THE HISTORY OF GRAPHIC REPRESENTATIONS

Graphic representations appeared at the early stages of the development of human society. Judging by those, which have been kept safe till nowadays, we can realise that most of them were connected with trade and handicrafts.

The first representations have been produced by the simplest tools, in the form of drawings outlining only the shape of things. But further development of man's manufacturing activities required more accurate representations of spatial objects.

Construction of fortresses and different fortifications demanded their preliminary imaging on the plane. The remnants of grand antique buildings prove that different plans and other representations of the erecting constructions have been used by the ancient experts.

Together with the development of graphic representations there evolved a science determining the rules and theory of the process. The first manuscripts in this field appeared in 3-5 ages B.C. They were the works by Hippocrates, Pythagoras, Archimedes and others. After them many outstanding scientists continued the development of the field. An Italian scientist, Leon Battista Alberti (1404 – 1472) presented the basis of the theoretical perspective. An ingenious Italian artist, Leonardo da Vinci (1452 – 1519) filled it up with the doctrine “About Decrease of Colours and Contour Precision”. A German artist and engraver Albrecht Durer (1471 – 1528) contributed the development of perspective. His method of perspective construction, given two orthogonal projections, is widely known. An Italian scientist Gvido Ulbani (1545 – 1607) can by right be considered a founder of the theoretical perspective, as his works contain the solutions of nearly all principal problems on it. A French architect and mathematician Desargues (1593 – 1662) was the first to apply the method of coordinates to construct the perspective, and became the founder of axonometric method in descriptive geometry.

At the end of XVIII century a French scientist Jasper Monge (1746 – 1818) summarised the knowledge on the theory and practice of imaging, and created a clear scientific discipline about rectangular projections. In 1798 he published his work “Descriptive Geometry” in which suggested to consider a plane drawing containing two projections to be a result of coincidence of two mutually perpendicular projection planes. This coincidence is obtained by rotation of the planes round their intersection line. Later the line was called «projection axis».

Интенсивно развивалась графика и в Древней Руси, причем развитие шло своим собственным самобытным путем. До нас дошли выполненные по соответствующим правилам план города Пскова (1581), «Чертеж Московского кремля» (1600), «Чертежная книга Сибири», составленная Семеном Ремезовым в 1701 г.

Большой толчок в развитии способов изображения вызвало развитие техники и связанного с ним изобретательства и открытий. В 1763 г. И.И. Ползунов изготовил чертежи изобретенной заводской паровой машины. Сохранились также чертежи механика – самоучки И.П. Кулибина. Например, чертежи однопролетного арочного моста через Неву (1773).

С открытием в 1810 г. в Петербурге Института корпуса инженеров путей сообщения наряду с другими дисциплинами там начал преподаваться курс начертательной геометрии. Первым профессором начертательной геометрии был назначен ученик Г. Монжа французский инженер Карл Потье. С 1818 г. лекции по начертательной геометрии в этом институте стал читать профессор Я.А. Севастьянов (1796 – 1849). В 1821 г. он издает оригинальный курс под названием «Основания начертательной геометрии». Это был первый в России учебник по начертательной геометрии на русском языке.

Дальнейшее развитие начертательной геометрии в России связано с именами М.И. Макарова (1824 – 1904), В.И. Курдюмова (1853 – 1904), Е.С.Федорова (1853 – 1919) и других ученых.

В октябре 1900г. начались занятия в первом в Сибири техническом вузе – Томском технологическом институте (Томском политехническом университете). Первым лектором по начертательной геометрии в институте был Валентин Николаевич Джонс. В своих учебниках («Курс начертательной геометрии» и «Задачи к курсу начертательной геометрии»), изданных в Томске в 1904г., он впервые в России применил безосные чертежи.

Значительный вклад в развитие научных исследований в области выполнения графических изображений, а также преподавания начертательной геометрии и черчения сделали профессор Н.А. Рынин (1887 – 1943), профессор В.О. Гордон (1892 – 1971), академик Н.Ф. Четверухин (1891 – 1974), профессор И.И. Котов (1909 – 1976) и многие другие.

Широкое разнообразие выполняемых чертежей потребовало единых правил и условностей их изготовления. В России они регламентируются Государственными стандартами России, а чертежи, предназначенные для разных стран – международными стандартами ISO.

При выполнении учебных чертежей и другой графической документации необходимо соблюдать эти стандарты. С ними Вы будете знакомиться при изучении разделов курса.

In ancient Russia the graphics developed intensively but in its own original way. Some ancient drawings produced according particular rules are now available, such as: a plan of Pskov-town (1581), a drawing of the Moscow Kremlin (1600), «Siberian Book of Drawings» compiled by Semyon Remezov in 1701.

Evolution of technics, inventions and discoveries gave a new impulse to the development of representation means. In 1763 I.I. Polzunov produced a drawing of a factory steam machine invented by him. Some drawings of a self-taught mechanic I.P. Kulibin have also been kept. For example, drawings of a single span arch bridge over the Neva river (1773).

When in 1810 the Institute of Railway Engineering Corps was opened in Petersburg, among the other subjects there was taught a course of descriptive geometry. Carl Pottier, one of J. Monge's pupils, was the first lecturer there. Since 1818 the lectures on descriptive geometry have been delivered by Professor Y.A. Sevostyanov (1796 – 1849). In 1821 he published an original course named «Foundation of Descriptive Geometry». It happened to be the first textbook on descriptive geometry in Russia in the Russian language.

In Tomsk Polytechnic University the graphic disciplines have been taught since 1900. The first lecturer on descriptive geometry was V. Jhons.

Further development of descriptive geometry in Russia is closely connected with the names of M.I. Makarov (1824–1904), V.I. Kurdyumov (1853–1904), E.S. Fyodorov (1853–1919) and other scientists.

Professor V.O. Gordon (1892–1971), Academician N.F. Chetverukhin (1891–1974), Professor I.I. Kotov (1909–1976) and others greatly contributed to scientific researches on graphic representations, also to teaching descriptive geometry and drawing in the colleges and universities of our country.

Diversity of the drawings produced required unification of the rules and conventions of their production. In Russia it is regulated by National Standards of Russia and by international standards of ISO (International Standards Organisation).

Fulfilling the training drawings and other graphical papers students must follow the above standards which will be presented within the course study.