

Выходит 4 раза в год

**Издается при поддержке:**

Московского государственного университета тонких химических технологий (МИТХТ) им. М.В. Ломоносова, Московского государственного академического художественного института (МГАХИ) им. В.И. Сурикова, Национального исследовательского университета «Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК)

Свидетельство о регистрации  
средства массовой информации  
от 4 июля 2012 г. ПИ № ФС77-50523

**Издатель:**

ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М»  
127282, Москва, ул. Полярная,  
д. 31В, стр. 1  
Тел.: (495) 280-15-96, 280-33-86 (доб. 501)  
Факс: (495) 280-36-29  
E-mail: books@infra-m.ru  
http://www.infra-m.ru

**Главный редактор:**

Сальков Н.А., канд. техн. наук,  
профессор МГАХИ им. В.И. Сурикова

**Выпускающий редактор:**

Путкова А.В.

**Отдел подписки:**

Назарова М.В.  
Тел.: (495) 280-15-96, доб. 249  
e-mail: podpiska@infra-m.ru

**Подписной индекс агентства «Роспечать» 25181**

© ИНФРА-М, 2014

Подписано в печать 10.09.2014.  
Формат 60x90/8. Бумага офсетная.  
Тираж 1000 экз. Заказ №

САЙТ: www.naukaru.ru  
E-mail: mag4@naukaru.ru

## СОДЕРЖАНИЕ

### НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОМЕТРИИ

**Иванов Г.С.**

Конструктивный способ исследования свойств  
параметрически заданных кривых ..... 3

**Сальков Н.А.**

Параметрическая геометрия в геометрическом  
моделировании ..... 7

**Милосердов Е.П., Глебов М.А.**

Расчет параметров конструкции и разработка  
алгоритмов реализации аналемматических  
солнечных часов ..... 14

### МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПРЕПОДАВАНИЯ

**Столбова И.Д., Столбов О.В., Шахова А.Б.**

Опыт проведения интернет-конференций по  
проблемам качества графической подготовки  
как пример межвузовской кооперации ..... 17

**Вольхин К.А., Астахова Т.А.**

Проблемы графической подготовки студентов  
технического университета ..... 24

**Арциховская-Кузнецова Л.В.**

О «головоломности» начертательной  
геометрии ..... 29

**Харих М.М., Козлова И.А., Славин Б.М.**

Конструирование сборочного чертежа изделия  
методом 3D-моделирования как завершающий этап  
изучения инженерной и компьютерной графики ... 34

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

**Бородкин Николай Николаевич**, д-р техн. наук, профессор.  
Тульский государственный университет, Тула (Россия).  
Tula State University, Tula (Russia).

**Виноградов Виктор Никонович**, д-р пед. наук, профессор.  
Витебский государственный университет имени П.М. Машерова (Беларусь).  
Vitebsk State University named after P.M. Masherov (Belarus).

**Волков Владимир Яковлевич**, д-р техн. наук, профессор.  
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия, Омск (Россия).  
Siberian State Automobile and Highway Academy, Omsk (Russia).

**Волошинов Денис Вячеславович**, д-р техн. наук, профессор.  
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций, Санкт-Петербург (Россия).  
Saint-Petersburg State University of Telecommunications, St. Petersburg (Russia).

**Вышнепольский Владимир Игоревич**, канд. пед. наук, доцент.  
Московский государственный университет тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова, Москва (Россия).  
Moscow State University of Fine Chemical Technology named after M.V. Lomonosov, Moscow (Russia).

**Дворецкий Александр Тимофеевич**, д-р техн. наук, профессор.  
Крымская академия природоохранного и курортного строительства, Симферополь (Россия).  
Crimean Academy for Environmental and Resort Construction, Simferopol (Россия).

**Иванов Геннадий Сергеевич**, д-р техн. наук, профессор.  
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Москва (Россия).  
Moscow State Technical University named after N.E. Bauman, Moscow (Russia).

**Лепаров Михаил Николаевич**, канд. техн. наук, профессор.  
Софийский технический университет, София (Болгария).  
Technical University of Sofia, Sofia (Bulgaria).

**Павлова Алина Абрамовна**, д-р пед. наук, профессор.  
Московский государственный педагогический университет, Москва (Россия).  
Moscow State Pedagogical University, Moscow (Russia).

**Парвлюсов Юрий Борисович**, канд. техн. наук, профессор.  
Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва (Россия).  
Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow (Russia).

**Сальков Николай Андреевич**, канд. техн. наук, профессор.  
Московский государственный академический художественный институт имени В.И. Сурикова, Москва (Россия).  
Moscow State Academic Art Institute named after V.I. Surikov (Russia).

**Скидан Иван Андреевич**, д-р техн. наук, профессор.  
Донецкий национальный технический университет, Донецк.  
Donetsk National Technical University, Donetsk.

**Столбова Ирина Дмитриевна**, д-р техн. наук, доцент.  
Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь (Россия).  
Perm National Research Polytechnic University, Perm (Russia).

**Щеглов Георгий Александрович**, д-р техн. наук, профессор.  
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Москва (Россия).  
Moscow State Technical University named after N.E. Bauman, Moscow (Russia).

## Варушкин В.П.

Использование САПР для курсового проектирования. ....38

## Горнов А.О., Усанова Е.В., Шацилло Л.А.

Базовая геометро-графическая подготовка на основе 3D-электронных моделей. ....43

Информация для авторов. ....50

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Сальков Николай Андреевич**, канд. техн. наук, профессор.  
Московский государственный академический художественный институт имени В.И. Сурикова, Москва (Россия), гл. редактор.

**Вышнепольский Владимир Игоревич**, канд. пед. наук, доцент. Московский государственный университет тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова, Москва (Россия), зам. гл. редактора.

**Кадыкова Нина Серафимовна**, канд. техн. наук, доцент. Московский государственный университет тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова, Москва (Россия), ответственный секретарь.

**Парвлюсов Юрий Борисович**, канд. техн. наук, профессор. Московский государственный педагогический университет, Москва (Россия).

Присланные рукописи не возвращаются.

Точка зрения редакции может не совпадать с мнением авторов публикуемых материалов.

Редакция оставляет за собой право самостоятельно подбирать к авторским материалам иллюстрации, менять заголовки, сокращать тексты и вносить в рукописи необходимую стилистическую правку без согласования с авторами. Поступившие в редакцию материалы будут свидетельствовать о согласии авторов принять требования редакции.

Перепечатка материалов допускается с письменного разрешения редакции.

При цитировании ссылка на журнал «Геометрия и графика» обязательна.

Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов.

# НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОМЕТРИИ

УДК 513.628:515.2

DOI: 10.12737/6518

**Г.С. Иванов**

Д-р техн. наук, профессор,  
 Московский государственный технический университет  
 им. Н.Э. Баумана,  
 Россия, 105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1

## Конструктивный способ исследования свойств параметрически заданных кривых

**Аннотация.** Параметрический способ задания кривых широко применяется в компьютерной графике в силу простоты вычислительных процедур. Однако их графики не позволяют визуально оценить как их дифференциальные свойства, так и свойства в целом. Для этого необходимо их Perezazaniye в явном или неявном виде. В статье предлагается конструктивный способ перехода от параметрического задания кривой к явному и обратно. Он основан на изображении кривой на двух совместно рассматриваемых обобщенных чертежах Монжа. Например, параметрически заданная пространственная кривая  $m$  изображается своими проекциями  $m'$ ,  $m''$  и  $m'''$  соответственно на плоскостях проекций  $Opx$ ,  $Opy$ ,  $Opz$ . Эта же кривая, заданная в неявной форме, изображается своими проекциями  $m'$ ,  $m_1$ ,  $m_2$  на плоскостях проекций  $Opx$ ,  $Oxy$ ,  $Oxz$ . Общая плоскость проекций  $Opx$  этих двух обобщенных чертежей Монжа является графическим «ключом» перехода от одной системы координат к другой, т.е. от параметрического задания к неявному.

Способ пригоден для исследования свойств кривых многомерных пространств.

**Ключевые слова:** кривая линия, параметрическое задание кривой, явное задание кривой, обобщенный чертеж Монжа.

**Ivanov G.S.**

Doctor of Engineering, Professor,  
 Bauman Moscow State Technical University,  
 5 bld. 2 2d Baumanskaya st., Moscow, 105005, Russia

## Constructive Method of Studying the Properties of Parametrically Defined Curves

**Abstract.** The parametric method of defining curves is widely used in computer graphics because of the simplicity of its calculation procedures. However, their graphics do not give a possibility to evaluate visually neither their differential properties nor the properties in general. This requires them to be reset in an explicit or implicit form. The article shows a constructive way of transition from parametrically defined curves to explicit ones and back. It is based on the image of the curve on the two simultaneously analysed generalized Monge drawings. The method is suitable for the study of the properties of curves of multidimensional spaces.

For example, a parametrically defined space curve  $m$  is represented by its projections  $m'$ ,  $m''$  and  $m'''$ , respectively, on the projection planes  $Opx$ ,  $Opy$ ,  $Opz$ . The same curve, given implicitly, is represented by its projections  $m'$ ,  $m_1$ ,  $m_2$  on the projection planes  $Opx$ ,  $Oxy$ ,  $Oxz$ . The coinciding projection plane  $Opx$  of these two generalized Monge drawings is a graphical «key» of transition from

one coordinate system to another, i.e. from parametric representation to implicit one.

**Keywords:** curve, set a curve parametrically, set a curve explicitly, generalized Monge drawing.

В современных графических пакетах и системах автоматизированного проектирования, как известно [7], широко применяется параметрический способ задания кривых линий и поверхностей. Они представляются как составные линии (кривые Эрмита, Безье, сплайны различных видов) и поверхности (бикубические сплайны, поверхности Кунса) определенного порядка гладкости.

Составляющие одномерного обвода представляются в виде

$$x = f_1(p), y = f_2(p), z = f_3(p), \tag{1}$$

где в качестве функций  $f_1, f_2, f_3$  принимаются кубические полиномы:

$$\begin{aligned} x &= a_0 + a_1p + a_2p^2 + a_3p^3, \\ y &= b_0 + b_1p + b_2p^2 + b_3p^3, \\ z &= c_0 + c_1p + c_2p^2 + c_3p^3. \end{aligned} \tag{2}$$

Общеизвестно, что параметрическое задание функции, следовательно, ее график, отличается лучшими вычислительными свойствами по сравнению с заданием в явном или неявном виде. Кубические полиномы обеспечивают конструирование обвода до второго порядка гладкости, имея при этом минимально возможный порядок. Однако параметрическое задание функций (1) имеет и свои недостатки. На их графиках нельзя непосредственно построить касательные, круги кривизны и т.д., т.е. нельзя визуально оценить характер кривой, наличие осцилляций (точек перегиба), особых точек. Эти особенности можно увидеть лишь на графиках функций, заданных в явном или неявном видах:

$$y = \varphi(x), \psi(x, y) = 0 \text{ — для плоской кривой; } \tag{3}$$

$$\begin{cases} y = \varphi_1(x), \\ z = \varphi_2(x). \end{cases} \begin{cases} \psi_1(x, y, z) = 0, \\ \psi_2(x, y, z) = 0. \end{cases} \text{ — для пространственной}$$

кривой (4).

Поэтому для исследования свойств параметрически заданных кривых (1) необходимо их Perezazadi в явной или неявной формах (3), (4). В нашем случае это сводится к исключению параметра  $p$  из системы (2):

— в случае плоской кривой из первого уравнения параметр  $p$  выражаем через  $x$  и подставляем во второе, получаем

$$y = \varphi(x); \tag{5}$$

– в случае пространственной кривой из первого уравнения  $p$  выражаем через  $x$  и подставляем во второе и третье уравнения, получаем

$$\begin{aligned} y &= \varphi_1(x), \\ z &= \varphi_2(x). \end{aligned} \tag{6}$$

Так как уравнения в системе (2) кубические, то после этих подстановок в общем случае получим уравнения девятой степени (3), (4).

Во избежание дальнейших выкладок, обычно достаточно громоздких, исследование этих уравнений, точнее, их графиков, выполним конструктивно, используя средства начертательной геометрии. Предварительно необходимо исследовать график  $m$  кубического полинома в окрестности его несобственной точки  $B^\infty$  (рис. 1).

Для этого кубическую параболу  $m$  преобразуем в инволюционной гомологии  $J_2$  [2] с центром  $O$  и двойной прямой  $d$  ( $y = d$ ) в кривую  $m'$ . Несобственная точка  $B^\infty \in Oy$  параболы  $m$  преобразуется в точку  $B' = Oy \cap p$ , где  $p$  – предельная прямая гомологии  $J_2$  (образ бесконечно удаленной прямой  $p^\infty$  плоскости). Так как в инволюционной гомологии  $J_2$   $(ODB^\infty B') = -1$ , то точка  $B'(o; d/2)$  является серединой отрезка  $OD$ , где  $D = d \cap Oy$ .

Точка  $B'$  для образа  $m'$  кубической параболы  $m$  является двойной точкой. Ее прообраз  $B^\infty \in m$ , как известно, также является двойной точкой, так как любая прямая, параллельная оси  $Oy$ , пересекает параболу  $m$

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 \tag{7}$$

только в одной собственной точке, в отличие от произвольной прямой  $l$ , пересекающей кривую  $m$  в трех точках  $\bar{1}, \bar{2}, \bar{3}$  (см. рис. 1). В силу однозначности, в гомологии  $J_2$  соответственные двойные точки  $B^\infty \sim B'$  однотипны, т.е. они или узловые, или возврата, или изолированные [2]. Поэтому исследование типа точки  $B^\infty \in m'$  сведем к исследованию ее образа  $B' \in m'$ .

Для этого сначала выведем формулы преобразования  $J_2$ . На произвольном носителе  $l = l'$  ( $y = kx$  или  $y' = kx'$ ) соответственные точки, например,  $\bar{3}(x, y)$  и  $\bar{3}'(x', y')$  с двойными точками  $O$  и  $\bar{D} = l \cap d$  состав-

ляют гармоническую четверку  $(O\bar{D}\bar{3}\bar{3}') = -1$ . Расписав это сложное отношение, имеем

$$(O\bar{D}\bar{3}\bar{3}') = \frac{(O\bar{D}\bar{3})}{(O\bar{D}\bar{3}')} = \frac{O\bar{3}' \cdot \bar{D}\bar{3}}{\bar{D}\bar{3} \cdot O\bar{3}'} = \frac{y(y' - D)}{(y - D) \cdot y'} = -1.$$

Учитывая  $k = \frac{y}{x} = \frac{y'}{x'}$ , получим искомые формулы

преобразования  $J_2$ :

$$x = \frac{2 \cdot x'}{2y' - d}; \quad y = \frac{2 \cdot y'}{2y' - d}. \tag{8}$$

Подставив значения  $x, y$  из (8) в уравнение (7), после элементарных упрощений получаем уравнение (9) образа кривой третьего порядка  $m'$  (здесь для удобства дальнейших выкладок штрихи при неизвестных убраны):

$$a_3d^3x^3 + a_2d^2x^2(2y - d) + d(2y - d)^2(a_1x - y) + a_0(2y - d)^3 = 0. \tag{9}$$

Эта кривая с осью  $Oy$  ( $x = 0$ ) пересекается в двойной точке  $B' \left( y_{1,2} = \frac{d}{2} \right)$  и точке  $A' \left( y_3 = \frac{a \cdot d}{2a_0 - d} \right)$ , соответственной точке  $A(O, a_0)$  прообраза  $m$ . Исследование точки  $B'$  кривой  $m'$  выполним по известной схеме:

- дифференцируем функцию (9),
- подставляем координаты точки  $B'$  в полученное дифференциальное уравнение, что дает неопределенность типа  $0/0$ ; это является признаком того, что точка  $B'$  – двойная;
- раскрываем неопределенность по правилу Лопитала и получаем два совпавших значения  $\frac{dy}{dx} = 0$ .

Это значит, что предельная прямая  $p$  является касательной к кривой  $m'$  в ее точке возврата  $B'$ . Таким образом, для кубической параболы  $m$  ее несобственная двойная точка  $B^\infty \in Oy$  является точкой возврата, а ее ветви касаются здесь несобственной прямой  $p^\infty$  плоскости [6].

Теперь методами начертательной геометрии исследуем график  $m_1$  функции (5), полученной из системы (2) исключением из ее первых двух уравнений параметра  $p$  (рис. 2). Графики  $m' \subset \Pi'$ ,  $m'' \subset \Pi''$  этих двух уравнений примем за направляющие проектирующих цилиндрических поверхностей  $\alpha(m, V^\infty)$ ,  $\beta'(m', U^\infty)$ , где

$V^\infty \in Oy$ ,  $U^\infty \in Ox$ , отнесенных к декартовой системе координат  $Oxyp$ . Эти цилиндрические поверхности (конические поверхности с несобственными вершинами  $V^\infty, U^\infty$ ) имеют общую образующую  $l^\infty$ , принадлежащую несобственной плоскости  $w^\infty$  пространства. Образующая  $l^\infty$  является двукратной на каждой из этих поверхностей, а пло-

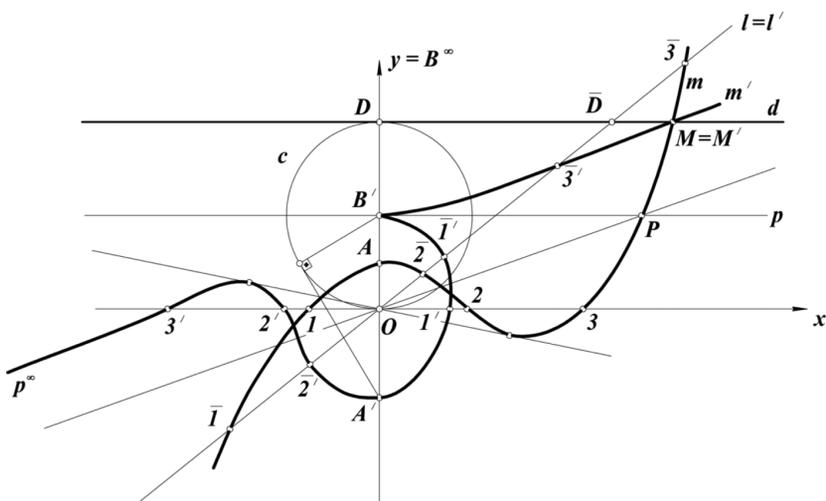


Рис. 1

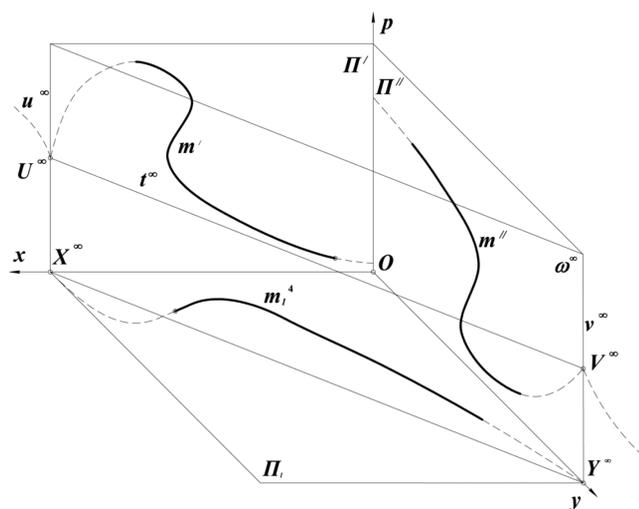


Рис. 2

скость  $w^\infty$  является их общей касательной плоскостью, касающейся обеих их пол вдоль прямой  $f^\infty$ . Это следует из поведения направляющих  $m', m''$  в окрестности их несобственных двойных точек (см. рис. 1).

Таким образом, пространственная кривая  $m^9$ , по которой пересекаются цилиндрические поверхности  $\alpha', \beta''$  третьего порядка, является кривой девятого порядка ( $9 = 3 \times 3$ ). Она распадается на их общую несобственную образующую  $f^\infty$ , считаемую пять раз (4 раза – из-за того, что является двукратной на каждой из них; 1 раз – из-за касания их пол вдоль  $f^\infty$ ). Следовательно, графиком  $m^4$  функции (5) является кривая четвертого порядка (рис. 2, 3). Она представляет собой проекцию  $m_1^4$  собственной составляющей  $m^4$  линии пересечения проецирующих цилиндрических поверхностей  $\alpha'$  и  $\beta''$ .

Пространственная кривая  $m^4$  проходит через несобственные вершины  $V^\infty, U^\infty$  проецирующих цилиндрических поверхностей  $\alpha'$  и  $\beta''$ . Поэтому ее проекции  $m' \subset \Pi', m'' \subset \Pi''$  являются кривыми третьего порядка. Наличие у поверхностей  $\alpha'$  и  $\beta''$  общей образующей  $f^\infty = U^\infty V^\infty$  с общей касательной плоскостью  $w^\infty$  приводит к появлению несобственных точек возврата  $U^\infty \in m', V^\infty \in m''$  с касательными  $u^\infty = \Pi' \cap w^\infty, v^\infty = \Pi'' \cap w^\infty$ . На рис. 3 она построена как третья проекция  $m_1^4$  на плоскости проекций  $\Pi_1(Oxy)$  пространственной кривой четвертого порядка  $m^4$ , заданной своими проекциями  $m'$  и  $m''$  соответственно на плоскостях проекций  $\Pi'(Oxp), \Pi''(Oyp)$ . Кривая  $m_1^4$  представляет собой змеевидную линию с двумя несобственными действительными точками  $X^\infty \in Ox, Y^\infty \in Oy$ . Поэтому она пересекает несобственную прямую  $X^\infty Y^\infty$  плоскости  $w^\infty$  еще в двух мнимых точках.

Далее исследуем пространственную кривую  $m$ , задаваемую системой уравнений (6), получаемой из системы (2) освобождением от параметра  $p$ . В геометрическом толковании эта система представляет уравнения трех проецирующих трехмерных цилиндрических (гиперцилиндрических) поверхностей  $\alpha' \perp Oxp, \beta'' \perp Oyp, \gamma''' \perp Ozp$ , отнесенных к декар-

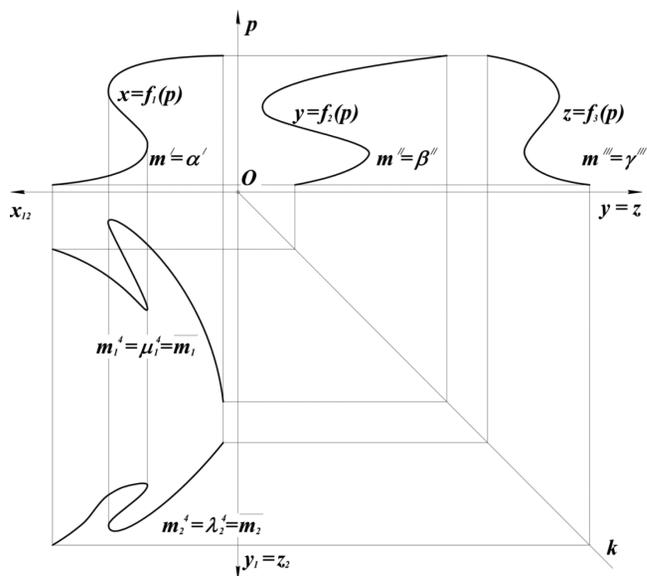


Рис. 3

товой системе координат  $Oxyzp$  четырехмерного пространства (рис. 3). Переход от системы (2) к системе (6) освобождением от параметра  $p$  геометрически объясняется так:

- проецирующие гиперцилиндрические поверхности  $\alpha', \beta''$  пересекаются по двумерной проецирующей цилиндрической поверхности четвертого порядка  $(\mu_1^4 = m_1^4) \perp Oxu (3+3-4=2)$ ;
- аналогичные гиперцилиндрические поверхности  $\alpha', \gamma'''$  пересекаются по двумерной проецирующей цилиндрической поверхности четвертого порядка  $(\lambda_2^4 = m_2^4) \perp Oxz$ ;
- в трехмерном пространстве  $Oxyz$  цилиндрические поверхности  $\mu_1^4, \lambda_2^4$  пересекаются по пространственной кривой  $\bar{m}^{16} = \mu_1^4 \cap \lambda_2^4$  шестнадцатого порядка, являющейся графиком системы (6).

Полученная кривая  $\bar{m}^{16}$ , очевидно, распадается на составляющие, так как ее проекции  $m_1^4, m_2^4$  находятся в частном положении:

- они инцидентны несобственной точке  $X^\infty$  оси  $Ox$ ;
- кривая  $m_1^4$  проходит через несобственную точку  $Y^\infty$  оси  $Oy$ , а кривая  $m_2^4$  – точку  $Z^\infty$  оси  $Oz$  системы координат  $Oxyz$ .

Отсюда следует, что

- кривая  $\bar{m}^{16}$  инцидентна точке  $X^\infty$ ;
- она распадается на несобственную прямую  $Y^\infty Z^\infty$  – общую образующую проецирующих цилиндрических поверхностей  $\mu_1^4$  и  $\lambda_2^4$ , и собственную часть  $\bar{m}^{15}$  их пересечения.

Любая плоскость  $\delta_i$  пучка параллельных плоскостей  $Y^\infty Z^\infty (\delta) \dots Oz$  пересекает каждую из цилиндрических поверхностей  $\mu_1^4, \lambda_2^4$  по трем собственным образующим, пересекающимся в девяти точках  $M_j (j=1, 2, 3, \dots, 9) \in \bar{m}^{15}$ . Точки  $Y^\infty, Z^\infty$  на  $\bar{m}^{15}$  являются трехкратными. Действительно, одна из этих трех образующих совпадает с несобственной прямой  $Y^\infty Z^\infty$ , если некоторая плоскость  $\delta_i$  пучка ( $Y^\infty Z^\infty$ ) будет касаться кривой  $\bar{m}^{15}$  в точке  $Y^\infty$  или  $Z^\infty$ . Тогда одна

из точек  $\bar{M}_j$  совпадет с вершиной  $Y^\infty$  цилиндра  $\lambda_2^4$

или  $Z^\infty \in \mu_1^4$ .

Отсюда следует, что проекцией  $m_1^4$  кривой  $\bar{m}^{15}$  из точки  $Z^\infty$  на  $\Pi_1$  будет кривая четвертого порядка  $\frac{15-3}{3} = 4$  [4]: кратность точки  $Z^\infty$  на  $\bar{m}^{15}$  понижает порядок ее проекции на 3 ( $15 - 3 = 12$ ); каждая образующая цилиндрической поверхности  $\mu_1^4$  пересекает поверхность  $\lambda_2^4$  в трех собственных точках, что понижает порядок проекции в три раза ( $12 : 3 = 4$ ). Аналогичные выкладки справедливы и для фронтальной проекции  $m_2^4$  кривой  $\bar{m}^{15}$ .

В заключение отметим, что рассмотренный выше конструктивный подход к преобразованию параметрически заданных кривых в кривые, заданные своими проекциями (см. рис. 3), естественным образом обобщается на пространства высших размерностей. На обобщенном чертеже Монжа с горизонтальным расположением  $n$  плоскостей проекций  $\Pi'(Opx)$ ,  $\Pi''(Opy)$ ,  $\Pi'''(Opz)$ , ... моделируется параметрически заданная кривая  $m$   $n$ -мерного пространства. Отобразив пары плоскостей проекций  $\Pi' - \Pi''$ ,  $\Pi' - \Pi'''$ ,  $\Pi' - \Pi^{IV}$ , ... этого чертежа соответственно на плоскости проекций  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \dots$  другого обобщенного чертежа Монжа с вертикальным расположением плоскостей проекций, получаем  $n - 1$  проекции  $m_1, m_2$  данной кривой  $m$ . При этом новые проекции  $m_1, m_2, \dots$  строятся как третьи проекции исходных пар проекций  $m' - m'', m' - m''', \dots$

**Литература**

1. Божко А.Н., Жук Д.М., Маничев В.Б. Компьютерная графика. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007.

2. Иванов Г.С. Конструирование технических поверхностей (математическое моделирование на основе нелинейных преобразований). М.: Машиностроение, 1987.  
 3. Иванов Г.С. Начертательная геометрия. 3-е изд. М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012.  
 4. Коцюбинский А.О., Грошев С.В. Компьютерная графика. Практическое пособие. М.: Техноложжи – 3000, 2001.  
 5. Порев В.Н. Компьютерная графика. СПб.: БХВ – Петербург, 2002.  
 6. Смогаржевский А.С., Столова Е.С. Справочник по теории плоских кривых третьего порядка. М.: Физматгиз, 1961.  
 7. Фокс А., Прамм М. Вычислительная геометрия. Применение в проектировании и на производстве. М.: Мир, 1982.

**References**

1. Bozhko A.N., Zhuk D.M., Manichev V.B. *Komp'yuternaya grafika* [Computer graphics]. Moscow, Bauman State Technical University Publ., 2007.  
 2. Ivanov G.S. *Konstruirovaniye tekhnicheskikh poverkhnostey (matematicheskoye modelirovaniye na osnove nelineynykh preobrazovaniy)* [Design of technical surfaces (mathematical modelirovaniye based on nonlinear transformations)]. Moscow, Mashinostroeniye Publ., 1987.  
 3. Ivanov G.S. *Nachertatel'naya geometriya* [Descriptive geometry]. Moscow, Moscow, State Forest University Publ., 2012.  
 4. Kotsyubinskiy A.O., Groshev S.V. *Komp'yuternaya grafika. Prakticheskoye posobie* [Computer graphics. A practical guide]. Moscow, «Tehnołodzhi-3000» Publ., 2001.  
 5. Porev V.N. *Komp'yuternaya grafika* [Computer graphics]. St. Petersburg, BHV – Petersburg Publ., 2002.  
 6. Smogazhevskiy A.S., Stolova E.S. *Spravochnik po teorii ploskikh krivykh tret'ego poryadka* [Handbook of the theory of plane curves of the third order]. Moscow, Fizmatgiz Publ., 1961.  
 7. Foks A., Pratt M. *Vychislitel'naya geometriya. Primeneniye v proektirovaniy i na proizvodstve* [Application in engineering and manufacturing]. Moscow, Mir Publ., 1982.

УДК 514

DOI: 10.12737/6519

**Н.А. Сальков**

Канд. техн. наук, профессор,  
 Московский государственный академический  
 художественный институт имени В.И. Сурикова,  
 Россия, 109004, г. Москва, Товарищеский переулок, д. 30

## Параметрическая геометрия в геометрическом моделировании

**Аннотация.** Дается краткая история создания параметрической геометрии за рубежом и в России. Дается определение понятию «параметр». Показывается, какие задачи решает параметрическая геометрия в геометрическом конструировании: 1. Параметраж геометрических фигур и их многообразий. 2. Параметраж геометрических условий. 3. Исследование геометрического смысла параметров. 4. Исследование возможности сосуществования геометрических условий. Указывается ошибочное представление о параметризации геометрических условий как относящихся исключительно к компьютерной графике. На самом деле геометрические зависимости введены в компьютерную графику именно из параметрической геометрии, именно параметрическая геометрия определила, сколько параметров связывает та или иная зависимость. Основой метода параметрической геометрии является параметрическое исчисление. Основной задачей — определение числа параметров геометрических фигур на основе параметров формы и положения, а также геометрических условий и их исследование.

Показано, что параметрическая геометрия лежит в основе каркасного метода конструирования. Конструирование поверхностей получением их каркасов имеет определенные преимущества перед другими традиционными математическими методами, так как в реальных условиях производства поверхность изготавливается не как непрерывное двухпараметрическое множество точек, а как дискретное семейство линий, которое при необходимости сглаживается.

На примере формирования проезжей части автомобильной дороги, являющейся линейчатой поверхностью общего порядка, показано применение параметрической геометрии в конструировании геометрической и математической моделей, без чего невозможно визуализировать поверхность дороги на компьютере.

**Ключевые слова:** параметрическая геометрия, исчислительная геометрия, параметр, геометрические параметры, параметраж геометрических фигур, исчислительный метод, аналитическая геометрия.

**N.A. Salkov**

Ph.D. of Engineering, Professor,  
 Surikov Moscow State Academic Art Institute,  
 30 Tovarishchesky per., Moscow, 109004, Russia

## Parametric Geometry in Geometric Modeling

**Abstract.** A brief history of parametric geometry creation in Russia and foreign countries is delivered. The term «parameter» is defined. Problems in geometric design solved by parametric geometry are: 1. Parametric area of geometric figures and their manifolds. 2. Parametric area of geometric conditions. 3. Study of geometric meaning of parameters. 4. Study of possibility of coexistence of geometric conditions. The article specifies a misconception about the parameterization of geometric conditions as referring exclusively to computer graphics. Geometric dependencies were in fact introduced into computer graphics from parametric geometry, it was parametric geometry that defined the number of parameters associated with a dependency. The parametric geometry method is based on parametric calculus. The main task is to research and determine the number of parameters of geometric shapes based on shape parameters, positions, and geometric conditions.

The article shows that parametric geometry underlies the wire-frame method of construction. Designing surfaces as a set of frames has certain advantages over other traditional mathematical methods, as in real production conditions the surface is made not as a continuous two-parameter set of points, but as a discrete family of lines, which is optionally smoothed.

For example, the formation of the carriageway of the road, which is a general ruled surface, shows the use of parametric geometry in the construction of geometrical and mathematical models, without which it is impossible to visualize the road surface with a computer.

**Keywords:** parametric geometry, enumerative geometry, parameter, geometrical parameters, parametric area of geometric shapes, enumerative method, analytic geometry.

Многие преподаватели начертательной геометрии, за редким исключением, плохо знают, что представляет собой параметрическая геометрия и для чего она нужна. Многие ошибочно считают параметраж, использующийся в компьютерной графике, совершенно отдельным элементом, независимым от параметрической геометрии и присущим исключительно компьютерной графике [29], что в корне неверно.

Попробуем популяризовать некоторые сведения, касающиеся параметрической геометрии, и донести до широких масс хотя бы небольшой их объем.

В 1839 г. Ю. Плюккер опубликовал работу [34]. С этого момента, как считается, было заложено начало развития параметрической геометрии. В этой работе речь идет о подсчете параметров алгебраических кривых и их уравнений.

Параметры — это некоторые независимые величины (числа), значения которых служат для различия элементов множеств между собой. В качестве параметров могут выступать коэффициенты уравнений, значения на числовой оси (осях координат), геометрические условия.

Например, если взять известное уравнение первой степени

$$Ax + By + Cz - D = 0, \quad (1)$$

задающее в  $R^3$  плоскость, и преобразовать его в

$$\frac{A}{D}x + \frac{B}{D}y + \frac{C}{D}z = 1, \quad (2)$$

то величины  $A/D$ ,  $B/D$ ,  $C/D$  являются параметрами. Если преобразовать (2) в

$$\frac{x}{D/A} + \frac{y}{D/B} + \frac{z}{D/C} = 1, \quad (3)$$

получим известное каноническое уравнение плоскости «в отрезках», где числа в знаменателе являются величинами отрезков на числовых осях  $x$ ,  $y$  и  $z$  соответственно. То есть теперь мы знаем, как проходит в пространстве плоскость, знаем геометрическую сущность этих параметров.

Вслед за Ю. Плюккером параметрической геометрией последовательно занимались известные французские геометры В. Понселе и М. Шалль, а затем

немецкие — Г. Шуберт [35] и Х.Г. Цейтен [36]. В 1900 г. выдающийся немецкий математик Д. Гильберт сформулировал 23 математические проблемы, подлежащие исследованию в ближайшее время. На 15-м месте стояла параметрическая геометрия. Однако исследование этой проблемы затянулось, а с середины 1920-х гг. интерес к ней упал окончательно.

В России первая работа по параметрической геометрии вышла в 1963 г. [30]. В ней Н.Ф. Четверухин дал методику подсчета параметров многоугольников и многогранников. Сформулируем метод и задачу параметрической геометрии.

Основой метода параметрической геометрии является параметрическое исчисление. Основной задачей — определение числа параметров геометрических фигур и их исследование.

После Н.Ф. Четверухина вопросом параметрической геометрии занимался профессор Н.Н. Рыжов. Его работы [13–15] в области параметрической геометрии являются фундаментальными. Бурное развитие параметрической геометрии было вызвано развитием вычислительной техники, для которой параметрический счет стал необходим. В настоящее время в параметрической геометрии можно выделить 4 основные задачи [22]:

- 1) параметраж геометрических фигур и их многообразий;
- 2) параметраж геометрических условий;
- 3) исследование геометрического смысла параметров;
- 4) исследование возможности сосуществования геометрических условий.

Первые две задачи в принципе решены. Третья и четвертая находятся в стадии решения, общих подходов к их решению пока нет, поэтому в каждом конкретном случае приходится анализировать условия и находить оригинальное решение. Тут еще остается обширное поле для исследований.

В этом месте стоит сделать следующее замечание. Некоторые авторы [29, с. 10], как уже говорилось выше, параметраж геометрических условий приписывают исключительно компьютерной графике. Отнюдь. Вопросом геометрических условий как параметров занимались академик Н.Ф. Четверухин, профессор Н.Н. Рыжов и их многочисленные ученики, разрабатывавшие принципы параметрической геометрии. Сравните с [17, 19, 20, 22, 23].

Где же применяется параметрическая геометрия?

Значительная часть исследований в прикладной геометрии поверхностей направлена на конструирование каркасов поверхностей, и в этой области параметрическая геометрия занимает одно из ведущих мест. В теории каркаса фундаментальными являются работы профессора Н.Н. Рыжова [13 и др.]. Каркасная теория задания и конструирования поверхностей дает общую точку зрения на вопросы геометрического конструирования поверхностей, задания их в пространстве и на чертеже, обобщает различные способы и приемы прикладной геометрии поверхностей. В работах [16, 20] получает развитие идея формализации процесса конструирования поверхностей

как по отдельным вопросам, так и всего метода в целом. Формализация таких вопросов, как составление закона каркаса, выявление определителя поверхности, получение линии каркаса как элемента непрерывного каркаса поверхности, является главным моментом в проблеме автоматизации этих процессов.

Конструирование поверхностей получением их каркасов имеет определенные преимущества перед другими традиционными математическими методами, так как в реальных условиях производства поверхность изготавливается не как непрерывное двухпараметрическое множество точек, а как дискретное семейство линий, которое при необходимости сглаживается.

Дискретный каркас с наперед заданной плотностью расположения линий можно получить из заданного непрерывного каркаса. Современные технические средства позволяют получать и воспроизводить дискретные каркасы с плотностью, на несколько порядков превосходящей требуемую в инженерной практике. Это дает возможность при решении инженерных задач пользоваться приближенными методами там, где решение классическими методами анализа по тем или иным причинам затруднено.

Однопараметрическое множество ( $\infty^1$ ) линий, образующее каркас некоторой поверхности, можно получить двумя способами: наложением геометрических условий на элементы многопараметрического множества или размножением первоначально заданной производящей линии путем преобразования пространства. Оба способа получили широкое распространение в прикладной геометрии поверхностей и являются основными при конструировании каркасных поверхностей.

Вопросы геометрического моделирования каркасных поверхностей решались применительно к архитектурно-строительной практике в работах [10, 19, 23, 24, 31]. Параметризации геометрических условий и поверхностей, алгоритмам перехода от конструктивно-кинематического задания поверхностей к аналитическому посвящены работы [5, 7, 9, 12, 14, 15, 17, 19–21, 23–26, 30].

В течение более чем 35 лет под научным руководством профессора Н.Н. Рыжова велась методически последовательная, целенаправленная работа по исследованию каркасно-параметрического метода задания и конструирования поверхностей. Исследовались общие вопросы каркасной теории задания и конструирования поверхностей [3, 7, 13, 18], параметризации фигур и геометрических условий, образующих эти фигуры [7, 14, 15, 17, 20, 21, 25], свойств многопараметрических линий и поверхностей [3, 4, 18], алгоритмизации и формализации конструирования поверхностей [2, 7, 12, 16], получения их уравнений, параметризации чертежа поверхности и др.

Рассмотрим основные положения, раскрывающие сущность каркасно-параметрического метода.

Наперед заданные требования к конструируемой поверхности предъявляются в виде геометрических условий, каждое из которых выступает или в виде

параметра элемента каркаса, или в виде функций, устанавливающих определенную зависимость между параметрами элемента каркаса. Каждое из геометрических условий задает определенное число связей между параметрами элементов каркаса, это число называется параметрическим числом данного условия.

При каркасно-параметрическом методе конструирования поверхностей  $\infty^1$  (однопараметрическое множество) линий, представляющих собой каркас поверхности, получается выделением этого множества из  $\infty^e$  ( $e$ -параметрического множества) линий некоторого пространства. Если элемент каркаса в некотором пространстве определен по форме и положению  $e$  параметрами ( $e = p + q$ , где  $p$  – число параметров формы, а  $q$  – число параметров положения), то это означает, что все пространство заполнено  $\infty^e$  этих линий. Задавая  $1, 2, \dots, (e - 1)$  параметр, можно из  $\infty^e$  выделить  $\infty^{e-1}, \infty^{e-2}, \dots, \infty^1$  линий. Оставшийся свободным  $e$ -й параметр выступает в качестве параметра каркаса.

К аналогичному результату можно прийти, связывая функционально параметры элемента каркаса  $\alpha^i$  ( $i = 1, 2, \dots, e$ ) соответственно  $1, 2, \dots, (e - 1)$  связью. Такая связь устанавливается заданием геометрических условий, предъявляемых к линии – элементу каркаса. Совокупность геометрических условий, выделяющих линейный каркас из  $\infty^e$  линий, образует закон каркаса. Поскольку каждое из геометрических условий может иметь отличное от других условий параметрическое число, то количество таких условий в законе каркаса должно быть таким, чтобы сумма их параметрических чисел равнялась  $(e - 1)$ .

Геометрические условия, входящие в закон каркаса, несут информацию также и об определителе. Эта информация содержится в виде описания тех геометрических образов, через которые осуществляется связь параметров элементов каркаса.

Каркасно-параметрический метод конструирования поверхностей состоит в обобщенном виде из следующих составляющих:

- 1) определение исходного  $\infty^e$  линий, из которых выделяется каркас;
- 2) выбор геометрических условий, обеспечивающих наперед заданные требования;
- 3) параметрическая оценка геометрических условий.
- 4) составление закона каркаса;
- 5) выявление принципиального определителя по закону каркаса;
- 6) определение метода получения линии каркаса;
- 7) реализация метода получения линии каркаса;
- 8) воспроизведение линии в каком-нибудь виде.

Каркасно-параметрический метод задания и конструирования поверхностей позволяет довольно просто осуществить переход от конструктивно-кинематического задания поверхности к аналитическому, а затем и к визуализации самой поверхности.

Все многообразие  $\infty^e$  кривых пространства можно записать в виде системы

$$\begin{cases} \Phi_1(X, Y, Z, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_e) = 0; \\ \Phi_2(X, Y, Z, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_e) = 0, \end{cases} \quad (4)$$

где  $\alpha_i$  – параметр элемента каркаса.

Закон каркаса можно выразить системой из  $(e - 1)$  уравнений

$$\psi_i(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_e) = 0; \quad i = 1, 2, \dots, (e - 1). \quad (5)$$

Исключив  $(e - 1)$  параметр из  $(e + 1)$  уравнений (4) и (5), получим уравнение каркаса с параметром каркаса  $\alpha_k$ :

$$\begin{cases} F_1(X, Y, Z, \alpha_k) = 0; \\ F_2(X, Y, Z, \alpha_k) = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Исключив параметр каркаса  $\alpha_k$ , можно получить уравнение поверхности в виде:

$$F(X, Y, Z) = 0. \quad (7)$$

Таким образом, каркасно-параметрический метод является достаточно универсальным методом прикладной геометрии поверхностей. Метод отличается высокой формализованностью и универсальностью его алгоритмов, что является важным моментом в вопросе автоматизации конструирования поверхностей.

Во вторую группу конструирования поверхностей входят такие методы, как метод Кунса [11, 26, 27], метод Фергюсона [26, 27, 31], метод Безье [11, 28, 32], метод сплайнов [1, 6, 8].

Сущность этих методов заключается в доопределении поверхности в промежутках между заданным точечным каркасом с соблюдением плавного изменения кривизны. Поверхность разбивается на ячейки, которые стыкуются между собой с заданной степенью гладкости.

Рассмотрим, как работает параметрическая геометрия и каркасно-параметрический метод конструирования поверхностей при получении поверхности проезжей части автомобильной дороги.

Известно, что поверхности автомобильной дороги являются линейчатыми поверхностями общего вида.

Первоначально задается конечный дискретный ряд  $N$  точек (рис. 1) своими пространственными координатами  $x, y, z$ . Необходимо получить поверхность проезжей части автомобильной дороги, которая, как уже было сказано, является линейчатой поверхностью общего порядка.

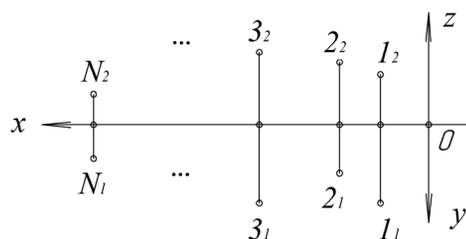


Рис. 1

Становится понятным, что без дополнительного геометрического и математического моделирования, далее реализованных в программное обеспечение, никакие графические системы наподобие *AutoCAD* или КОМПАС просто так визуализировать эту поверхность не в состоянии. Не те в них первоначальные цели были заложены.

Поверхностные формы автомобильных дорог должны быть монофункциональными, должны позволять перемещение по ним с большими скоростями. На этих поверхностях не нужно локально изменять форму поверхности на участке какой-либо ячейки, как это возможно при задании поверхностей по методам Кунса, Фергюсона или Безье. Поэтому для моделирования поверхностей автомобильной дороги наиболее приемлемым становится каркасно-параметрический метод конструирования как наиболее соответствующий для формирования поверхностных форм автомобильных дорог. Этот метод может быть объединен с методом сплайнов.

Конечной целью этапа проектирования можно считать формирование геометрических и математических моделей линейных и поверхностных форм автомобильной дороги, учитывающих некоторые наперед заданные условия, такие, например, как прохождение оси дороги через заданный ряд опорных точек, минимизация кривизны оси дороги, гладкость стыковки отдельных кусков линий и отсеков поверхностей не ниже хотя бы второго порядка и др.

Как это сделать в *AutoCAD* без математической модели?

Рассмотрим математическую модель поверхности проезжей части автомобильной дороги.

Линейчатая поверхность проезжей части автомобильной дороги может быть образована по следующему закону. Прямолинейная образующая  $l$ , перемещаясь в пространстве  $R^3$ , пересекает направляющую линию  $q$ , принадлежит семейству плоскостей  $\Sigma$ , нормальных к горизонтальной проекции  $q_1$ , направляющей линии  $q$ , и угол наклона  $\varphi$  образующих  $l$  к горизонтальной плоскости, плавно изменяется, будучи функционально связанным с длиной  $s_1$  горизонтальной проекции  $q_1$ , направляющей  $q$ .

Формулу поверхности можно записать в следующем виде:

$$\Phi \left\{ l(q, \varphi = f(s_1)) \left( l^i \subset \Sigma^i \perp q_1, |l^i \wedge \Pi_1| = \varphi^i = f(s_1^i) \right) \right\}. \quad (8)$$

Очевидно, что все многообразие линейчатых поверхностей будет зависеть от вида направляющей кривой  $q$ , ее формы и положения, а также от функции зависимости угла  $\varphi$  от положения точки на оси дороги.

Теперь, учитывая параметраж условий (опять-таки отсылаю к работе [8, с. 10]), попробуем получить поверхность проезжей части дороги.

Рассмотрим получение математической модели этой поверхности.

Пусть уравнение направляющей пространственной кривой  $g$  (оси дороги) известно и выражено в параметрическом виде:

$$\begin{cases} X_g = X_g(t); \\ Y_g = Y_g(t); \\ Z_g = Z_g(t). \end{cases} \quad (9)$$

В  $R^3$   $\infty^4$  прямых:

$$\begin{cases} Y = kX + l; \\ Z = mX + n, \end{cases} \quad (10)$$

где  $k, l, m, n$  – параметры прямой.

Нормаль к горизонтальной проекции  $q_1$  кривой  $q$ , т.е. к  $Y(t)$  в плоскости проекций  $\Pi_1$ , в точке  $(X^i, Y^i, Z^i)$  имеет вид:

$$X'(t)[X - X^g(t)] + Y'(t)[Y - Y^g(t)] = 0. \quad (11)$$

Так как горизонтальная проекция  $l_1^i$  образующей  $l^i$  в точке  $(X^i, Y^i)$  является нормалью к горизонтальной проекции  $q_1$ , то, преобразуя (11) относительно координаты  $Y$ , получим уравнение горизонтальной проекции  $l_1^i$  образующей  $l^i$ :

$$Y = Yg(t) - \frac{X'(t)}{Y'(t)}[X - Xg(t)], \quad (12)$$

при  $Y'(t) \neq 0$ .

Очевидно, что (12) является также математической моделью  $\infty^1$  плоскостей  $\Sigma^i$ , нормальных к  $q_1$  и несущих образующие  $l^i$ .

Принимая систему (10) за уравнение  $\infty^4$  прямых в  $R^3$ , можно записать вида

$$\begin{cases} Y = Yg(t) - \frac{X'(t)}{Y'(t)}[X - Xg(t)]; \\ Z = mX + n \end{cases} \quad (13)$$

принять за уравнение  $\infty^3$  прямых, расположенных в системе плоскостей (3.10). Параметрами являются  $m, n$  и  $t$ .

То есть условие нормали связывает один из параметров, в результате чего из  $\infty^4$  прямых получаем комплекс прямых.

Условие пересечения  $l^i$  с кривой  $g$  дает еще одну зависимость между параметрами  $m, n$  и  $t$ . Если (9) – уравнение кривой  $g$ , то получим систему:

$$\begin{cases} X^g = X(t); \\ Y^g = Y(t); \\ Z^g = Z(t); \\ Y = Yg(t) - \frac{X'(t)}{Y'(t)}[X - Xg(t)]; \\ Z = mX + n, \end{cases}$$

исключая из которой  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ , получим

$$Z^g(t) = mX^g(t) + n.$$

Отсюда:

$$n = Z^g(t) - mX^g(t).$$

Следовательно, запись

$$\begin{cases} Y = Yg(t) - \frac{X'(t)}{Y'(t)}[X - Xg(t)]; \\ Z = mX + Z^g(t) - mX^g(t), \end{cases} \tag{14}$$

с параметрами  $m$  и  $t$  задает  $\infty^2$  прямых, пересекающих  $q$  и принадлежащих  $\infty^1$  плоскостей  $\Sigma$ . Таким образом, вводя последующую зависимость и снижая тем самым мощность множества еще на одну единицу, получаем конгруэнцию прямых.

Если задать функциональную зависимость  $\varphi$  от  $t$ , то параметр  $m$ , зависящий от  $\varphi$  и  $t$ , будет определяться для каждого  $t$ . При непрерывном изменении  $t$  непрерывно будет изменяться и  $m$ . Тогда можно записать

$$\begin{cases} Y = Yg(t) - \frac{X'(t)}{Y'(t)}[X - Xg(t)]; \\ Z = Z^g(t) + f(t)[X - X^g(t)], \end{cases} \tag{15}$$

где  $f(t)$  определяет зависимость  $m$  от  $t$  и от  $\varphi$ , который, в свою очередь, зависит от  $t$ .

Система (15) – математическое выражение, задающее  $\infty^1$  прямых – линейчатую поверхность общего вида, являющуюся геометрической моделью поверхности проезжей части автомобильной дороги.

Произведя дополнительный ряд преобразований, введя данные СНИП «Автомобильные дороги», разработав программное обеспечение, можно, в конечном итоге, получить визуализированную на компьютере поверхность проезжей части автомобильной дороги. Но никак не раньше.

Итак, первоначально берется образующая, определяется ее параметрическое число (образующей может служить и поверхность, а результатом – огибающая  $\infty^1$  поверхностей [25]). Затем, последовательно включая в рассмотрение определенные геометрические зависимости: касание, параллельность, перпендикулярность, пересечение и т.д., достигается цель – формирование искомой поверхности.

В конце стоит добавить, что элементы параметрической геометрии и ее применение показано в работе [24], так как работу [22] найти довольно-таки сложно.

### Литература

1. Алберг Дж., Нильсон Э., Уолш Дж. Теория сплайнов и ее приложения. М.: Мир, 1972.
2. Геворгян В.В. Автоматизация каркасно-параметрического метода задания и конструирования каркасов

- поверхностей: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Одесса, 1978.
3. Гершман И.П. Конструирование поверхностей путем выделения их непрерывных линейчатых каркасов из многопараметрических множеств линий // Труды УДН им. П. Лумумбы. Т. 26: Математика. Вып. 3: Прикладная геометрия. М., 1967. С. 33–47.
4. Гершман И.П. Многопараметрические множества геометрических фигур и их координатные подмножества // Труды УДН им. П. Лумумбы. Т. 3: Прикладная геометрия. Вып. 4. М., 1971. С. 41–59.
5. Джапаридзе И.С. О роли параметрического исчисления в исследованиях по прикладной геометрии // Аналитические и графические методы рационального конструирования поверхности рабочих органов почвообрабатывающих машин. Киев, 1974. С. 41–46.
6. Завьялов Ю.С., Квасов Б.И., Мирошниченко В.Л. Методы сплайн-функций. М.: Наука, 1980.
7. Камалов А. Конструирование линейчатых поверхностей каркасно-параметрическим методом и их применение: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Самарканд, 1980.
8. Кислооккий В.Н., Седлецкая Н.И., Харченко А.И. Автоматизация представления геометрии дискретных моделей в задачах прочностных расчетов лопаток паровых турбин // Прикл. геометрия и инж. графика. Вып. 28. Киев: Будівельник, 1979. С. 19–23.
9. Котов И.И. Параметрическое исчисление фигур и полнота графического задания поверхностей // Труды Московского семинара по начертательной геометрии и инж. графике. Вып. 2. М., 1963. С. 82–91.
10. Подгорный А.Л. Геометрическое моделирование пространственных конструкций: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М., 1975.
11. Принс М.Д. Машинная графика и автоматизация проектирования. М.: Советское радио, 1975.
12. Рыжов Н.Н. Алгоритмы перехода от конструктивно-кинематического задания поверхности к аналитическому // Труды УДН им. П. Лумумбы. Т. 53. Вып. 4. М., 1971. С. 17–25.
13. Рыжов Н.Н. Каркасная теория задания и конструирования поверхностей // Труды УДН им. П. Лумумбы. Т. 26: Математика. Вып. 3: Прикладная геометрия. М., 1967. С. 3–17.
14. Рыжов Н.Н. Общие вопросы задания и параметризации поверхностей // Тез. докладов II Всесоюзной геометрической конференции. Харьков, 1964. С. 239–241.
15. Рыжов Н.Н. Параметризация поверхностей // Труды УДН им. П. Лумумбы. Т. 26: Математика. Вып. 3: Прикладная геометрия. М., 1967. С. 18–22.
16. Рыжов Н.Н. Формализованная система шифровки чертежа поверхности // Межвузовский сб.: Начертательная геометрия и ее приложения. Вып. 1. Саратов: Саратовский ун-т, 1976. С. 20–28.
17. Рыжов Н.Н., Гершман И.П., Якубовский А.М. Геометрические условия как параметры // Прикл. геометрия и инж. графика. Вып. 6. Киев: Будівельник, 1967. С. 7–12.
18. Рыжов Н.Н., Горшков Г.Ф. Конструирование и задание поверхностей выделением однопараметрического множества определителей линий // Труды УДН им. П. Лумумбы. Вып. 8: Сб. научных трудов инж. факультета. М., 1971. С. 165–169.

19. Рыжов Н.Н., Ловецкий К.П., Сальков Н.А. Математическое моделирование проезжей части автомобильных дорог. М.: МАДИ, 1988. Деп. в ЦБНТИ Минавтодора РСФСР 30.06.88, № 163-ад88.
20. Рыжов Н.Н., Соколова Н.Ю. Параметраж геометрических условий и вывод уравнений огибающих поверхностей по наперед заданным условиям // Прикл. геометрия и инж. графика. Вып. 14. Киев: Будівельник, 1972. С. 52–54.
21. Рыжов Н.Н., Якубовский А.М., Гершман И.П. Параметризация геометрических условий и алгоритм решения одной совокупности задач прикладной геометрии // Труды УДН им. П. Лумумбы. Т. 26: Математика. Вып. 3: Прикладная геометрия. М., 1967. С. 139–152.
22. Рыжов Н.Н. Параметрическая геометрия. М.: МАДИ, 1988.
23. Сальков Н.А. Математическое моделирование линейных и поверхностных форм автомобильных дорог на подходах к мостам // Труды МАДИ: Прикладные теоретические вопросы проектирования переходов через водотоки. М., 1989. С. 60–66.
24. Сальков Н.А. Моделирование автомобильных дорог: Монография. М.: ИНФРА-М, 2012. URL: <http://www.znaniium.com/catalog.php#none>
25. Соколова Н.Ю. Параметризация фигур и конструирование огибающей поверхности // Труды УДН им. П. Лумумбы. Т. 73: Математика. Вып. 5: Прикладная геометрия. М., 1975. С. 29–39.
26. Теоретические основы формирования моделей поверхностей / В.И. Якунин, Н.Н. Рыжов, Э.В. Егоров и др.; под ред. В.И. Якунина. М.: МАИ, 1985.
27. Фокс А., Прамм М. Вычислительная геометрия. Применение в проектировании и на производстве: Пер. с англ. М.: Мир, 1982.
28. Фоли Дж., А. вэн Дэм. Основы интерактивной машинной графики. Кн. 2. М.: Мир, 1985.
29. Хейфец А.Л., Васильева В.Н. Реализация обобщенной теоремы Данделена для произвольных квадрик вращения в AutoCAD / Геометрия и графика: Научно-методический журнал. Т. 2. Вып. 2. М.: ИНФРА-М, 2014. С. 9–14. DOI: 10.12737/5584.
30. Четверухин Н.Ф., Яцкевич Л.А. Параметризация и ее применение в геометрии // Математика в школе. 1963. № 5. С. 15–23.
31. Швиденко Ю.З. Сопряжения линейчатых поверхностей и их применение для конструирования оболочек: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Киев, 1966.
32. Bezier P. Mathematical and Practical Possibilities of UNISURF, in: Barnhill R.E., Riesefeld R.F. // Computer Aided Geometric Design: Academic Press; New York: 1974.
33. Ferguson J. Multivariate Curve Interpolation // Journal of the ACM. 1964. V. 11 (2). P. 221–228.
34. Plücker J. Theorie der algebraischen Curven. Bonn, 1839.
35. Schubert H. Kalkül der abzählenden Geometrie. Leipzig, 1879.
36. Zeuthen H.G. Lehrbuch der abzählenden Methoden der Geometrie. Leipzig, 1914.
2. Gevorgyan V.V. Avtomatizatsiya karkasno-parametricheskogo metoda zadaniya i konstruirovaniya karkasov poverkhnostey. Kand. Diss. [Automation frame-parametric methods of defining and constructing frameworks surfaces. Cand. Diss.]. Odessa, 1978.
3. Gershman I.P. Konstruirovaniye poverkhnostey putem vydeleniya ikh nepreryvnykh lineychatykh karkasov iz mnogoparametricheskikh mnozhestv liniy [Design surfaces by highlighting their non-continuous bar frames from a multivariate sets of lines]. Trudy UDN im. P. Lumumby. M., 1967. T. 26: Matematika. Vyp.3: Prikladnaya geometriya. Pp. 33–47.
4. Gershman I.P. Mnogoparametricheskie mnozhestva geometricheskikh figur i ikh koordinatnye podmnozhestva [Multivariate multiple geometric figures and their coordinate subset]. Proceedings of the Peoples' Friendship University named after P. Lumumba. Moscow, 1971. V. III, Prikladnaya geometriya [Applied geometry]. I. 4, pp. 41–59.
5. Dzhaparidze I.S. O roli parametricheskogo ischisleniya v issledovaniyakh po prikladnoy geometrii [About the role of the parametric estimates in studies in applied geometry]. Analiticheskie i graficheskie metody ratsional'nogo konstruirovaniya poverkhnosti rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin [Analytical and graphical methods for the rational design of surface working organs of tillers]. Kiev, 1974, pp. 41–46.
6. Zav'yalov Yu.S., Kvasov B.I., Miroshnichenko V.L. Metody splayn-funktsiy [Methods of spline functions]. Moscow, Nauka Publ., 1980.
7. Kamalov A. Konstruirovaniye lineychatykh poverkhnostey karkasno-parametricheskim metodom i ikh primenenie. Kand. Diss. [The design of the ruled surfaces of frame-parametric method and their application. Cand. Diss.]. Samarkand, 1980.
8. Kislookiy V.N., Sedletskaya N.I., Kharchenko A.I. Avtomatizatsiya predstavleniya geometrii diskretnykh modeley v zadachakh prochnostnykh raschetov lopatok parovykh turbin [Automation before presentation of the geometry of discrete models in problems of stress analysis of steam turbine blades]. Prikl. geometriya i inzh. grafika [Applied Geometry and Engineering Graphics]. Kiev, Budivel'nik Publ., 1979, i. 28. pp. 19–23.
9. Kotov I.I. Parametricheskoe ischislenie figur i polnota graficheskogo zadaniya poverkhnostey [Parametric calculus of figures and completeness of graphic tasks surfaces]. Trudy Moskovskogo seminar po nachertatel'noy geometrii i inzh. grafike [Proceedings of the Moscow seminar on descriptive geometry and Engineering Graphics]. Moscow, 1963, I. 2, pp. 82–91.
10. Podgomny A.L. Geometricheskoe modelirovaniye prostranstvennykh konstruksiy. Dokt. Diss. [Geometric modeling of spatial structures. Doct. Diss.]. Moscow, 1975.
11. Prins M.D. Mashinnaya grafika i avtomatizatsiya proektirovaniya [Computer graphics and computer aided design]. Moscow, Sovetskoe radio Publ., 1975.
12. Ryzhov N.N. Algoritmy perekhoda ot konstruktivno-kinematicheskogo zadaniya poverkhnosti k analiticheskomu [The algorithms of the transition from structurally-kinematic-Denmark surface to analysis]. Trudy UDN im. P. Lumumby [Proceedings of the Peoples' Friendship University named after P. Lumumba]. Moscow, 1971, v. 53, i. 4, pp. 17–25.
13. Ryzhov N.N. Karkasnaya teoriya zadaniya i konstruirovaniya poverkhnostey [Frame theory assignments and design

## References

1. Alberg Dzh., Nil'son E., Uolsh Dzh. Teoriya splaynov i ee prilozheniya [The theory of splines and its applications.]. Moscow, Mir Publ., 1972.

- surfaces]. *Trudy UDN im. P. Lumumby* [Proceedings of the Peoples' Friendship University named after P. Lumumba]. Moscow, 1967. V. 26: Mathematics. I. 3: Applied geometry. Pp. 3–17.
14. Ryzhov N.N. Obshchie voprosy zadaniya i parametrizatsii poverkhnostey [General assignment and parameterization of surfaces]. *Tez. dokladov II Vsesoyuznoy geometricheskoy konferentsii* [Proc. of II All-Union Conference on Geometry]. Khar'kov, 1964, pp. 239–241.
  15. Ryzhov N.N. Parametrizatsiya poverkhnostey [Parameterization of surfaces]. *Trudy UDN im. P. Lumumby* [Proceedings of the Peoples' Friendship University named after P. Lumumba]. Moscow, 1967. V. XXVI: Mathematics. I. 3: Applied geometry. pp. 18–22.
  16. Ryzhov N.N. Formalizovannaya sistema shifrovki chertezha poverkhnosti [A formalized system encryption drawing surface]. *Mezhvuzovskiy sb.: Nachertatel'naya geometriya i ee prilozheniya* [Intercollegiate Coll.: Descriptive Geometry and its Applications]. Saratov, Saratov University Publ., 1976, i. 1, pp. 20–28.
  17. Ryzhov N.N., Gershman I.P., Yakubovskiy A.M. Geometricheskie usloviya kak parametry [Geometric conditions as parameters]. *Prikl. geometriya i inzh. grafika* [Applied Geometry and Engineering Graphics]. Kiev, Budivel'nik Publ., 1967, I. 6, pp. 7–12.
  18. Ryzhov N.N., Gorshkov G.F. Konstuirovaniye i zadaniye poverkhnostey vy-deleniem odnoparametricheskogo mnozhestva opredelitel'nykh liniy [Konstruirovaniye and job surfaces you-division one-parameter set of determinants lines]. *Trudy UDN im. P. Lumumby* [Proceedings of the Peoples' Friendship University named after P. Lumumba]. Moscow, 1971, i. 8: Sb. nauchnykh trudov inzh. fakul'teta [Collection of scientific works of the Faculty of Engineering]. Pp. 165–169.
  19. Ryzhov N.N., Lovetskiy K.P., Sal'kov N.A. *Matematicheskoe modelirovaniye proezzhey chasti avtomobil'nykh dorog* [Mathematical modelling of the carriageway roads]. Moscow, MADI Publ., 1988.
  20. Ryzhov N.N., Sokolova N.Yu. Parametrazh geometricheskikh usloviy i vyvod uravneniy ogibayushchikh poverkhnostey po napered zadannym usloviyam [Parametrai geometric conditions and you-water equations envelope surface beforehand specified conditions]. *Prikl. geometriya i inzh. grafika* [Applied Geometry and Engineering Graphics]. Kiev, Budivel'nik Publ., 1972, i. 14, pp. 52–54.
  21. Ryzhov N.N., Yakubovskiy A.M., Gershman I.P. Parametrizatsiya geometricheskikh usloviy i algoritm resheniya odnoy sovokupnosti zadach prikladnoy geometrii [Parameterization of the geometry-historical conditions and the algorithm for solving one set of problems of applied geometry]. *Trudy UDN im. P. Lumumby* [Proceedings of the Peoples' Friendship University named after P. Lumumba]. Moscow, 1967. V. XXVI: Mathematics. I. 3: Applied geometry, pp. 139–152.
  22. Ryzhov N.N. *Parametricheskaya geometriya* [Parametric geometry]. Moscow, MADI Publ., 1988.
  23. Sal'kov N.A. Matematicheskoe modelirovaniye lineynykh i poverkhnostnykh form avtomobil'nykh dorog na podkhodakh k mostam [Mathematical modeling of linear and surface-forms of roads on the approaches to bridges]. *Trudy MADI: Prikladnye teoreticheskie voprosy proektirovaniya perekhodov cherez vodotoki* [Proceedings MADI: Applied theoretical design issues crossing streams]. Moscow, 1989, pp. 60–66.
  24. Salkov N.A. *Modelirovaniye avtomobil'nykh dorog* [Modeling roads]. Moscow, INFRA-M Publ., 2012. Available at: <http://www.znaniy.com/catalog.php#none/>
  25. Sokolova N.Yu. Parametrizatsiya figur i konstruirovaniye ogibayushchey poverkhnosti [Parameterization of shapes and design envelope surface]. *Trudy UDN im. P. Lumumby* [Proceedings of the Peoples' Friendship University named after P. Lumumba]. Moscow, 1975. V. 73. Mathematics. I. 5: Applied Geometry, pp. 29–39.
  26. Yakunin V.I. *Teoreticheskie osnovy formirovaniya modeley poverkhnostey* [The theoretical basis for the formation of surface models]. Moscow, MAI Publ., 1985.
  27. Foks A., Pratt M. *Vychislitel'naya geometriya. Primenenie v proektirovanii i na proizvodstve* [Computational geometry. Application in engineering management and production]. Moscow, Mir Publ., 1982.
  28. Foli Dzh., A. ven Dem. *Osnovy interaktivnoy mashinnoy grafiki* [Fundamentals of interactive computer graphics]. Moscow, Mir Publ., 1985. Book 2.
  29. Kheyfets A.L., Vasil'eva V.N. Realizatsiya obobshchennoy teoremy Dandeleny dlya proizvol'nykh kvadrik vrashcheniya v AutoCAD [Implementation of the generalized theorem Dandeleny for arbitrary quadrics rotation in AutoCAD]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. Moscow, 2014, V. 2, I. 2, pp. 9–14. DOI: 10.12737/5584.
  30. Chetverukhin N.F., Yatskevich L.A. Parametrizatsiya i ee primeneniye v geometrii [Parameterization and its application in the geometry]. *Matematika v shkole* [Mathematics at school]. 1963, i. 5, pp. 15–23.
  31. Shvidenko Yu.Z. *Sopryazheniya lineychnymi povrekhnostyami i ikh primeneniye dlya konstruirovaniya obolochek. Kand. Diss.* [Mate bar poverkhnosti and their use of for constructing shells. Cand. Diss.]. Kiev, 1966.
  32. Bezier P. Mathematical and Practical Possibilities of UNISURF, in: Barnhill R.E., Riesenfeld R.F. Computer Aided Geometric Design: Academic Press; New York: 1974.
  33. Ferguson J. Multivariate Curve Interpolation. *Journal of the ACM.* 1964. V.11(2). pp. 221–228.
  34. Plücker J. *Theorie der algebraischen Curven.* Bonn, 1839.
  35. Schubert H. *Kalkül der abzählenden Geometrie.* Leipzig, 1879.
  36. Zeuthen H.G. *Lehrbuch der abzählenden Methoden der Geometrie.* Leipzig, 1914.

УДК 531.7

DOI: 10.12737/6520

**Е.П. Милосердов**

Канд. техн. наук, доцент,  
Ивановский государственный энергетический  
университет,  
Россия, 153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, д. 34

**М.А. Глебов**

Студент,  
Ивановский государственный энергетический  
университет,  
Россия, 153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, д. 34

## Расчет параметров конструкции и разработка алгоритмов реализации аналемматических солнечных часов

**Аннотация.** Аналемматические солнечные часы из всех известных конструкций позволяют достигнуть наибольшей точности регистрации времени. По результатам археологических исследований подтверждено, что аналемматические солнечные часы использовались людьми в разных частях света с глубокой древности: в древнем Египте с XV в. до н.э., на территории современного Крыма и Донбасса с XII–XIII в. до н.э. Принципиальным отличием аналемматических солнечных часов от солнечных часов других конструкций является изменение положения гномона в различные периоды года. По этой причине роль гномона часто выполняет человек, занимающий указанное место на календарной площадке. В статье приведены соотношения, позволяющие рассчитать параметры календарной площадки и геометрические размеры эллипса для циферблата аналемматических солнечных часов в зависимости от широты местности. Также показан график расхождений показаний часов с истинным солнечным временем, связанных с неравномерностью движения Солнца в различные периоды года.

Расчет параметров аналемматических солнечных часов осуществляется по программе, алгоритм которой разработан по известным соотношениям, определяющим видимое движение Солнца по небосводу в зависимости от времени года и широты местности. Программа строит модель аналемматических часов и выдает значения параметров, позволяющих конструктивно реализовать аналемматические солнечные часы для местности заданной широты.

**Ключевые слова:** аналемматические солнечные часы, широта местности.

**Е.П. Miloserdov**

Ph.D. in Engineering, Associate Professor,  
Ivanovo State Power University,  
34, ul. Rabfakovskaya, Ivanovo, 153003, Russia

**М.А. Glebov**

Student,  
Ivanovo State Power University,  
34, ul. Rabfakovskaya, Ivanovo, 153003, Russia

### Calculation of Construction Parameters and Algorithm Design of Analemmatic Sundial

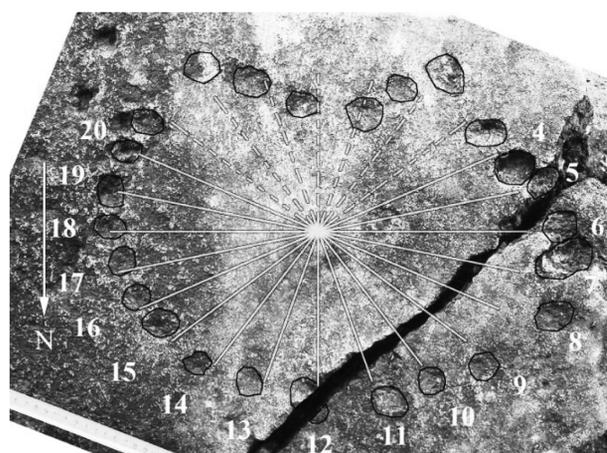
**Abstract.** Of all known designs analemmatic sundials allow to achieve the most accurate time recording. The results of archaeological research confirmed those analemmatic sundials had been used in different parts of the world: in ancient Egypt since XV

century BC, on the territory of Crimea and Donbas since XIII–XII century BC. The fundamental difference of analemmatic sundial from sundials of other types is changing the position of gnomon in different seasons. For this reason, the role of the gnomon is often performed by a person occupying a specified location on the calendar space. The article describes correlations that allow calculating the parameters of the calendar pad and geometrical dimensions of the dial ellipse depending on latitude. The article also shows disagreement in the readings of clocks with true solar time associated with unevenness of the solar motion at different times of year.

Calculation of parameters for analemmatic sundial is performed with a program, the algorithm of which is based on well-known correlations defining apparent solar motion across the sky depending on the time of year and latitude. The program builds a model of analemmatic sundial and returns parameter points that allow structurally implement analemmatic sundial for a given latitude areas.

**Keywords:** analemmatic sundial, latitude.

Как известно, любая из конструкций солнечных часов дает значительную погрешность при регистрации времени, которая, в свою очередь, зависит от географического расположения устройства, времени суток, времени года и неточности установки элементов конструкции. С этой точки зрения наибольшей точности регистрации времени можно достигнуть, применяя аналемматические солнечные часы [7, с. 11]. Есть основания полагать, что первые конструкции аналемматических солнечных часов появились в XV–XVI вв. до н.э. в Древнем Египте. Старейшие в Европе солнечные часы обнаружены на территории России и Украины. Такой вывод был сделан после исследования находок из погребения Попов Яр и могильника Таврия (рис. 1), относящихся к срубной культурно-исторической общности (XII–XIII в. до н.э.) [6, с. 78].



**Рис. 1.** Плита с эллиптическим циферблатом из могильника Таврия

Аналемматические солнечные часы — это универсальные солнечные часы, позволяющие определять точное время по тени объекта для различных дней года в зависимости от широты местности. Такие часы могут быть сооружены на территории образовательных учреждений, городских площадях, в садово-парковых комплексах и личных усадьбах.

Принцип, который лежит в основе аналемматических солнечных часов, проиллюстрирован на рис. 2. В одно и то же истинное время дня (но разное время года) тень от вертикального гномона будет отбрасываться в разных направлениях. Исключением является полдень, когда тень всегда падает в направлении севера. Поэтому стали перемещать вертикальный гномон в течение года таким образом, чтобы в одно и то же время дня тень всегда была направлена на одну и ту же часовую отметку [3, с. 544].

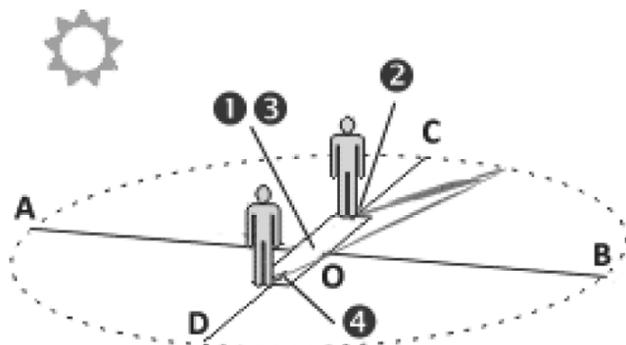


Рис. 2. Принцип действия аналемматических солнечных часов

Схематическое изображение аналемматических часов представлено на рис. 3. Циферблат таких солнечных часов обычно лежит в горизонтальной плоскости и представляет собой эллипс. Большая полуось  $AO$  и малая полуось  $OC$  эллипса, вдоль которого откладываются часовые отметки, связаны между собой отношением, которое зависит от широты  $\varphi$  места установки следующей формулой:

$$OC = OA \cdot \sin(\varphi).$$

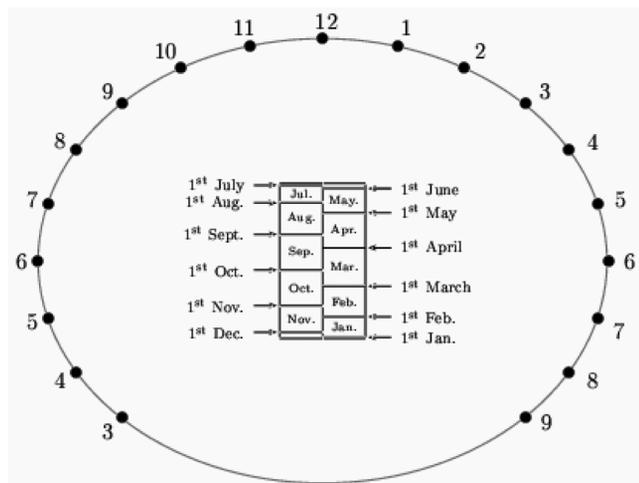


Рис. 3. Схема циферблата и календарной площадки аналемматических солнечных часов

В центре эллипса  $O$  располагается площадка с отметками времени года. Встав на соответствующую отметку, человек отбросит свою тень в сторону показаний часов на циферблате. Площадка располагается вдоль меридианной линии, при этом отметки  $1$  и  $3$  на площадке соответствуют дням равноденствия,

на отметку  $2$  надо вставить в день летнего солнцестояния, а на отметку  $4$  – в день зимнего солнцестояния [4, с. 3].

Для расчета календарной площадки применяется следующая формула:

$$Z = M \cdot \operatorname{tg}(\delta) \cdot \cos(\varphi),$$

где  $Z$  – дистанция от центра эллипса горизонтали,  $\delta$  обозначает склонение солнца в заданный день года;  $M$  – длина большой полуоси эллипса.

Обычно отметки на площадке выбирают на начало месяца календарного или истинного. Например, отметка  $2$  для дня летнего солнцестояния ( $\delta = 23,5^\circ$ ) будет отстоять от точки  $O$  для Москвы на расстояние  $L = \operatorname{tg}(23,5^\circ) \cos(56^\circ)$ , что составляет  $0,24$ . То есть если  $OA$  равно  $2$  м, то расстояние между положениями  $1$  и  $2$  будет  $48$  см. Временные отметки на циферблате всегда размещаются строго на построенном эллипсе.

Для определения расположения точек, соответствующих часовым меткам, воспользуемся формулами:

$$X = M \cdot \sin(\theta),$$

$$Y = M \cdot \sin(\theta) \cdot \cos(\theta),$$

где  $\theta = 15^\circ \cdot x$  – часовой угол;

$x$  – время в часах после полудня;

$X$  – смещение вдоль оси  $WE$ ;

$Y$  – смещение вдоль оси  $ON$  (рис. 4).

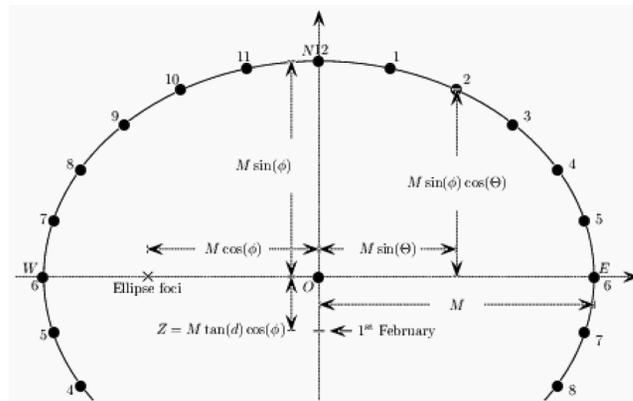


Рис. 4. Параметры аналемматических солнечных часов

Формула расчета склонения для произвольного дня имеет вид [5, с. 689]:

$$\delta = \operatorname{asin}[\sin(23,45) \cdot \sin(360/365) (n - 81)].$$

В аналемматических солнечных часах обычно в качестве гномона используется сам человек, который встает на нужную площадку, однако это условие не является необходимым, так как достаточно обеспечить лишь перемещение гномона в зависимости от даты. Для определения длины тени гномона используем следующее соотношение [4, с. 322]:

$$d = L \cdot \operatorname{tg}[a \cos(\cos(\delta) \cdot \cos(t) \cdot \cos(f) + \sin(\delta) \cdot \sin(t))],$$

где  $\delta$  – угол склонения Солнца к земной оси;

$d$  – длина тени от гномона;

$f$  – угол часового отклонения от абсолютного (реального) полдня;

$L$  – высота гномона;

$n$  – номер дня года от 1 января;

$t$  – географическая широта.

Очевидно, что для вычисления необходимых величин нужно знать склонение ( $\delta$ ) – угловое расстояние на небесной сфере от плоскости небесного экватора до Солнца. Значения склонений для первых чисел обычно определяются по таблицам (рис. 5), но для произвольного дня мы будем использовать формулу.

date	d	date	d
Jan 1 <sup>st</sup>	-23.13	July 1 <sup>st</sup>	23.00
Feb 1 <sup>st</sup>	-17.30	Aug 1 <sup>st</sup>	18.00
Mar 1 <sup>st</sup>	-8.00	Sept 1 <sup>st</sup>	8.50
Apr 1 <sup>st</sup>	4.25	Oct 1 <sup>st</sup>	-2.90
May 1 <sup>st</sup>	15.00	Nov 1 <sup>st</sup>	-14.00
June 1 <sup>st</sup>	22.00	Dec 1 <sup>st</sup>	-21.70
June 21 <sup>st</sup>	23.44	Dec 21 <sup>st</sup>	-23.44

Рис. 5. Таблица склонений для первых чисел месяцев

Также необходимо учесть тот факт, что Солнце в течение года неравномерно движется по небосводу [2], поэтому к подобным солнечным часам обязательно прикладывают график уравнения времени [1] и в соответствии с датой наблюдений «подводят» показания солнечных часов в ту или иную сторону (рис. 6).



Рис. 6. Кривая ошибок

В соответствии с приведенным алгоритмом в среде *Microsoft Visual Studio 2013* на языке программирования *C#* была создана программа, моделирующая аналемматические солнечные часы. Программу можно использовать при построении реальных часов на любой географической широте.

### Литература

1. Кононович Э.В., Мороз В.И. *Общий курс астрономии: Учеб. пособие / Под ред. В.В. Иванова.* М.: Едиториал УРСС, 2004.
2. Кулькова С. Аналемматические солнечные часы. Расчет. URL: <http://astro-bratsk.ru> (обращение: 3 июля 2012 г.).
3. Куликовский П.Г. *Справочник любителя астрономии.* М.: УРСС, 2002.
4. Монтенбрук О., Пфлегер Т. *Астрономия на персональном компьютере.* СПб.: Питер, 2002.
5. Рачков М.Ю., Гришин М.П. *Физические основы измерений: Учеб. пособие.* М.: МГИУ, 2007.
6. Vodolazhskaya L. *Analemmatic and Horizontal Sundials of the Bronze Age (Northern Black Sea Coast) // Archaeoastronomy and Ancient Technologies.* 2013. № 1. P. 68–88.

### References

1. Kononovich E.V., Moroz V.I. *Obshiy kurs astronomii* [The general course of astronomy]. Moscow, Editorial UPCC Publ. 2004.
2. Kul'kova S. *Analemmaticheskie solnechnye chasy. Raschet* [Analemmatic sundial. Calculation]. Available at: <http://astro-bratsk.ru> (Accessed 3 July 2012).
3. Kulikovskiy P.G. *Spravochnik lubitelya astronomii* [Directory of amateur astronomy]. Moskva, UPCC Publ., 2002.
4. Montenbruk O., Pflieger T. *Astronomiya na personal'nom komp'yutere* [Astronomy on the personal computer]. St. Petersburg, Piter Publ., 2002.
5. Rachkov M.Ju., Grishin M.P. *Phisicheskie osnovy izmerenyi* [Physical basis of measurements]. Moscow, MGIU Publ., 2007.
6. Vodolazhskaya L. *Analemmatic and Horizontal Sundials of the Bronze Age (Northern Black Sea Coast) Archaeoastronomy and Ancient Technologies* 2013, i. 1, pp. 68–88.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПРЕПОДАВАНИЯ

УДК 378

DOI: 10.12737/6521

### И.Д. Столбова

Д-р техн. наук, доцент,  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет,  
Россия, 614900, г. Пермь, Комсомольский пр., 29

### О.В. Столбов

Канд. физ.-мат. наук, инженер-математик,  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет,  
Россия, 614900, г. Пермь, Комсомольский пр., 29

### А.Б. Шахова

Доцент,  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет,  
Россия, 614900, г. Пермь, Комсомольский пр., 29

## Опыт проведения интернет-конференций по проблемам качества графической подготовки как пример межвузовской кооперации

**Аннотация.** Производится анализ возможностей интернет-конференций по проблемам качества графической подготовки как примера консолидации усилий геометро-графического сообщества. Обсуждается опыт и анализируются статистические данные по итогам проведения интернет-конференций Пермским национальным исследовательским политехническим университетом. Приведены итоги проведения очередной конференции КГП-2014.

**Ключевые слова:** графическая подготовка, интернет-конференция, информационные технологии, статистика.

### I.D. Stolbova

Doctor of Engineering, Associate Professor,  
Perm National Research Polytechnical University,  
29 Komsomolsky Avenue, Perm, 614900, Russia

### O.V. Stolbov

Ph.D. in Physics and Mathematics, applied mathematician,  
Perm National Research Polytechnical University,  
29 Komsomolsky Avenue, Perm, 614900, Russia

### A.B. Shakhova

Associate Professor,  
Perm National Research Polytechnical University,  
29 Komsomolsky Avenue, Perm, 614900, Russia

## Experience of Online Conferences on Problems of Graphic Training Quality as an Example of Interuniversity Cooperation

**Abstract.** The article analyzes possibilities of online conferences on problems of graphic training quality as an example of consolidation of geometry and graphics community efforts. The results of online conferences conducted by Perm National Research Polytechnic University are the basis for experience discussion and

statistical data analysis. Results of carrying out the KGP-2014 conference are provided.

**Keywords:** graphic training, online conference, information technologies, statistics.

### Модернизация российской высшей школы

Модернизация системы российского высшего профессионального образования направлена на решение актуальных проблем постиндустриального общества и предполагает внедрение федеральных образовательных стандартов нового поколения, основанных на компетентностной модели обучения [3; 18], а также создание информационно-технологической среды вуза для обеспечения нового и конкурентно-способного качества высшего профессионального образования [2; 21].

Сегодня молодое поколение еще до поступления в высшее учебное заведение знакомо с основами компьютерной грамотности и информационной культуры, обладает навыками обучения в информационно насыщенной среде, стремится соответствовать запросам и требованиям информационного общества. В этих условиях актуализируется проблема подготовки и повышения квалификации преподавателей и сотрудников высших учебных заведений в сфере применения информационных и коммуникационных технологий, так как критерием профпригодности современного вузовского преподавателя становится его «ИКТ-компетентность» [16]. ИКТ-компетентность предполагает наличие не только знаниевой характеристики личности, а в большей степени личностно-деятельностной составляющей, что означает готовность к мотивированному и привычному использованию всей совокупности и разнообразия средств и методов, предлагаемых информационно-компьютерными технологиями [1; 11].

Необходимо также отметить, что ввод в действие новых государственных образовательных стандартов расширяет автономию вузов при разработке основных образовательных программ на основе ФГОС ВПО и одновременно усиливает их ответственность за обеспечение требуемого качества предоставляемого профессионального образования. Новой проблемой становится «встраивание предметного обучения» в компетентностную модель подготовки выпускника [18, 19]. Для этого нужны механизмы взаимодействия между преподавателями-предметниками различных вузов России. Обмен опытом, обсуждение актуальных вопросов компетентностно ориентированной предметной подготовки, самоутверждение в правильности взглядов на пути их решения в диалогах и дискуссиях среди единомышленников, компетентных коллег по предметной области — актуальная проблема сегодняшнего дня.

### Формат интернет-конференции

Чрезвычайно полезной и малозатратной формой для сотрудничества преподавателей-предметников является платформа интернет-конференции по актуальным проблемам качества подготовки студентов высшей школы. Пример этому – опыт проведения международных научно-практических интернет-конференций по проблемам качества графической подготовки (КГП), инициированных кафедрой «Дизайн, графика и начертательная геометрия» на платформе Пермского национального исследовательского политехнического университета [12–14]. Сайты прошедших конференций: <http://dgng.pstu.ru/conf2010/>, <http://dgng.pstu.ru/conf2011/>, <http://dgng.pstu.ru/conf2012/>, <http://dgng.pstu.ru/conf2014/>

За годы проведения конференций ее участниками являлись представители России, Болгарии, Германии, Белоруссии, Украины, Словакии и США. Всех участников конференции можно поделить на 3 группы: первая – заведующие кафедрой, профессора, доктора наук; вторая – доценты и кандидаты наук; третья – старшие преподаватели без степени, ассистенты и другие [11]. Численный состав конференций по выделенным группам приведен на рис. 1. Для примера качественное распределение участников по перечисленным группам на КГП-2014 представлено на рис. 2. Как видно из приведенного рисунка, три четверти участников конференции относятся к специалистам высокой квалификации. Вторая группа являлась самой многочисленной, составляла почти половину всех участников конференции.

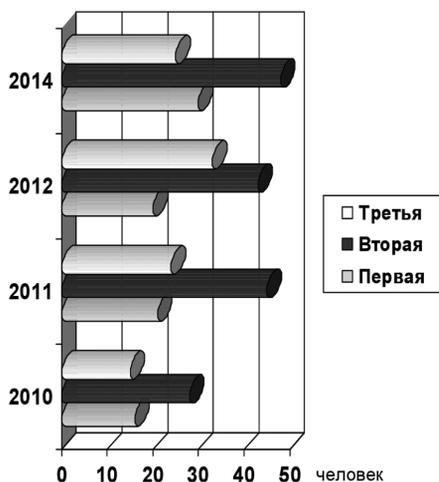


Рис. 1. Численный состав участников конференций по выделенным группам

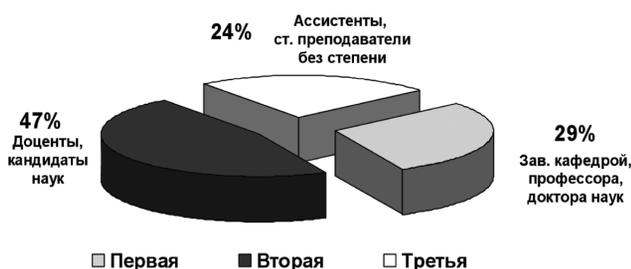


Рис. 2. Качественный состав участников конференции КГП-2014

Для работы интернет-конференции была создана web-платформа, которая позволяет проводить автоматическую регистрацию участников конференции, загрузку и опубликование докладов, предоставляет сервисы обсуждения докладов, проведения круглых столов и обсуждения проекта решения конференции. Для каждого участника конференции организована личная страница, где хранятся его индивидуальные данные, происходит загрузка авторских докладов и выступлений на круглом столе, меняется статус подготовленных материалов для их рецензирования и публикации на сайте конференции. Управление ходом прохождения конференции осуществляется через раздел «Новости» сайта и рассылку сообщений по электронным адресам участников конференции. На заключительном этапе после широкого обсуждения за круглым столом проводится интернет-голосование по принятию согласованного проекта решения конференции.

В сессионной работе можно выделить несколько этапов:

- предварительная регистрация участников на сайте конференции;
- открытие конференции и начало приема докладов;
- загрузка и установление статуса докладов, представленных в различных разделах конференции;
- обсуждение в форме блога опубликованных докладов и выступлений на круглом столе;
- выработка в рамках круглого стола и голосование по проекту решения конференции;
- подведение итогов и закрытие сессионной работы конференции.

Необходимо отметить, что после закрытия конференции доступ к ее материалам остается в открытом доступе; они, как показывает практика, активно используются и позитивно влияют на работу кафедр, ведущих геометро-графическую подготовку в вузах.

Конференции КГП получили широкий резонанс в академической среде, их организация одобрена рядом научно-практических конференций по проблемам инженерного образования и информационных технологий, итоги их проведения неоднократно обсуждались на всероссийских совещаниях заведующих кафедрами геометро-графических дисциплин и отмечены в публикациях журналов [1; 11; 22]. На материалы конференции имеются многочисленные ссылки в статьях авторов, затрагивающих вопросы качества графической подготовки студентов и влияния информационных технологий на современный образовательный процесс в высшей школе.

### Итоги проведения КГП-2014

В феврале-марте 2014 г. на базе Пермского национального исследовательского политехнического университета состоялась очередная IV Международная научно-практическая интернет-конференция КГП-2014 «Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации» (адрес сайта <http://dgng.pstu.ru/conf2014/>). За полуторамесячный период сессионной работы в конференции

приняли участие 125 человек, из них 103 зарегистрированных участника. Представлено 85 докладов, выступлений на круглых столах и публикаций в рубрике «Портреты». В рамках дискуссий на сайт конференции поступило более 390 комментариев. Необходимо отметить, что, несмотря на сокращенный (по сравнению с предыдущими сессиями) период сессионной работы конференции, это рекордные показатели результативности. На рис. 3 приведены сравнительные данные о результативности всех проведенных конференций.

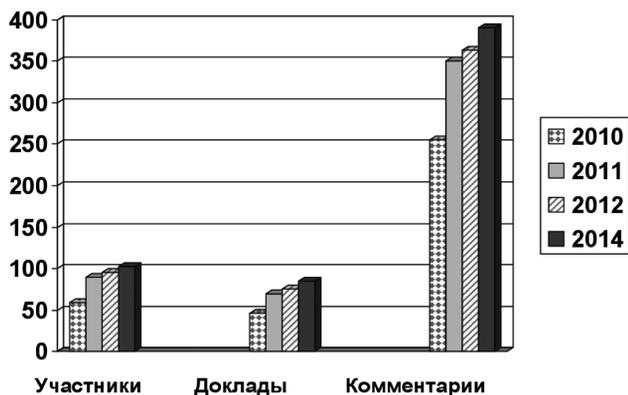


Рис. 3. Сравнительный анализ результативных показателей интернет-конференций КГП

Динамика прохождения конференции показана на рис. 4, где представлено понедельное увеличение показателей (в численном выражении) по мере прохождения конференции. Снижение активности участников конференции на 4-й неделе совпадает по времени с обострением событий на Украине.

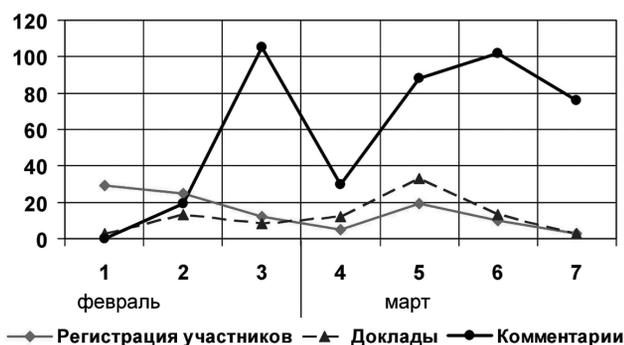


Рис. 4. Динамика статистических данных на КГП-2014

В рамках конференции в рубрике «Портреты» были представлены статьи о А.Д. Посвянском (автор А.А. Головинин [4]) и А.Ю. Губареве (автор А.О. Горнов [5]). В качестве стендовых докладов на сайте конференции были размещены дипломные проекты выпускников 2013 г. ПНИПУ по направлению подготовки «Дизайн», в новостных сообщениях размещен сюжет Пермской телекомпании «Рифей» о проходящей защите дипломных проектов-2014 [9], а также проведен конкурс плакатов студенческих работ «Берегите лес от пожара» [10], проводимый кафедрой ДГНГ ПНИПУ совместно с УВД Пермского края.

По итогам проведения конференции выполнена оценка публикаций по номинациям. При подведении рейтинга публикаций получены следующие результаты.

В номинации «Самая обсуждаемая статья» наибольшую дискуссию вызвали следующие публикации:

- 1) «Проблемы современного геометрического образования», Сальков Николай Андреевич (24 комментария) [17];
- 2) «Резервы совершенствования геометро-графической подготовки современного инженера», Зеленовская Наталия Вячеславовна, Ярошевич Ольга Викторовна (19 комментариев) [8];
- 3) «Графическая подготовка и современное состояние стандартов единой системы конструкторской документации (ЕСКД)», Столбова Ирина Дмитриевна, Шахова Алевтина Бруновна (14 комментариев) [20].

В номинации «Статья, вызвавшая наибольший интерес» больше всех голосов с отметкой «понравилось» собрали следующие публикации:

- 1) «Инженерная подготовка в технических университетах Европы и США (сопоставление с естественной фрактальной структурой подготовки)», Горнов Александр Олегович, Усанова Елена Владимировна, Шацилло Людмила Анатольевна (7 голосов) [6];
- 2) «Проблемы консолидации деятельности кафедр геометрии и графики», Ротков Сергей Игоревич (7 голосов) [15].

Среди других итогов конференции хотелось отметить начало сотрудничества с редакционной коллегией журнала «Геометрия и графика» и необходимость его продолжения.

В рамках заключительного заседания [7] на сайте конференции, помимо подведения итогов (член оргкомитета И.Д. Столбова), были размещены выступления главного редактора журнала «Геометрия и графика» Н.А. Салькова; зав. кафедрой «Инженерная графика» БГТУ «Военмех» Д.Е. Тихонова-Бургова с благодарностью от руководства университета; профессора кафедры «Инженерная графика» ЮУрГУ А.Л. Хейфеца; декана аэрокосмического факультета ПНИПУ Р.В. Бульбовича; профессора кафедры «Инженерная графика» НИУ «МЭИ» А.О. Горнова.

На заключительной стадии конференции традиционно прошло обсуждение проекта решения конференции и проведено интернет-голосование по его утверждению. В голосовании приняло участие 64 человека, что составляет 62% всех зарегистрированных участников конференции. Все голосовавшие единодушно поддержали выработанный проект решения, голоса «за».

**Приведем проголосованное решение конференции.**

Организаторы конференции – кафедра «Дизайн, графика и начертательная геометрия» Пермского национального исследовательского политехнического университета при участии председателя научно-методического совета по начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графике проф. В.И. Якунина.

Конференция продолжила традицию плодотворного проведения интернет-конференций по пробле-

мам качества геометро-графической подготовки (ГПП), состоявшихся в 2010/2011/2012 гг.

Со времени проведения III интернет-конференции КГПП-2012 в России продолжились процессы, определенные задачами перехода к новым стандартам ФГОС ВПО и двухуровневой системе высшего образования. Этот период сопровождался атмосферой поиска и утверждения новых инновационных подходов, связанных с информатизацией образования и одновременно тревогой за возможность утери лучшего в традициях отечественной высшей школы. Сохранилась острота проблемы обеспечения отечественной промышленности квалифицированными инженерно-техническими кадрами. Не удалось в полной мере наладить процесс омоложения преподавательского корпуса и ускорить темпы подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации. Тем не менее за это время активизировалось взаимодействие вузов и предприятий в области инженерно-технической кооперации, ускорилось обновление материально-технической базы вузов.

**Цель нынешней конференции традиционна** – способствовать интеграции усилий научно-педагогических коллективов кафедр графических дисциплин, представителей родственных и специализированных кафедр, проектных и производственных организаций, отдельных преподавателей высшей школы, заинтересованных в создании инновационных механизмов взаимодействия с целью повышения качества инженерного образования в России и ГПП, в частности, путем обсуждения новых идей и результатов апробации инновационных практических разработок.

Как говорилось выше, общее число участников конференции составило 125 человек из 20 регионов России, Белоруссии, Украины, Болгарии, Германии. В конференции приняли участие представители 33 вузов России и зарубежья, в том числе: Астраханского государственного технического университета, Балтийского государственного технического университета «Военмех», Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, Белорусского государственного аграрного технического университета, Белорусского национального технического университета, Волгоградского государственного аграрного университета, Донского государственного технического университета, Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казанского государственного энергетического университета, Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева, Кассельского университета, Московского авиационного института (национального исследовательского университета), Московского государственного академического художественного института имени В.И. Сурикова, Московского государственного университета тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова, Национального исследовательского университета «МЭИ», Национального исследовательского технологического универ-

ситета «МИСиС», Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, Нижегородского государственного технического университета имени Р.Е. Алексеева, Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин), Новосибирского государственного технического университета, Омского государственного технического университета, Пермского национального исследовательского политехнического университета, Рыбинского государственного авиационного технологического университета имени П.А. Соловьева, Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, Сибирского государственного аэрокосмического университета, Сибирского государственного университета путей сообщений, Сибирского федерального университета, Софийского технического университета, Тверского государственного технического университета, Тульского государственного университета, Уральского государственного университета путей сообщения, Уральского федерального университета имени первого президента России Б.Н. Ельцина, Южно-уральского государственного университета, Уральского филиала Российской академии живописи, ваяния и зодчества имени Ильи Глазунова.

Работа конференции проходила **по следующим направлениям:**

- проблемы реализации геометро-графической подготовки студентов и инновационные образовательные технологии обучения графическим дисциплинам;
- оценка качества графической подготовки и современные средства контроля результатов обучения в условиях ФГОС ВПО;
- проблемы и перспективы развития современного дизайна.

В рамках конференции были проведены **круглые столы**, посвященные анализу текущих условий реализации геометро-графической подготовки студентов и принятию проекта решения конференции.

Традиционно работа интернет-конференции проходила в сессионном режиме на сайте с адресом <http://dgng.pstu.ru/conf2014/>. За период работы на сайте конференции было размещено 85 докладов и выступлений на круглых столах, а также организовано их широкое обсуждение. В ходе общих дискуссий поступило более 390 взаимных комментариев, вопросов, мнений и сообщений участников конференции. Проведено традиционное обсуждение и интернет-голосование по совместному принятию проекта решения конференции. С удовлетворением можно отметить высокую этику общения участников при обмене мнениями.

**Анализ материалов докладов конференции, мнения и комментарии к ним, дискуссионные позитивные и критические оценки определяют следующее общее мнение участников:**

- 1) можно констатировать, что материалы прошедших ранее интернет-конференций КГП-2010, 2011, 2012, находящиеся в открытом доступе, активно используются и позитивно влияют на работу кафедр, ведущих ГПП в вузах;
  - 2) постоянными и активными участниками КГП становятся наши зарубежные коллеги, внося много нового и полезного в процесс обсуждения на конференции. Особо участники отмечают и благодарят болгарского коллегу, профессора Софийского технического университета М.Н. Лепарова;
  - 3) многообразие и острота вопросов, обсужденных на конференции, являются признаком неослабевающего беспокойства и ответственности участников не только за судьбу геометро-графической составляющей отечественного инженерного образования, но и инженерной подготовки в целом;
  - 4) на основе ряда наиболее интересных докладов были подготовлены статьи для научно-методического журнала «Геометрия и графика», решающего важные задачи профессионального сообщества;
  - 5) в условиях кадрового кризиса, характерного не только для России, но и для других стран, представленных на конференции, а также проблем модернизации геометро-графической подготовки (ГПП) в соответствии с мировыми тенденциями инженерной подготовки участники отмечают необходимость разрешения давно назревших вопросов в области начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графики;
  - 6) на фоне неудовлетворительного состояния в области подготовки кадров высшей квалификации (канд. техн. наук и д-ров техн. наук) в сфере инженерной геометрии и компьютерной графики необходима консолидация членов геометро-графического сообщества, сближение точек зрения на роль различных технологий ГПП ради сохранения ее целостности как таковой и выработки наступательной аргументированной позиции в вопросах модернизации ГПП для сохранения ее как специфической части инженерной подготовки;
  - 7) важным аспектом развития ГПП в вузе является качественная базовая подготовка абитуриентов, что требует введения в программу обучения в школе предмета «Основы геометро-графической культуры». ГПП в вузе должна строиться на основе системного подхода к формированию ее структуры и содержания. При этом методолого-теоретической основой остаются положения теории построения проекционных изображений в их органической связи с математическими численно-аналитическими процедурами, лежащими в основе САД-систем современных САПР;
  - 8) в связи с обновлением ГОСТов и введением новых, связанных с электронным документированием, все более остро стоит вопрос о недостаточном уровне их проработки, слабой согласованности друг с другом и ранее введенными стандартами. Эта ситуация иногда входит в противоречие с основными положениями инженерной графики и требует принятия соответствующих мер по их корректировке;
  - 9) представляют интерес различные теоретические и практические аспекты преподавания дизайна на кафедрах ИГ и в рамках инженерной подготовки в целом. Это один из возможных факторов естественной междисциплинарной интеграции графических дисциплин и стабильного положения самих кафедр;
  - 10) отмечены интересные разработки в области технологий обучения, методик и структурирования инженерной подготовки и ГПП на кафедрах графической подготовки Национального исследовательского технологического университета «МИСиС», Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева, Национального исследовательского университета «МЭИ», Пермского национального исследовательского политехнического университета, а также ориентированность на применение проектного подхода в базовой ГПП Казанского государственного энергетического университета, Казанского национального исследовательского технического университета имени А.Н. Туполева и Балтийского государственного технического университета «Военмех».
- В порядке подведения итогов конференции признаю, что для сохранения базовых и инвариантных элементов ГПП и ее дальнейшего развития в условиях всесторонней информатизации различных сторон инженерного образования необходимо:**
- 1) сохранить как минимум формат данной международной научно-практической интернет-конференции и ее *web*-платформы, являющейся эффективным инструментом взаимодействия и интеграции интеллектуальных усилий, в первую очередь, преподавателей кафедр геометро-графических дисциплин и родственных им, находящихся в разных регионах России, ее ближнего и дальнего зарубежья;
  - 2) в связи с актуальностью общения между собой специалистов в области геометрии необходимо рассмотреть возможность и формы развития платформы КГП до формата постоянно действующего профессионального форума;
  - 3) признать актуальной организацию постоянной комиссии по согласованию понятийных и терминологических противоречий в рамках ГПП и ГОСТов, вызванных, главным образом, усилением роли компьютерных технологий в инженерной практике и проектно-конструкторской деятельности в частности;
  - 4) необходимы специальные исследования и анализ психолого-эргономических аспектов широкого применения новых информационных технологий, особенностей ментальности молодого поколения и аспектов взаимного психологического комфорта преподавателей и студентов в условиях новых форм учебного процесса;
  - 5) рассмотреть целесообразность организации в рамках очередной ГПП секции теоретических и прикладных аспектов геометрии и графики;

- 6) для формирования базового интегрированного курса, элементы которого отражены в докладах конференции и имеются в практике и методике ряда кафедр, продолжить активный поиск гармоничного сочетания фундаментальных положений и методов традиционной геометрии и графики, а также компьютерных технологий трехмерного геометрического моделирования;
- 7) для популяризации материалов конференции признать необходимым издание электронного сборника трудов конференции;
- 8) отметить, что конференция становится одним из главных рупоров и факторов консолидации в жизни профессионального сообщества в России.  
В заключение приглашаем всех желающих принять участие в следующей КГП-2015.

## Литература

1. Бульбович Р.В., Столбова И.Д. Практика дистанционного обучения на аэрокосмическом факультете // Высшее образование в России. 2011. № 7. С. 103–109.
2. Вольхин К.А. Использование информационно-коммуникационных технологий преподавателем в процессе обучения начертательной геометрии // Информатизация инженерного образования: тр. Междунар. науч.-метод. конф. (г. Москва, 15–16 апр. 2014 г.). М.: Изд-во МЭИ, 2014. С. 125–128.
3. Данилов А.Н., Лобов Н.В., Столбов В.Ю., Столбова И.Д. Компетентностная модель выпускника: опыт проектирования // Высшее образование сегодня. 2013. № 6. С. 25–33.
4. Головин А.А. Мой первый учитель по начертательной геометрии (Александр Давидович Посвянский) // IV Международная интернет-конференция КГП-2014. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2014/portret/2/> (дата обращения: 1.05.2014).
5. Горнов А.О. Коллега // IV Международная интернет-конференция КГП-2014. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2014/portret/2/> (дата обращения: 1.05.2014).
6. Горнов А.О., Усанова Е.В., Шаццлло Л.А. Инженерная подготовка в технических университетах Европы и США (сопоставление с естественной фрактальной структурой подготовки) // IV Международная интернет-конференция КГП-2014. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2014/papers/35/> (дата обращения: 1.05.2014).
7. Закрытие конференции // IV Международная интернет-конференция КГП-2014. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2014/news/28/> (дата обращения: 1.05.2014).
8. Зеленовская Н.В., Ярошевич О.В. Резервы совершенствования геометро-графической подготовки современного инженера // IV Международная интернет-конференция КГП-2014. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2014/papers/48/> (дата обращения: 1.05.2014).
9. Интересные дипломы 2014 // IV Международная интернет-конференция КГП-2014. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2014/news/30/> (дата обращения: 1.05.2014).
10. Конкурс «Берегите лес от пожара» // IV Международная интернет-конференция КГП-2014. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2014/papers/94/> (дата обращения: 1.05.2014).
11. Лалетин В.А., Столбова И.Д., Столбов О.В. Актуализация информационно-коммуникационной компетентности преподавателей в среде интернет-конференции // Alma mater (Вестник высшей школы). 2011. № 1. С. 54–59.
12. Проблемы качества графической подготовки в условиях перехода на образовательные стандарты нового поколения: Материалы международной научно-практической интернет-конференции. Пермь: Изд-во ПермГТУ, 2010.
13. Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе в условиях ФГОС ВПО: Материалы II Международной научно-практической интернет-конференции (Пермь, февраль-март 2011 г.). URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2011/> (дата обращения: 1.04.2014).
14. Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе в условиях ФГОС ВПО: Материалы III Международной научно-практической интернет-конференции (Пермь, сентябрь-ноябрь 2012 г.). URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2012/> (дата обращения: 1.04.2014).
15. Ротков С.И. Проблемы консолидации деятельности кафедр геометрии и графики // IV Международная интернет-конференция КГП-2014. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2014/papers/29/> (дата обращения: 1.05.2014).
16. Рукавишников В.А., Усанова Е.В. Вопросы технологизации геометро-графической подготовки в условиях информатизации производства на базе СЕ/PLM-методологии // Информатизация инженерного образования: тр. Междунар. науч.-метод. конф. (г. Москва, 15–16 апр. 2014 г.). М.: Изд-во МЭИ, 2014. С. 125–128.
17. Сальков Н.А. Проблемы современного геометрического образования // IV Международная интернет-конференция КГП-2014. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2014/papers/4/> (дата обращения: 1.04.2014).
18. Столбова И.Д. Организация предметного обучения: компетентностный подход // Высшее образование в России. 2012. № 7. С. 10–20.
19. Столбова И.Д. Управление качеством предметного обучения на основе компетентностного подхода // Университетское управление: практика и анализ. 2011. № 3. С. 55–61.
20. Столбова И.Д., Шахова А.Б. Графическая подготовка и современное состояние единой системы конструкторской документации (ЕСКД) // IV Международная интернет-конференция КГП-2014. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2014/papers/27/> (дата обращения: 1.05.2014).
21. Тельнов Ю.Ф., Казаков В.А., Козлова О.А. Динамическая интеллектуальная система управления процессами в информационно-образовательном пространстве высших учебных заведений // Открытое образование. 2013. № 1. С. 40–49.
22. Laletin V.A., Stolbov O.V., Stolbova I.D. Upgrading of the information and communication competence of instructors in the environment of an internet conference // Russian Education and Society. 2012. Т. 54. № 5. С. 65–76.

## References

1. Bul'bovich R.V., Stolbova I.D. Praktika distantsionnogo obucheniya na aerokosmicheskom fakul'tete [The practice of distance education at the Faculty of Aerospace]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* [Higher Education in Russia]. 2011, i. 7, pp. 103–109.
2. Vol'khin K.A. Ispol'zovanie informatsionno-kommunikatsionnykh tekhnologiy prepodavatelem v protsesse obucheniya nacher-tatel'noy geometrii [Using information and communication technologies in teacher learning descriptive geometry]. *Informatizatsiya inzhener-nogo obrazovaniya: tr. Mezhdunar. nauch.-metod. konf. (g. Moskva, 15–16 apr. 2014 g.)* [Informatization Engineering Education: Proceedings of the International scientific-methodological conference

- (Moscow, 15–16 April 2014.). Moscow, MEI Publ., 2014, pp. 125–128.
3. Danilov A.N., Lobov N.V., Stolbov V.Yu., Stolbova I.D. Kompetentnostnaya model' vypusknika: opyt proektirovaniya [Competence model graduate: design experience]. *Vysshnee obrazovanie segodnya* [Higher education today]. 2013, i. 6, pp. 25–33.
  4. Golovnin A.A. Moy pervyy uchitel' po nachertatel'noy geometrii (Aleksandr Davidovich Posvyanskiy) [My first teacher of descriptive geometry (Alexander Davidovich Posvyanskiy)]. *IV Mezhdunarodnaya Internet-konferentsiya KGP-2014* [IV International Internet Conference KGP-2014]. Available at: <http://dgng.pstu.ru/conf2014/portret/2/> (Accessed 1 May 2014).
  5. Gornov A.O. Kollega [Colleague]. *IV Mezhdunarodnaya Internet-konferentsiya KGP-2014* [IV International Internet Conference KGP-2014]. Available at: <http://dgng.pstu.ru/conf2014/portret/2/> (Accessed 1 May 2014).
  6. Gornov A.O., Usanova E.V., Shatsillo L.A. Inzhenernaya podgotovka v tekhnicheskikh universitetakh Evropy i SShA (sopostavlenie s estestvennoy fraktal'noy strukturoy podgotovki) [Engineering training in technical universities in Europe and the US (comparison with the natural fractal structure of training)]. *IV Mezhdunarodnaya Internet-konferentsiya KGP-2014* [IV International Internet Conference KGP-2014]. Available at: <http://dgng.pstu.ru/conf2014/papers/35/> (Accessed 1 May 2014).
  7. Zakrytie konferentsii [Closure of the conference]. *IV Mezhdunarodnaya Internet-konferentsiya KGP-2014* [IV International Internet Conference KGP-2014]. Available at: <http://dgng.pstu.ru/conf2014/news/28/> (Accessed 1 May 2014).
  8. Zelenovskaya N.V., Yaroshevich O.V. Rezervy sovershenstvovaniya gemetro-graficheskoy podgotovki sovremennogo inzhenera [Provisions improvement gemetro-graphic preparation of the modern engineer]. *IV Mezhdunarodnaya Internet-konferentsiya KGP-2014* [IV International Internet Conference KGP-2014]. Available at: <http://dgng.pstu.ru/conf2014/papers/48/> (Accessed 1 May 2014).
  9. Interesnye diplomy 2014 [Interesting diplomas 2014]. *IV Mezhdunarodnaya Internet-konferentsiya KGP-2014* [IV International Internet Conference KGP-2014]. Available at: <http://dgng.pstu.ru/conf2014/news/30/> (Accessed 1 May 2014).
  10. Konkurs «Beregite les ot pozhara» [Competition "Protect the forest from fire"]. *IV Mezhdunarodnaya Internet-konferentsiya KGP-2014* [IV International Internet Conference KGP-2014]. Available at: <http://dgng.pstu.ru/conf2014/papers/94/> (Accessed 1 May 2014).
  11. Laletin V.A., Stolbova I.D., Stolbov O.V. Aktualizatsiya informatsionno-kommunikatsionnoy kompetentnosti prepodavateley v srede Internet-konferentsii [Actualization of information and communication competence of teachers in the Internet environment conference]. *Alma mater (Vestnik vysshey shkoly)* [Alma mater (Vestnik of high school)]. 2011, i. 1, pp. 54–59.
  12. *Problemy kachestva graficheskoy podgotovki v usloviyakh perekhoda na obrazovatel'nye standarty novogo pokoleniya: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii* [Problems of quality graphic preparation in the transition to a new generation of educational standards: Proceedings of the International Scientific and Practical Internet Conference]. Perm', Perm State Technical University Publ., 2010.
  13. *Problemy kachestva graficheskoy podgotovki studentov v tekhnicheskoy vuzovskoy sredy: Materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii (Perm', fevral'-mart 2011 g.)* [Problems of quality graphic preparation of students in technical colleges under the GEF VPO: Proceedings of the II International Scientific and Practical Internet Conference (Perm, February–March 2011)]. Available at: <http://dgng.pstu.ru/conf2011/> (Accessed 1 April 2014).
  14. *Problemy kachestva graficheskoy podgotovki studentov v tekhnicheskoy vuzovskoy sredy: Materialy III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii (Perm', sentyabr'-noyabr' 2012 g.)* [Problems of quality graphic preparation of students in technical colleges under the GEF VPO: Proceedings of the III International Scientific and Practical Internet Conference (Perm, September–November 2012)]. Available at: <http://dgng.pstu.ru/conf2012/> (Accessed 1 April 2014).
  15. Rotkov S.I. Problemy konsolidatsii deyatelnosti kafedry geometrii i grafiki [Problems consolidation of departments geometry and graphics]. *IV Mezhdunarodnaya Internet-konferentsiya KGP-2014* [IV International Internet Conference KGP-2014]. Available at: <http://dgng.pstu.ru/conf2014/papers/29/> (Accessed 1 May 2014).
  16. Rukavishnikov V.A., Usanova E.V. Voprosy tekhnologizatsii geometro-graficheskoy podgotovki v usloviyakh informatizatsii proizvodstva na baze CE/PLM-metodologii [Questions technologizing geometrical graphic preparation under conditions of informatization of production based on CE/PLM-methodology]. *Informatizatsiya inzhenerenogo obrazovaniya: tr. Mezhdunar. nauch.-metod. konf. (g. Moskva, 15–16 apr. 2014 g.)* [Informatization Engineering Education: Proceedings of the International scientific-method. Conference. (Moscow, 15–16 April. 2014.)]. Moscow, MEI Publ., 2014, pp. 125–128.
  17. Sal'kov N.A. Problemy sovremennogo geometricheskogo obrazovaniya [Problems of modern geometric formation]. *IV Mezhdunarodnaya Internet-konferentsiya KGP-2014* [IV International Internet Conference KGP-2014]. Available at: <http://dgng.pstu.ru/conf2014/papers/4/> (Accessed 1 April 2014).
  18. Stolbova I.D. Organizatsiya predmetnogo obucheniya: kompetentnostny podkhod [Organization of subject teaching: the competence approach]. *Vysshnee obrazovanie v Rossii* [Higher Education in Russia]. 2012, i. 7, pp. 10–20.
  19. Stolbova I.D. Upravlenie kachestvom predmetnogo obucheniya na osnove kompetentnostnogo podkhoda [Quality Management subject teaching competency-based approach]. *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz* [University Management: Practice and Analysis]. 2011, i. 3, pp. 55–61.
  20. Stolbova I.D., Shakhova A.B. Graficheskaya podgotovka i sovremennoe sostoyanie edinoi sistemy konstruktorskoj dokumentatsii (ESKD) [Graphic preparation and present state of a single system of design documentation (ESKD)]. *IV Mezhdunarodnaya Internet-konferentsiya KGP-2014* [IV International Internet Conference KGP-2014]. Available at: <http://dgng.pstu.ru/conf2014/papers/27/> (Accessed 1 May 2014).
  21. Tel'nov Yu.F., Kazakov V.A., Kozlova O.A. Dinamicheskaya intellektual'naya sistema upravleniya protsessami v informatsionno-obrazovatel'nom prostranstve vysshih uchebnykh zavedeniy [Dynamic intelligent system management processes in information-educational environment of higher education institutions]. *Otkrytoe obrazovanie* [Open Education]. 2013, i. 1, pp. 40–49.
  22. Laletin V.A., Stolbov O.V., Stolbova I.D. Upgrading of the information and communication competence of instructors in the environment of an internet conference. *Russian Education and Society*. 2012, v. 54, i. 5, pp. 65–76.

УДК 378

DOI: 10.12737/6522

**К.А. Вольхин**

Канд. пед. наук, профессор,  
Новосибирский государственный архитектурно-  
строительный университет (Сибстрин),  
Россия, 630008, Новосибирск, ул. Ленинградская, 113

**Т.А. Астахова**

Старший преподаватель,  
Сибирский государственный университет  
путей сообщения,  
Россия, 630049, Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191

## Проблемы графической подготовки студентов технического университета

**Аннотация.** В статье анализируются причины выбора студентами технического направления обучения и проблемы, возникающие у студентов при изучении начертательной геометрии. Обсуждаются вопросы по организации самостоятельной работы для эффективности изучения предмета. Рассматриваются педагогические условия, направленные на их разрешение.

**Ключевые слова:** графическое образование, начертательная геометрия, самостоятельная работа студента, графические программы, мультимедийные учебно-методические материалы.

**К.А. Volkhin**

Ph.D. in Education, Professor,  
Novosibirsk State University of Architecture and Civil  
Engineering,  
113 Leningrad st., Novosibirsk, 630008, Russia

**Т.А. Astakhova**

Senior Teacher,  
Siberian Transport University,  
191, D. Kovalchuk st., Novosibirsk, 630049, Russia

## Graphic Training Problems of Technical University Students

**Abstract.** The article analyzes the reasons why students choose technical programs and problems they face studying descriptive geometry. The author discusses issues of independent work organization for the effective study of the subject and reviews pedagogical approaches providing solution to those problems.

**Keywords:** graphic education, descriptive geometry, independent work of a student, graphics software, multimedia educational materials.

Графическое образование — это процесс, в результате которого человек приобретает знания, умения и навыки работы с графической информацией. Развитие способности правильно воспринимать, создавать, сохранять и передавать различную техническую графическую информацию о предметах, процессах и явлениях является задачей графической подготовки профессионального образования.

В высшем техническом учебном заведении за графическое образование, так же как и в школе, ответственны многие учебные дисциплины, но его основы формируются при изучении начертательной

геометрии (НГ) и инженерной графики (ИГ). Традиционно изучение этих дисциплин направлено на формирование навыков восприятия и создания конструкторского документа — чертежа как одного из видов инженерно-графической информации [2].

Успешность учебной деятельности по изучению дисциплин графического цикла зависит от многих объективных и субъективных факторов. Формирование условий, максимально удовлетворяющих индивидуальные потребности каждого студента, несомненно, оказывает положительное влияние на качество образования. В рамках существующей групповой системы организации учебной деятельности в университете и смещении приоритетов от аудиторных занятий к самостоятельной работе студента реализация индивидуализированного обучения становится возможной только при условии наличия у студента сформировавшейся положительной мотивации к изучению дисциплины [3].

«Мотивация к обучению представляет собой сложный процесс изменения отношения личности как к отдельному предмету изучения, так и ко всему учебному процессу. Основной задачей учебного заведения является стимулирование интересов к обучению таким образом, чтобы целью студентов стало получение не просто диплома, а диплома, который подкреплен прочными и стабильными знаниями и компетенциями. Мотивация студентов — это один из наиболее эффективных способов улучшить процесс и достичь запланированных результатов обучения, а мотивы являются движущими силами процесса обучения» [1].

Для определения факторов, влияющих на успешность результатов учебной деятельности, мы проанализировали итоги обучения начертательной геометрии студентов Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (НГАСУ) и Сибирского государственного университета путей сообщения (СГУПС), изучающих дисциплину под нашим руководством. Опрос первокурсников показал, что 87% испытывали серьезные трудности в изучении начертательной геометрии.

Чтобы выяснить, с чем могут быть связаны проблемы изучения начертательной геометрии, мы попросили студентов ответить на этот вопрос, предложив определить более значимый для них вариант ответа из предложенных: недостаток теоретических знаний и процесс оформления графического задания или сформулировать свое видение проблемы (рис. 1). Более половины респондентов посчитало, что предложенные варианты не определяют причину проблем изучения начертательной геометрии. При этом только три студента сформулировали свои причины проблем: «трудности в установке программы»; «не изучал начертательную геометрию в школе»; «неправильная организация занятий, быстрый темп, нет взаимосвязи учителя с учениками».

Обучение начертательной геометрии в разных университетах проходит в разных условиях, что позволяет выявить как общие, так и частные проблемы,

возникающие в процессе изучения дисциплины студентами. В соответствии с учебными рабочими программами дисциплины «Начертательная геометрия» на изучение отводится различное время: в НГАСУ – 108 часов, а в СГУПС – 72 часа. В табл. 1 приведены соотношения времени на различные виды учебной деятельности. Самостоятельная работа студента составляет более 50% времени, отведенного на изучение дисциплины в обоих университетах.

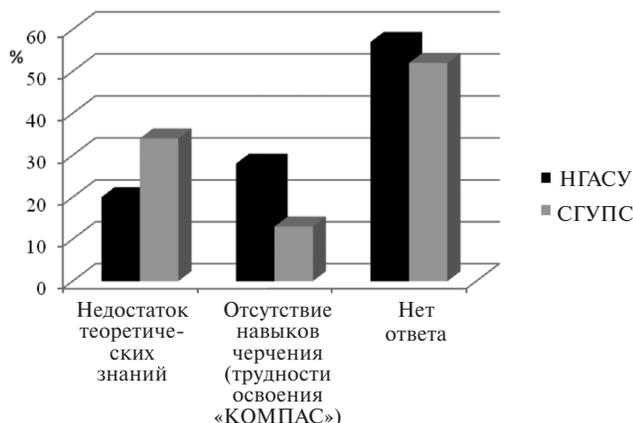


Рис. 1. Причины проблем, возникающие при изучении НГ

Таблица 1

**Выдержки из учебных программ НГ**

Направление	Лекции	Практ. занятия	Самост. работа	Итоговая аттестация
НГАСУ – 270800 Строительство (механизация и автоматизация строительства)	16	28	64	Экзамен
СГУПС – 190600 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов	0	34	38	Зачет

Чтобы оценить мнение студентов о том, с чем связано возникновение сложностей при изучении НГ, мы предложили расположить в порядке убывания значимости пять причин или сформулировать свое мнение по этому вопросу. Результаты анкетирования показали, что в качестве первоочередных причин (табл. 2) 54% студентов видят объективные факторы, связанные с состоянием школьной графической подготовки и развитием пространственного воображения.

Таблица 2

**Первоочередные причины проблем изучения НГ**

Причины трудностей	Все (%)	НГАСУ (%)	СГУПС (%)
Низкий уровень школьной подготовки	33	18	43
Плохое пространственное воображение	21	22	20
Непонятна цель изучения предмета	19	27	13
Неинтересно обучение	14	18	13
Нерегулярно занимаюсь	13	15	11

Показательным, с нашей точки зрения, является то, что низкий уровень школьной подготовки представляет из себя доминирующую причину возникновения трудностей при изучении НГ у студентов СГУПС, что является следствием отсутствия лекционных занятий и связанной с этим необходимостью самостоятельного изучения теоретических основ дисциплины. Таким образом, ожидаемый рост влияния низкого уровня школьной геометро-графической подготовки, связанный с исключением курса черчения из обязательной программы школы [4], оказался менее значим, чем навыки самостоятельной работы.

Следующими по значимости (33%) являются более субъективные причины: непонятна цель изучения дисциплины и неинтересно обучение, связанные с правильностью выбора студентами технического направления высшего профессионального образования. Только 28% студентов, принявших участие в опросе, поступили в университет потому, что имеют интерес к приобретаемой профессии (рис. 2). Неуверенность в правильности выбора направления обучения высказали около 11% студентов и 20% не планируют работать по профессии после окончания обучения.

Школьники имеют слабые представления о современных профессиях, не умеют соотносить свои способности с конкретными видами деятельности. Выбор учебного заведения старшеклассником осуществляется «по цепочке» за референтно-значимым учащимся класса, а при выборе профессии у школьников преобладают узкопрактические мотивы. Имеет место увлеченность учителей личным престижем, результатом собственной работы. Большую роль играют социальные стереотипы и сложившиеся семейные сценарии, ограничивающие ребенка в выборе [11].

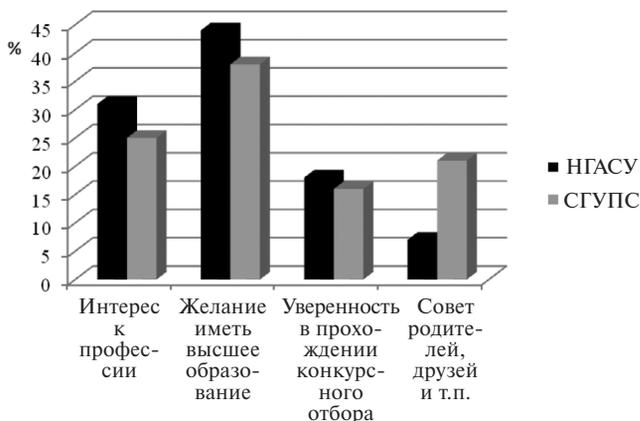


Рис. 2. Причины выбора направления обучения

В связи с тем что большинство опрошенных студентов не имеет представления о содержании своей будущей профессиональной деятельности, определить значение той или иной дисциплины для них является неоднозначно решаемой задачей. Мы предложили первокурсникам оценить степень важности одной из трех целей изучения начертательной гео-

метрии: интеллектуальное развитие, профессиональная значимость или сдача экзамена. В результате кто-то отметил все как первоочередные цели, а 32% ни одну из них не посчитали значимой (табл. 3). Как может появиться хороший результат, если нет цели?

Таблица 3

**Цель изучения НГ**

Первоочередная цель	Все (%)	НГАСУ (%)	СГУПС (%)
Интеллектуальное развитие	38	34	42
Профессиональная значимость	41	26	51
Сдать экзамен (зачет)	38	23	48
Нет	32	49	19

Меньше всего студентов (13%) причину всех проблем изучения начертательной геометрии связывают с неспособностью организовать регулярную самостоятельную работу.

С нашей точки зрения, регулярность и эффективность самостоятельной внеаудиторной работы являются определяющими факторами успешности учебной деятельности в условиях, когда она составляет значительную долю времени, отводимого учебными планами на изучение дисциплины. Временные затраты студентов на самостоятельную работу по изучению начертательной геометрии, рассчитанные по результатам еженедельного опроса, приведены в табл. 4. Общим для университетов является то, что среднее фактическое время, потраченное на изучение дисциплины, ниже планового показателя.

Таблица 4

**Время самостоятельной работы**

Время самостоятельной работы	НГАСУ (час)	СГУПС (час)
Плановое	64	38
Среднее фактическое	42,8	30
Максимальное фактическое	80	63
Минимальное фактическое	20	21

Остроту проблеме придает невысокий качественный показатель самостоятельной работы. Поражает тот факт, что для значительной доли первокурсников серьезные сложности вызывает деятельность даже на репродуктивном уровне. Невнимательность, спешка, небрежности в выполнении геометрических построений приводят к негативному результату, и, как следствие, пропадает интерес к изучению дисциплины. В этих условиях возникают две негативные крайности в поведении студентов. Первая проявляется в том, что студент пытается всеми способами организовать учебную деятельность под непосредственным руководством преподавателя, испытывая неуверенность в каждом действии. Вторая – поиск путей, позволяющих ввести преподавателя в заблуждение во время контрольных мероприятий. В обоих случаях качество образования страдает.

Современные мультимедийные учебно-методические материалы по начертательной геометрии [5, 12] имеют такую степень подробности представления учебной информации и наглядность, что результат учебной деятельности в меньшей степени зависит от уровня начальной графической подготовки и развития пространственного мышления, чем от времени, потраченного на изучение темы. Чем ниже исходный уровень знаний, умений и навыков имеет учащийся, тем больше времени он должен посвятить изучению предмета.

Значительную долю проблем, возникающих при решении задач НГ, составляет отсутствие навыков работы с традиционными чертежными инструментами. Поэтому применение в качестве чертежного инструмента компьютерных графических программ не только повышает качество оформления чертежа за счет увеличения точности геометрических построений, но и способствует уменьшению влияния исходных навыков студента по выполнению геометрических построений. При этом следует отметить, что на успешность графической деятельности начинает влиять уровень начальной компьютерной грамотности первокурсника [6]. Время, потраченное на приобретение навыков работы с графическим редактором, индивидуально для каждого студента. Поэтому адекватная оценка своих возможностей и сопоставление предпринимаемых усилий, целей и результатов деятельности оказывают значительное влияние на успешность и практической графической деятельности [7].

Обучение инструментальным возможностям графического пакета во время аудиторных занятий по начертательной геометрии может быть только опосредствованным, т.е. выполнение преподавателем графических построений на компьютере демонстрирует возможности программы. При этом следует отметить, что ни один студент не отказался от возможности, предоставленной преподавателем, выполнять эскизы с использованием компьютера как электронного кульмана. Осознание студентом того, что он осваивает современные методы графического представления технической информации, приводит к повышению мотивации изучения начертательной геометрии [8, 9].

Формирование способности рефлексивной самооценки происходит в процессе сопоставления ее с оценкой преподавателя или коллектива, который возможен во время практических занятий и консультаций. Количество часов аудиторных занятий на изучение начертательной геометрии доведено до критического предела. Во время практического занятия совместить контрольные мероприятия по проверке индивидуальных графических заданий и групповое решение задач или обсуждение алгоритмов и теоретических основ дисциплины практически невозможно. Перемещение контрольных мероприятий на консультации, посещение которых не является обязательной учебной нагрузкой студента, приводит к увеличению отставания от календарного плана изучения дисциплины. Пропуски аудиторных заня-

тий в современных условиях высшего университетского образования не рассматриваются как прогулы с соответствующими организационными последствиями. Наоборот, в соответствии с прогнозами, представленными в государственной программе Российской Федерации «Развитие образования» на 2013–2020 гг., из-за демографической ситуации «к 2020 г. все студенты будут учиться по индивидуальным учебным планам, включающим значительную долю самостоятельной работы с использованием информационных технологий» [10, с. 25]. Таким образом, намечается тенденция перехода от группового метода к индивидуальному обучению, требующему формирования комфортной среды для субъектов образовательного процесса.

Способность правильной самооценки результатов учебной деятельности и определения необходимых усилий для обеспечения ее успешности своевременно развивается у первокурсников только в процессе регулярного общения с преподавателем. Поэтому все академические свободы в условиях группового метода обучения, индивидуальные графики обучения должны внедряться на старших курсах.

Подводя итоги экспериментального обучения в сопоставлении с приведенным выше мнением студентов на проблемы, возникающие в процессе изучения начертательной геометрии, можно сделать вывод, что положительная мотивация к изучению дисциплины является определяющим фактором успешности учебной деятельности, и на ее формирование должны быть направлены все методические средства и педагогические усилия.

## Литература

1. Биби́к В.Л., Петро́ва Е.И. Информационная образовательная среда при изучении студентами технических дисциплин // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 2. URL: [www.science-education.ru/116-12674](http://www.science-education.ru/116-12674) (дата обращения: 01.05.2014).
2. Вольхин К.А., Лейбов А.М. Проблемы формирования графической компетентности в системе высшего профессионального образования // *Философия образования*. 2012. № 4. С. 16–22.
3. Вольхин К.А. Проблемы формирования положительной мотивации к изучению начертательной геометрии студентов строительного университета // *Инновационные технологии в инженерной графике. Проблемы и перспективы: Материалы Международной научно-практической конференции 21 марта 2014 г. Брест. Беларусь: Изд-во БрГТУ, 2014. С. 23–24.*
4. Вольхин К.А., Пак Н.И. О состоянии графической подготовке учащихся в школе с позиции информационного подхода // *Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. Т. 1. Психолого-педагогические науки*. 2011. № 3. Красноярск: Краснояр. гос. пед. ун-т, 2011. С. 74–78.
5. Вольхин К.А. Электронное учебное пособие «Начертательная геометрия» // *Новые информационные технологии в университетском образовании: Тез. на-уч.-метод. конф.*, Новосибирск: ИЭПМСО РАО, 2007. С. 73–75.

6. Вольхин К.А. Изучение начертательной геометрии в свете информатизации инженерного графического образования // *САПР и графика* 2010. № 11. С. 70–72.
7. Вольхин К.А. Организация учебной деятельности студентов в процессе изучения начертательной геометрии // *Сибирский педагогический журнал*. 2013. № 4. С. 102–110.
8. Вольхин К.А., Астахова Т.А. Использование информационных технологий в курсе начертательной геометрии // *Омский научный вестник*. 2012. № 2. С. 282–286.
9. Вольхин К.А., Максимова С.В., Субботина И.В. Формирование активной творческой позиции студентов при изучении графических дисциплин в системе трехмерного моделирования КОМПАС-3D / *Повышение качества образования через формирование образовательной среды, способствующей активизации творческого потенциала талантливой молодежи / Сборник тезисов докладов Международной межвузовской научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава 14–15 ноября 2013 г. Новосибирск: Изд-во НГАСУ, 2013. С. 59–61.*
10. Государственная программа РФ «Развитие образования» на 2013–2020 гг. Министерство образования и науки РФ. URL: <http://минобрнауки.рф/документы/2882/файл/1406/12.11.22> (дата обращения: 10.03.2014).
11. Нургатина О.Н., Соломахин О.Б., Султанова Н.Д. Профессиональное самоопределение старшеклассников: проблемы выбора // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 2. URL: [www.science-education.ru/116-12910](http://www.science-education.ru/116-12910) (дата обращения: 01.05.2014).
12. Ярошевич О.В., Вольхин К.А. Мультимедийная составляющая информационно-образовательной среды графической подготовки / *Образовательная среда как фактор качественной профессиональной подготовки / Материалы Всероссийской научно-методической конференции / СГУПС, НТИ МГУДТ. Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2011. С. 357–360.*

## References

1. Bibik V.L., Petrova E.I. Information educational environment while studying the students of engineering disciplines. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2014, i. 2 (in Russian). Available at: [www.science-education.ru/116-12674](http://www.science-education.ru/116-12674) (Accessed 01 May 2014).
2. Volkhin K.A., Leybov A.M. Problems of formation of the graphics competence in the system of higher professional education. *Filosofiya obrazovaniy* [Philosophy of education]. 2012, i. 4, pp. 16–22. (in Russian)
3. Volkhin K.A. Problems of formation of a positive motivation to learn descriptive geometry students construction University. *Innovatsionnye tekhnologii v inzhenernoy grafike. Problemy i perspektivy. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Innovative technologies in engineering graphics. Problems and prospects. Materials of International scientific-practical conference]. Brest, BrGTU Publ., 2014, pp. 23–24. (in Russian)
4. Volkhin K.A., Pak N.I. On the state of the graphic preparation of students in school with position information approach. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. V.P. Astafieva* [Bulletin of Krasnoyarsk state pedagogical University. V.P. Astafiev]. 2011, v. 1, i. 3,

- Krasnoyarsk, KGPU named after V.P. Astafev, 2011, pp. 74–78. (in Russian)
5. Volkhin K.A. Electronic textbook «descriptive geometry». *Novye informatsionnye tekhnologii v universitetskom obrazovanii: Tezisy nauchno-metodicheskoy konferentsii* [New information technologies in University education: abstracts of scientifically-methodical conference], Novosibirsk, IAPMSO RAO Publ., 2007, pp. 73–75. (in Russian)
  6. Volkhin K.A. The study of descriptive geometry in the light of Informatization of engineering graphics education. *Zhurnal «SAPR i Grafika»* [Magazine «CAD and Graphics»], 2010, i. 11, pp. 70–72. (in Russian)
  7. Volkhin K.A. Organization of educational activity of students in the process of study of descriptive geometry. *Sibirskiy pedagogicheskiy zhurnal. Nauchnoe periodicheskoe izdanie* [Siberian pedagogical journal, Scientific periodical], 2013, i. 4, pp. 102–110. (in Russian)
  8. Volkhin K.A., Astakhova T.A. The use of information technology in the course of descriptive geometry. *Zhurnal «Omskiy nauchnyy vestnik»* [Magazine «The Omsk scientific journal»], 2012, i. 2, pp. 282–286. (in Russian)
  9. Volkhin K.A., Maksimova S.V., Subbotina I.V. The formation of active creative position of students at studying graphic disciplines in the three-dimensional modeling of COMPASS-3D. *Povyshenie kachestva obrazovaniya cherez formirovanie obrazovatel'noy sredy, sposobstvuyushchey aktivizatsii tvorcheskogo potentsiala talantlivoy molodezhi / Sbornik tezisev dokladov Mezhdunarodnoy mezhvuzovskoy nauchno-metodicheskoy konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava* [Improving the quality of education through the formation of an educational environment that promotes activation of creative potential of talented youth. The collection of theses of reports of the International interuniversity scientific-methodical conferences of the teaching staff], Novosibirsk, NGASU(Sibstrin) Publ., 2013, pp. 59–61. (in Russian)
  10. *Gosudarstvennaya programma RF «Razvitie obrazovaniya» na 2013–2020 gody. Ministerstvo obrazovaniya i nauki RF* [The state program of the Russian Federation «Development of education» for 2013–2020. The Ministry of education and science of the Russian Federation]. Available at: [http://минобрнауки.рф/документы/2882/файл/1406/12.11.22-Госпрограмма-Развитие\\_образования\\_2013-2020.pdf](http://минобрнауки.рф/документы/2882/файл/1406/12.11.22-Госпрограмма-Развитие_образования_2013-2020.pdf) (Accessed 10 March 2014).
  11. Nurgina O.N., Solomshin O.B., Sultanova N. D. Professional self-determination of students: problems of choice. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2014, i. 2 (in Russian). Available at: [www.science-education.ru/116-12910](http://www.science-education.ru/116-12910) (Accessed 01 May 2014).
  12. Yaroshevich O.V., Volkhin K.A. The multimedia educational environment graphic training. *Obrazovatel'naya sreda kak faktor kachestvennoy professional'noy podgotovki / Materialy Vserossiyskoy nauchno-metodicheskoy konferentsii* [Educational environment as a factor of quality of professional training / Materials of scientifically-methodical conference], Novosibirsk, SGUPS Publ., 2011, pp. 357–360. (in Russian)

УДК 378

DOI: 10.12737/6523

**Л.В. Арциховская-Кузнецова**

Генеральный директор ООО «Научно-производственное информационное агентство» (НП ИНФАГ),  
Московский автомобильно-дорожный институт (МАДИ),  
Россия, 125315, г. Москва, Ленинградский проспект, д. 64.

## О «головоломности» начертательной геометрии

**Аннотация.** Опыт преподавания дисциплин «Начертательная геометрия» и «Черчение» (НГиЧ) студентам МАДИ, «Компьютерная геометрия и графика» (КГГ) преподавателям вузов (ФПК МАДИ) позволяет автору утверждать, что сокращение часов НГиЧ ради демонстрации на персональных компьютерах (ПК) готовых чертежей недопустимо. НГиЧ – предметы, обучающие студентов понимать по чертежам формы деталей и конструкции сборочного узла, кинематику сборочного узла, как его разобрать и собрать. Гаспар Монж, создав графо-геометрический язык отображения трехмерных объектов в двумерном пространстве, грамматику этого языка – науку НГ, политехнический вуз, кафедру НГиЧ, обнаружил, что НГиЧ – тренажеры быстрогоумия. Сделав перечисленное, Г. Монж открыл дорогу техническим вузам. Ныне с кафедр НГиЧ по планам Г. Монжа, определившего необходимость и достаточность часов НГиЧ для инженерной грамотности, начинается обучение инженеров. Поэтому автор считает: сокращать их нельзя! Их можно только увеличивать, так как они умотренажерны. Автор полагает, что КГГ следует ввести обязательно, но не за счёт головоломных НГиЧ, а включив их в часы летней компьютерной практики, обучая КГГ на отечественных ПК типа БК-0010 и нашем программном обеспечении (ПО) – например, графо-геометрическом пакете прикладных программ (ГГ ППП) «АЛГРАФ» (создатель Ю.В. Котов). Затем ввести КГГ в вузы и школы России, Белоруссии, Казахстана и Украины, сделав это как можно скорее, на отечественных ПК и на нашем ПО.

**Ключевые слова:** начертательная геометрия и черчение (НГиЧ), персональный компьютер (ПК), графо-геометрический пакет прикладных программ (ГГ ППП), компьютерная геометрия и графика (КГГ), программное обеспечение (ПО).

**L. V. Artsikhovskaya-Kuznetsova**

General Director of LLC «Scientific-production information Agency (NP INTAG)», Moscow State Automobile and Road Technical University (MADI),  
64, Leningradsky Prospekt, Moscow, 125315, Russia

**Puzzles of Descriptive Geometry**

**Abstract.** The experience of teaching descriptive geometry and drawing (DG&D) to students, as well as computer geometry and plotting (CG&P) to university lecturers at the Moscow Road Transport Institute entitles the author to assert that reducing the DG&D study time for the benefit of demonstrating finished drawings on a computer monitor is unacceptable. DG&D teach students to discern from drawings: 1) the shape of machine parts, 2) kinematics of subassemblies, and 3) how they are put together and taken apart. Gaspard Monge, who: 1) developed graphic geometry language for depicting 3D objects in two dimensions, 2) devised a grammar of that language - the science of descriptive geometry, 3) established a DG&D chair, and 4) founded a polytechnic, discovered that DG&D stimulate quick-wittedness. By accomplishing the above, Gaspard Monge paved the way to technical universities. Nowadays DG&D chairs teach engineers in accordance with Monge's curriculum which specifies the necessary and sufficient study time for achieving technical literacy. Therefore the author believes that the study time should not be reduced! It should be extended, because DG&D train the brain. The author supports the opinion that CG&P should be taught, but not at the expense of DG&D, which are hard

to master, but by including them into summer extramural computer training and using Russian-made БК-0010 personal computers and our program software (PS) – the ALGRAPH graphic geometry software package (GGSP) developed by Yu.V. Kotov. The author is convinced that CG&P should be taught in schools of Russia, Belarus, Kazakhstan, and Ukraine using our computers and software.

**Keywords:** descriptive geometry and drawing (DG&D), personal computer (PC), graphic geometry software package (GGSP), computer geometry and plotting (CG&P), program software (PS).

С ростом городов, подъемом хозяйства и культуры в Древнем мире (Греции и Риме) возникло высшее образование. В Италии в городе Салерно была организована 1-я высшая медицинская школа. Там же, в Болонье – 1-я высшая юридическая школа. В конце X в. на Халкидонском полуострове (на Афонской горе) была основана грузинская академия. В XII в. в Западной Европе (Италия, Испания, Франция) появились первые высшие учебные заведения – университеты. Это было вызвано потребностями экономического развития, ростом городов, развитием ремесел и торговли, подъемом хозяйства и культуры.

Древнейшими университетами в Европе славится Прага (1348), гордится Краков (Ягеллоновский университет, 1364). Основными факультетами в ранних европейских университетах были историко-филологические, правовые, географические, медицинские и математические.

С начала XVIII в. для бурно развивающейся промышленности потребовались специалисты с техническими знаниями. В 1701 г. в Москве Петром I для нужд государственной и военно-морской служб была организована «Школа математических и навигацких наук». Она была первым в мире учебным заведением подобного типа. Затем в 1715 г. в Петербурге была открыта Морская академия [4, с. 513].

Приоритет в открытии первых в мире высших технических учебных заведений принадлежит Чехии. В Остраве в 1716 г. была учреждена «Высшая горная школа». В 1717 г. в Праге был основан 1-й в мире Чешский технический университет. Полвека спустя в Саксонии (Германия) в 1766 г. была организована «Горная академия» [4, с. 508].

Известно, что в это же время во французской Мезьерской военно-инженерной школе с 1768 г. профессорствовал молодой французский математик Гаспар Монж (1746–1818), который прославил Мезьерскую школу тем, что в ее стенах он впервые начал преподавать курс инженерной геометрии, назвав его «Начертательной геометрией (НГ)». Работы Г. Монжа по НГ были выполнены им в первые годы его преподавания. Но французы, чтобы укрепиться в своем мировом инженерном лидерстве, на многие годы «засекретили» курс НГ Г. Монжа, который был им опубликован только в 1799 г. [5, с. 232].

В России в 1773 г. в Петербурге было открыто «Горное училище», которое хотя и было одним из первых в мире высших технических учебных заведений, но НГ там не преподавалась. В Московском землемерном училище, созданном в 1779 г., тоже не было НГ.

Свои работы по аналитической и дифференциальной геометрии Гаспар Монж опубликовал в следующем порядке: «О свойствах многих родов кривых поверхностей» (1780); «Мемуары о развертках, радиусах кривизны и различных родах перегибах кривых двойкой кривизны» (1785); «Приложение анализа к геометрии» (1795). В 1780 г. французы, ценя своего гениального соотечественника, избирают Г. Монжа в Парижскую академию наук. Далее, во многом по его инициативе, в Париже в 1794–1795 гг. создается 1-я в мире Высшая политехническая школа, профессором которой Гаспар Монж становится в 1794 г. После чего во Франции открывают «Горную школу» и «Школу мостов и дорог», делая этим громадный скачок в высшем техническом образовании [5, с. 232].

Выйти на лидирующие позиции по новаторству преподавания в своих высших технических учебных заведениях французам удалось во многом благодаря Г. Монжу. Бог щедро одарил Г. Монжа, вложив в его голову разнообразные таланты: математика, инженера и педагога. Именно поэтому он первый в мире осознал, что техника больше нужна наглядная (визуальная) геометрия, чем аналитическая и дифференциальная (большим знатоком которых он был); что будущие инженеры при решении технических задач должны пользоваться методами наглядных геометрических построений, а не математических вычислений. В результате он понял, что языком каждого техника должен стать чертеж. Это и побудило его самому заняться организацией высшего технического образования, начиная с азов. Сейчас стало очевидным, что гениальный Г. Монж безошибочно приступил к самому главному – созданию графо-геометрического языка для изображения на плоскости объемных предметов разного вида, назначения и протяженности.

Эту задачу, над которой много веков ломали ученые головы всей планеты, Г. Монж исчерпывающе решил и системно изложил, обобщив опыт своих предшественников, озадаченных проблемой визуализации объемных объектов на плоском изображении. Разрешив геометрическую проблему «отображения 3-мерных объектов в 2-мерном пространстве», Г. Монж обогатил этим все человечество. Сейчас его методами владеют и пользуются не только техники и инженеры всего мира, но и дети, изучающие в школах предмет «Черчение». Поэтому все школьники, так же как и студенты всех технических вузов, должны знать, что человечество должно быть благодарно мудрейшему французскому ученому – Гаспару Монжу за создание графо-геометрического языка черчения, без которого не могло начаться развитие промышленности и транспорта [6, с. 316].

В Парижской политехнической школе Г. Монж создал 1-ю в мире кафедру изобретенной и разработанной им науки «Начертательная геометрия (НГ)», которая, по его утверждению, являясь грамматикой графо-геометрического языка, предназначенного для черчения, абсолютно необходима для инженерно-

технического обучения и дальнейшей повсеместной и всевозможной технической деятельности.

В России дисциплины «Начертательная геометрия» и «Черчение» (НГЧ) были введены в 1810 г. в петербургском Институте корпуса инженеров путей сообщения. Для преподавания этих новых для того времени дисциплин из Франции были приглашены ученики Г. Монжа, читавшие курс НГ по-французски. Я.А. Севастьянов стал первым профессором НГ в России. Он первым начал преподавать этот курс на русском языке. В России он был не только первым интерпретатором этой фундаментальной технической дисциплины, но и первым русским ученым, написавшим ряд своих собственных сочинений, дополнивших отдельные разделы геометрии Г. Монжа [6, с. 316].

В 1828 г. был организован Петербургский практический технологический институт. В 1832 г. было открыто Московское высшее техническое училище (ныне МВТУ имени Баумана), получившее в Америке название «русской школы механического искусства» [4, с. 513]. С тех пор в МВТУ, а потом и в каждом техническом вузе России, изучение обязательных общетеоретических инженерных дисциплин начинается с НГЧ, без овладения которыми инженерное образование невозможно!

В дальнейшем в России отечественными профессорами были созданы учебники фундаментальной науки «Начертательная геометрия». Это были Н.И. Макаров, В.И. Курдюмов, Н.А. Рынин, А.К. Власов, Н.А. Глаголев, А.И. Добряков, Д.И. Каргин, Н.Ф. Четверухин, И.И. Котов и др. С тех пор и поныне с этой грамматикой графо-геометрического языка студенты технических вузов всей России с 1-го семестра первых курсов начинают овладевать инженерными знаниями [6, с. 316].

Говоря современным языком, Гаспар Монж первый в мире сформулировал алгоритм параллельно-ортогонального проецирования пространственных объектов на две (три) взаимно перпендикулярные плоскости проекций с дальнейшей разверткой этих (взаимно перпендикулярных плоскостей) проекций в одну плоскость чертежа, которую стали называть в курсе «Начертательной геометрии» эпюром Монжа, в курсе «Черчения» – комплексным чертежом.

Такие комплексные чертежи, передающие визуальную информацию о том, как выглядят изображаемые объекты с разных точек зрения — на главном виде (фронтальная проекция), на виде сверху (горизонтальная проекция), на виде сбоку (профильная проекция), — определяют как одно-, двух- и трех-проекционные чертежи. Количество проекций на комплексном чертеже зависит от сложности изображаемых объектов.

Свой авторский курс лекций по НГ Г. Монж излагал будущим инженерам с помощью доски и мела, обучая студентов решению пространственных задач путем геометрических построений на плоскости. При этом он объяснял студентам метод двукратного (или трехкратного) проецирования на две (или три) вза-

имно перпендикулярные плоскости проекций, обучая студентов «геометрическому чтению», т.е. «воображению» геометрических форм объектов, по-разному расположенных относительно друг друга и относительно взаимно перпендикулярных плоскостей проекций (фронтальной, горизонтальной, профильной).

Гаспар Монж оказался в свое время единственным в мире человеком, осознавшим, что без владения, во-первых, графо-геометрическим языком черчения и, во-вторых, грамматикой этого языка – начертательной геометрией, невозможно научиться правильно читать и чертить чертежи. Следовательно, невозможно обучиться какому бы то ни было техническому ремеслу и инженерному делу.

Сейчас очевидно и другое, что без НГиЧ было бы невозможно создание проектно-чертежной технической документации. Следовательно, без творений Г. Монжа было бы невозможно возникновение технических наук, так же как и развитие какого бы то ни было промышленного производства и инженерного строительства. Более того, можно смело утверждать, что стремительность развития мировой промышленности, начавшаяся на Земле с изобретений Г. Монжа, была бы также невозможна без теоретических и практических знаний НГиЧ – дисциплин, изобретенных и впервые в мире введенных в учебный процесс высшего технического образования гениальным французским ученым Гаспаром Монжем.

Геометрические исследования Г. Монжа были тесно связаны с практическими потребностями инженерного образования, в организацию которого он углубился. По ходу своего личного преподавания Г. Монж обнаружил, что решение геометрических задач на эпюрах и распознавание геометрических форм объектов по их комплексным чертежам хорошо развивают пространственное воображение и инженерное мышление. Поэтому предметы НГиЧ он включил в обязательные дисциплины, которые должны изучаться студентами двух первых курсов в течение четырех семестров для приобретения ими навыков «чтения» (распознавания и воображения) 3-мерных геометрических объектов по 2-мерным ортогональным проекциям их комплексных чертежей. Что абсолютно необходимо будущим инженерам для их обучения методам геометрического конструирования и отображения изобретаемых деталей и каких-либо механизмов на комплексном чертеже, понимания конструкции и кинематики узлов и механизмов по сборочным чертежам любой сложности. Так как НГиЧ – дисциплины, заимствованные из французских учебных планов, то они укладывались в наше техническое образование, как и у Г. Монжа: в 4 семестра двух первых курсов как обязательные дисциплины различных инженерных специализаций (механиков, строителей, теперь еще электриков и электронщиков). Кафедры, преподающие эти дисциплины, назывались во всех технических вузах одинаково, по-монжевски – кафедрами начертательной геоме-

трии и черчения. Количество часов, отводимых на эти дисциплины, было одинаково обязательным для всех инженерных вузов страны, по французскому образцу, заложенному великим инженерным педагогом Г. Монжем исходя из опыта его личного преподавания и дальнейшего преподавания его учеников: Л. Карно, Ж. Менье, Ш. Дюпена, Ж. Понселе и др. [5, с. 232].

По всей видимости, благодаря заложенному Г. Монжем фундаменту инженерного образования, Россия, как отличная ученица Г. Монжа, вышла в первые ряды, давая блестящие знания своим студентам технических вузов. Сейчас из-за компьютеризации многие кафедры Москвы вынуждены уменьшить часы НГиЧ для демонстрации возможностей импортных графо-геометрических пакетов прикладных программ (ГГ ППП), полагая, что пространственное воображение, тренирующее работу мозга, за меньшее количество часов упражнений, самолично отмеренных Г. Монжем, не нанесет ущерба обучению студентов «воображению» и потому допустимо.

Я считаю иначе.

Вузы, передающие часы, отобранные у фундаментальной (единственной головоломной!) графо-геометрической науки, для «просмотра» готовых чертежей, «неизвестно как» возникших на мониторах компьютеров, превращают обучение инженеров (без необходимых и достаточных, по-монжевски, часов НГиЧ) в профанацию. Сейчас это часто происходит потому, что многие педагоги наших кафедр (подавшиеся искушению преподнести студентам некоторые разделы НГиЧ, используя возможности современных компьютеров), демонстрируют на готовом программном обеспечении студентам то, чего до требуемой от педагогов глубины не знают сами. Поэтому и не могут студентам изложить то, как компьютер «сам выводит» на монитор «готовые проекции» трехмерных объектов.

Без объяснения того, как в компьютер «введена», «переработана» и «выведена» на дисплей требуемая графо-геометрическая информация, нельзя излагать геометрию в технических вузах. А для обстоятельных объяснений перечисленного выше требуются часы, специально выделенные в вузах, но не за счет фундаментальных и тренажерно-головоломных курсов НГиЧ Гаспара Монжа!

Корректировать Г. Монжа, создавшего науку НГ, разработавшего ее программу и методику обучения, лично отмерившего часы, необходимые и достаточные для обучения студентов инженерному делу, абсолютно недопустимо. Так как уменьшенное число часов, выверенное и предписанное гениальнейшим педагогом, создателем высшего инженерного образования на нашей планете, недопустимо! Потому что в уменьшенные часы у многих студентов могут не сформироваться требуемые навыки глубины понимания сборочных чертежей любой сложности, что, безусловно, отрицательно скажется на качестве высшего технического образования, так как студенты не смогут изображать 3-мерные объекты в 2-мерном

пространстве и декодировать (т.е. воображать) геометрию объемного объекта, вычерченного на плоскости чертежа.

Следовательно, велика вероятность того, что введение компьютеризацию за счет уменьшения монжевских часов НГиЧ, вузы этим ухудшат общий результат инженерного обучения. Надо помнить, что кафедры НГиЧ, преподающие геометрию и черчение, должны обучить студентов так читать сборочные чертежи, чтобы каждый студент мог однозначно представить себе и конструкцию, и кинематику любого агрегата, механизма или машины любой сложности.

Уменьшение былых часов, преподаваемых ранее в вузах, стало происходить в связи с внедрением американских компьютеров с импортным программным обеспечением (ПО). «Закрытость» импортного ПО, используемого вузами при обучении будущих инженеров, недопустима, так как студенты, не получающие сведений об алгоритмах, «автоматически» решаемых компьютерами геометрических задач, погружаются в примитивное демонстрационно-поверхностное обучение. А это недопустимо для высшего инженерного образования, так как в вузах должны даваться исчерпывающе полные знания, а не визуально-поверхностные.

Отбирая часы от сложной фундаментальной науки геометрии для поверхностного ознакомления с «закрытым» ППП, мы, как в мудрой русской сказке, меняем «уточку на скалочку». Потому что, меняя для многих студентов сложные курсы НГиЧ на занятия по просмотру самовозникающих на мониторах компьютеров изображений, мы теряем золотые часы курсов НГиЧ. Золотые потому, что для многих студентов они головоломны и никакими компьютерными визуализациями невосполнимы. Облегчая головоломность, мы ухудшаем методику преподавания курсов НГиЧ по сравнению с тем, каким она была до введения визуально-поверхностных практических занятий на компьютерах. Золотые еще и потому, что наши прежние курсы НГиЧ (по программе и часам) были заимствованы нашими учителями из учебников и задачников, переведенных с французских учебников, собственноручно написанных великим математиком, геометром, инженером и педагогом Гаспаром Монжем, который сам точнейшим образом отмерил часы, необходимые и достаточные для развития требуемого от студентов пространственного воображения с целью приобретения ими навыков чтения чертежей любой сложности.

Полагаю, что перед введением нового, ранее не преподававшегося курса «Компьютерная геометрия и графика (КГГ)», его следует сначала экспериментально отработать (в качестве факультативного) на персональных отечественных компьютерах, используя для этого открытый отечественный графо-геометрический (ГГ) ППП, объясняя студентам алгоритмы всех подпрограмм ГГ ППП, приобретенного Минвузом для обучения будущих инженеров.

Заниматься КГГ со студентами было бы эффективнее во время летней компьютерной практики,

после первого года обучения, дав возможность ординарным студентам разобраться в сути ГГ ППП и возможностях его использования, за что и получить «зачет». А одаренным студентам дать возможность пофантазировать и самим включиться в число разработчиков геометрических подпрограмм. И так как в окружающем нас мире бесконечно число объектов, имеющих свою индивидуальную геометрию (например, Богом придуманные очертания листьев дуба и клена), то студентам было бы полезно поработать с затейливыми геометрическими формами, написав свою геометрическую подпрограмму, вычерчивая такие Богом выдуманнные формы с помощью компьютеров.

Помимо этого, одаренных студентов полезно было бы подключить к разработке автоматизированных программ для компьютерной экспресс-проверки степени усвоения материала (лекционных и практических занятий) по пройденным геометрическим темам.

Хорошо было бы организовать в каждом вузе компьютерно-геометрическую практику так, чтобы лучшие графо-геометрические подпрограммы, разработанные студентами, вносить в «библиотеку студенческих работ (БСР)» с данными о студентах, создавших ту или иную визуально-геометрическую подпрограмму.

Организовать обучение КГГ лучше всего было бы, используя отечественный ППП, ознакомив студентов с полным перечнем библиотеки геометрических элементов этого ППП. Хорошо было бы организовать еще и хранение авторских студенческих подпрограмм в БСР, созданной специально для студенческого творчества и демонстрации его студентам следующих поколений, сделав так, чтобы любой студент, разработавший и отладивший свою, отличительную чем-либо графо-геометрическую подпрограмму, мог внести ее в БСР под своим именем.

За основу такого студенческого (а в дальнейшем и школьного) графо-геометрического творчества можно взять отечественный ППП «АЛГРАФ» (от слов Алгоритмическая ГРАФика), созданный Юрием Владимировичем Котовым в 1975–1980-е гг. [1–3, 7–10]. При его жизни ППП «АЛГРАФ» использовался на факультете повышения квалификации (ФПК) МАДИ в течение 4 лет (1982–1985) для преподавания педагогам кафедр, одинаково именуемых ранее во всех технических вузах страны – «Начертательная геометрия и черчение».

Целесообразно ввести дисциплину «КГГ» в вузы и школы России, Белоруссии, Казахстана и Украины, сделав это как можно скорее, на отечественных ПК и на нашем ПО.

Если бы Гаспар Монж дожил до компьютерной поры, то, без сомнения, он был бы разработчиком ГГ ППП, аналогичного АЛГРАФу. Но черед геометрических открытий сложилась иначе: Г. Монжу выпало на долю изобрести грамматику инженерного языка «Начертательная геометрия» и сам графо-геометрический язык «Черчение», без которых не на-

ступил бы промышленно-технический век, увенчавшийся созданием компьютеров в наше время, век, предоставивший человечеству современные информационно-технические возможности генерирования, переработки, передачи и хранения визуальной и звуковой информации, для различных целей используемых человечеством в своей деятельности на Земле, а теперь и за ее пределами.

#### Литература

1. Арциховская-Кузнецова Л.В., Базарова Л.Г. Составление элементарных чертежных программ на графо-геометрическом языке АЛГРАФ-Р: Методические указания к лабораторной работе по курсу «Машинная графика». М.: МАДИ, 1981.
2. Арциховская-Кузнецова Л.В. Преобразования координат в машинной графике: Учеб. пособие. М.: МАДИ, 1985.
3. Арциховская-Кузнецова Л.В. Автоматизация построения перспективных изображений: Учеб. пособие. М.: МАДИ, 1986.
4. Большая советская энциклопедия (БСЭ). Т. 9. 2-е изд. М., 1951.
5. Большая советская энциклопедия (БСЭ). Т. 28 2-е изд. М., 1954.
6. Большая советская энциклопедия (БСЭ). Т. 29. 2-е изд. М., 1954.
7. Котов Ю.В. Геометрическое конструирование и машинная графика: Учеб. пособие. Ч. 1–3. М.: МАДИ, 1981, 1983, 1987.
8. Котов Ю.В. Как рисует машина. М.: Наука., 1988.
9. Котов Ю.В., Павлова А.А. Основы машинной графики: Учеб. пособие для студентов худож.-граф. фак. пед. ин-тов. М.: Просвещение, 1993.

#### References

1. Artsikhovskaya-Kuznetsova L.V., Bazarova L.G. *Sostavlenie elementarnykh chertiozhnykh programm na grafo-geometricheskom yazyke ALGRAF-R: Metodicheskie ukazaniya k laboratornoy rabote po kursu «Mashinnaya grafika»*. [Preparation of elementary drawing programs on grapho-geometric language ALGRAF-R. Methodical instructions for laboratory work on the course «computer graphics»]. Moscow, MADI Publ., 1981. (in Russian)
2. Artsikhovskaya-Kuznetsova L.V. *Preobrazovaniya koordinat v mashinnoy grafike: Uchebnoe posobie*. [Transformations of coordinates in computer graphics]. Moscow, MADI Publ., 1985. (in Russian)
3. Artsikhovskaya-Kuznetsova L.V. *Build automation perspective images*. Moscow, MADI Publ., 1986. (in Russian)
4. Great Soviet encyclopedia (BSE), V. 9, 1951.
5. BSE, V. 28, 1954.
6. BSE, V. 29, 1954.
7. Kotov J.V. *Geometric design and computer graphics. Part 1–3*. Moscow, MADI, 1981, 1983, 1987. (in Russian)
8. Kotov J.V. *As the machine draws*. Moscow, Nauka Publ., 1988. (in Russian)
9. Kotov J.V., Pavlov A.A. *Fundamentals of computer graphics. A manual for students of art-graphic Department of pedagogical Institute Ltd, Moscow, Prosveschenie Publ., 1993*. (in Russian)

УДК 378.1:514.181(075.8)

DOI: 10.12737/5588

**М.М. Харах**

Канд. техн. наук, профессор,  
Астраханский государственный технический университет,  
Россия, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 16

**И.А. Козлова**

Канд. техн. наук, доцент,  
Астраханский государственный технический университет,  
Россия, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 16

**Б.М. Славин**

Канд. техн. наук, доцент,  
Астраханский государственный технический университет,  
Россия, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 16

## Конструирование сборочного чертежа изделия методом 3D-моделирования как завершающий этап изучения инженерной и компьютерной графики

**Аннотация.** Рассматривается конструирование сборочного чертежа изделия методом 3D-моделирования по описанию устройства, произведенным рабочим чертежам и аксонометрическому изображению как завершающий этап изучения инженерной и компьютерной графики. Такой подход позволяет реализовать единое учебное задание по инженерной и компьютерной графике, что способствует решению такой важной задачи, как обеспечение разумного сочетания ручного и компьютерного черчения при обучении студентов геометро-графическим дисциплинам.

**Ключевые слова:** инженерная графика, сборочный чертеж, компьютерная графика, 3D-моделирование.

**М.М. Kharakh**

Ph.D. of Engineering, Professor,  
Astrakhan State Technical University,  
16, Tatischev street, Astrakhan, 414056, Russia

**I.A. Kozlova**

Ph.D. of Engineering, Associate Professor,  
Astrakhan State Technical University,  
16, Tatischev street, Astrakhan, 414056, Russia

**B.M. Slavin**

Ph.D. of Engineering, Associate Professor,  
Astrakhan State Technical University,  
16, Tatischev street, Astrakhan, 414056, Russia

### Design of Article's Assembly Drawing with 3D Modeling Method as the Final Stage of Engineering and Computer Graphics Program

**Abstract.** The article reviews the design of article's assembly drawing with 3D modeling method according to the specified device description, productive working drawings and axonometric drawings as the final stage of the study of engineering and computer graphics. This approach allows to perform an engineering and computer graphics training set that contributes to solving the important task of ensuring a judicious combination of manual and computer-aided drawing in teaching students of geometry and graphics disciplines.

**Keywords:** engineering graphics, assembly drawing, computer graphics, 3D modeling.

Для разработки и создания различных машин и агрегатов нужны талантливые инженеры-конструкторы. Нужно изучить много дисциплин, чтобы стать подготовленным конструктором. Но прежде всего нужно постичь «азбуку конструирования», которая начинается с изучения языка техники – чертежа и грамматики этого языка – начертательной геометрии. Без развитого пространственного воображения и творческого мышления хорошего конструктора не получится.

В настоящее время практически вся конструкторская документация выполняется с помощью компьютерных программ. Однако конструкторам в силу различных обстоятельств иногда приходится чертить вручную. Поэтому, по нашему мнению, в вузе должно быть разумное сочетание ручного и компьютерного черчения [6]. Продемонстрируем это на примере календарного плана преподавания геометро-графических дисциплин в Астраханском государственном техническом университете для студентов механических направлений подготовки, рассчитанного на три семестра. Трудоемкость в аудиторных часах и содержание курса по семестрам следующая.

В первом семестре преподается начертательная геометрия в объеме 72 ч, в том числе 18 ч лекций. За время обучения студенты выполняют различные задания по решению позиционных и метрических задач на плоскости и поверхностях.

Во втором семестре изучается общий курс инженерной графики в объеме 34 ч. Индивидуальные задания включают в себя общие правила выполнения чертежа (геометрическое и проекционное черчение) и машиностроительное черчение (крепежные изделия, выполнение эскизов деталей механизма и его сборочного чертежа, детализация сборочного чертежа).

В третьем семестре параллельно изучаются курс инженерной графики в объеме 36 ч и курс компьютерной графики с таким же количеством часов. Первая работа по инженерной графике заключается в конструировании отдельных элементов заданного узла. При ее выполнении студенты знакомятся со справочной литературой на крепежные изделия, трубные соединения и используют наработанный материал второго семестра.

Второе задание по инженерной графике способствует развитию конструкторского мышления. Оно выполняется на основе учебного пособия «Альбом заданий для выполнения сборочных чертежей» под редакцией В.В. Рассохина [2]. Указанный альбом содержит 30 заданий, для каждого из которых даны производственные рабочие машиностроительные чертежи деталей устройства, его описание и наглядное изображение, на основании которых студент должен выполнить сборочный чертеж изделия. При выполнении указанного задания идет логическое завершение изучения всего курса инженерной графики, когда студент должен не только собрать узел из отдельных деталей, развивая практику конструирования, но и начертить рабочие чертежи с использованием программы «КОМПАС-3D» [1], а также

сборочный чертеж узла на основе современных информационных технологий 3D-моделирования [7; 8].

Одновременно при изучении курса компьютерной графики студенты знакомятся с основами выполнения чертежей в программе «КОМПАС». Начиная с первой лабораторной работы, после краткого знакомства с интерфейсом программы «КОМПАС-График» и основными его командами предусмотрено выполнение задания на построение плоского контура, нанесение размеров, оформление чертежа. Следующее задание — построение третьего вида по двум заданным и аксонометрического изображения для отработки команд на *Инструментальной панели* — *Редактирование* (*Копия, Сдвиг, Симметрия* и т.д.) [3]. На этом этапе осуществляется знакомство с 3D-моделированием и непосредственно с выполнением команд *Выдавливание, Вырезание*. Далее выполняем ассоциативные виды и аксонометрическое изображение по 3D-модели. Аналогично выполняются задания на простые (рис. 1) и сложные разрезы.

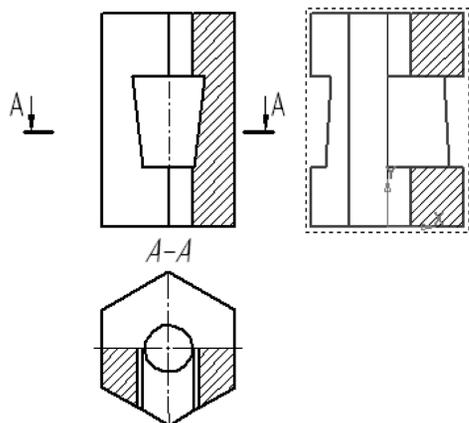


Рис. 1. Пример построения ассоциативных видов и простых разрезов на них

Для создания половины разреза на ассоциативных видах применим команду *Местный разрез*. Для этого в меню *Вставка — Вспомогательный вид* выбираем эту команду, задаем в опорном (текущем) виде замкнутый прямоугольный контур, указываем положение секущей плоскости местного разреза. Горизонтальный разрез обозначаем и надписываем с помощью команды *Инструментальная панель — Обозначение*.

При выполнении чертежей деталей для сборочного чертежа осваивается отработка новых команд *Инструментальная панель — Обозначение*: нанесение параметров шероховатости, предельных отклонений и т.д., применение команды вставки неуказанной шероховатости, технических требований.

Выполнение сборочных чертежей с помощью графического редактора «КОМПАС» возможно несколькими способами. Традиционные варианты их создания предусматривают копирование и вставку отдельных деталей или сборочных единиц на разные слои либо компоновку изображений в результате

совмещения деталей копированием с учетом необходимой их корректировки, т.е. удаления линий, закрытых (перекрываемых) другой деталью, и т.д. Для каждого случая предпочтительным является конкретно обоснованный вариант.

На рис. 2 выполнен сборочный чертеж путем копирования и вставки отдельных деталей на тот чертеж (корпус), к которому наиболее целесообразно добавлять другие детали аналогично процессу реальной сборки. Студенты самостоятельно выбирают крепежные изделия и другие стандартные детали согласно указанным ГОСТам из библиотеки, которая есть в графическом редакторе.

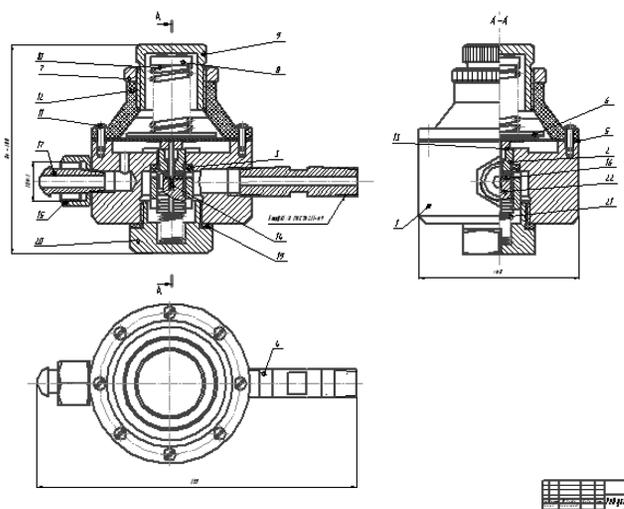


Рис. 2. Выполнение сборочного чертежа по чертежам деталей

В отличие от вышеуказанного, предлагается рассмотрение некоторых основных этапов более совершенного подхода к созданию учебных сборочных чертежей с помощью 3D-моделирования, позволяющего интенсифицировать процесс проектирования [4].

Представим выполнение сборочного чертежа редактора давления воздуха по его 3D-сборке на основе моделей. Трехмерные модели деталей в большинстве случаев для данного узла выполняем с помощью операции *Вращение* (рис. 3, 4), а также командой *Вырезать*.

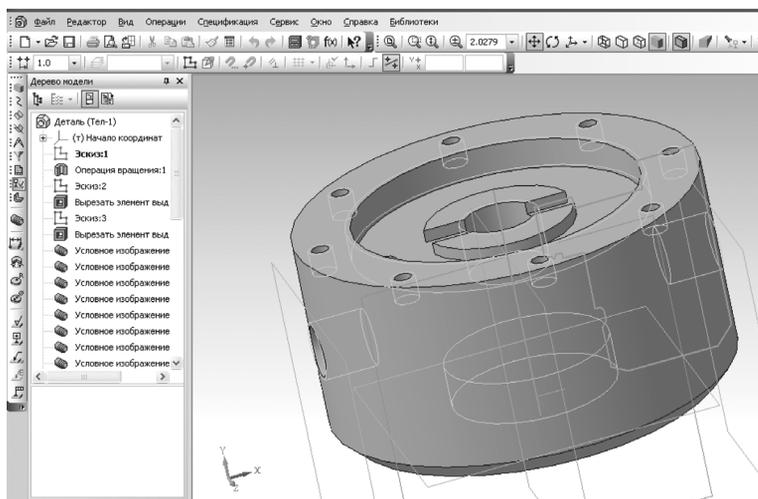


Рис. 3. Выполнение трехмерной модели корпуса

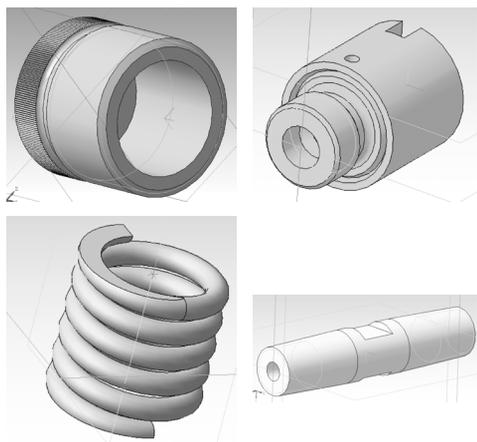


Рис. 4. Примеры трехмерных моделей других деталей

Для создания 3D-сборки по трехмерным моделям деталей в меню *Операции* выберем пункт *Добавить компонент* из файла и в диалоге выбора файлов укажем деталь *Корпус*. Зададим точку вставки компонентов.

Добавим последовательно остальные детали-модели (рис. 5). Предварительно деталь располагаем возможно ближе к месту соединения.

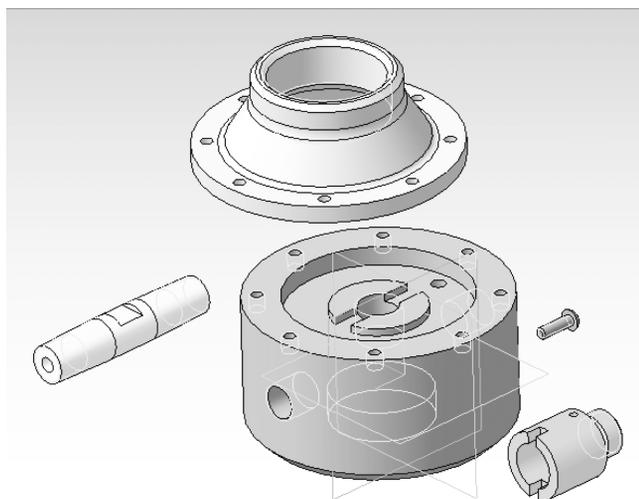


Рис. 5. Добавление деталей в сборку

На *Панели редактирования сборки* выберем кнопку *Переместить компонент*, нажимая курсор с перемещаемым объектом, доведем его до нужного положения.

Для поворота компонента вокруг точки или оси нажимаем кнопку *Повернуть компонент* на *Панели редактирования сборки*. Нажав левую кнопку мыши в окне сборки и не отпуская ее, переместим курсор. Компонент будем поворачивать вокруг центральной точки до требуемого положения.

Укажем затем в качестве *Сопряжения элементов* → *Соосность* (рис. 6), *Совпадение* для точной фиксации детали.

После окончательного выполнения 3D-сборки (рис. 7) осуществим переход к созданию сборочного

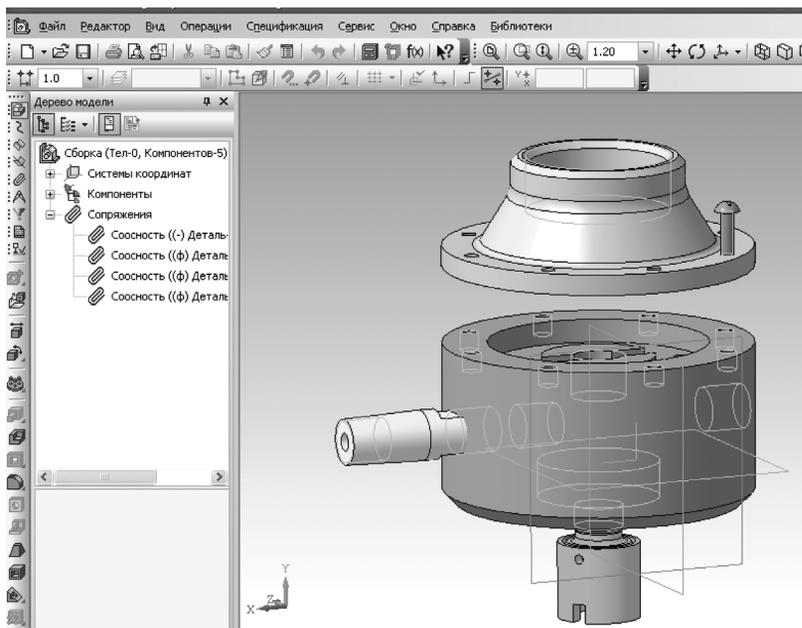


Рис. 6. Задание соосности компонентов

чертежа согласно ГОСТ 2.109-73\*, выбрав в меню *Файл* → *Создать* → *Новый документ* → *Чертеж*, задавая по шаблону формат А1 с горизонтальным расположением. Далее в пункте меню *Вставка* выбираем подменю *Вид с модели* → *Стандартные*. Выбираем список ориентаций модели для изображения на главном виде.

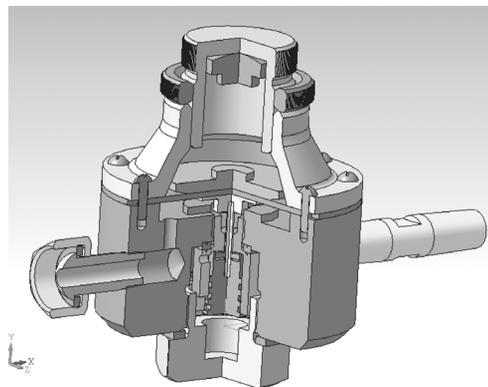


Рис. 7. 3D-модель сборочного чертежа (вырез представлен для наглядности)

Командой *Схема видов* можно создать набор стандартных видов, построение которых необходимо для создания чертежа выбранной модели.

На полученных видах (рис. 8) необходимо выполнить разрезы.

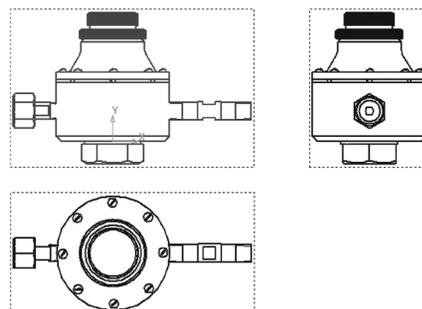


Рис. 8. Создание ассоциативных видов по 3D-сборке

На месте главного вида задаем фронтальный разрез, а на месте вида слева соединяем половину вида с половиной разреза (рис. 9). Выполним это командами *Вставка* → *Вид с модели* → *Разрез/Сечение*, а также *Вставка* → *Вид с модели* → *Вспомогательный вид* → *Местный разрез*.

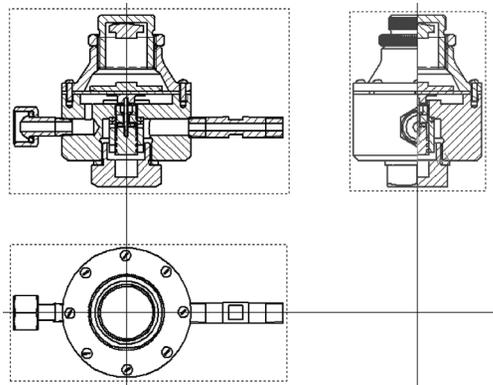


Рис. 9. Создание разрезов на изображении

Выполняем дальнейшую доработку сборочного чертежа в соответствии с ГОСТ 2.109-73\*: наносим линии-выноски с указанием номеров позиций, требуемые габаритные, установочные и присоединительные размеры, обозначение разрезов согласно командам и требованиям КОМПАС.

Таким образом, реализуется единое учебное задание по инженерной и компьютерной графике, что способствует решению заявленной в предлагаемой работе задачи – обеспечить разумное сочетание ручного и компьютерного черчения при обучении студентов геометро-графическим дисциплинам [5].

## Литература

1. Азбука Компас-3DV14. М.: АСКОН, 2013.
2. Альбом заданий для выполнения сборочных чертежей / Под ред. В.В. Рассохина. М.: Машиностроение, 1974.
3. Козлова И.А. Аспекты симметрии при выполнении простых разрезов и сечений (ГОСТ 2. 305-2008) // Симметрии: теоретический и методический аспекты: Сб. научных трудов IV Междунар. симпозиума / Науч. ред. Н.В. Амосова, Б.Б. Коваленко. Астрахань: Изд-во АИПКП, 2012. С. 81–83.
4. Козлова И.А. Применение КОМПАС-3D при изучении «Инженерной графики» в вузе: Информационно-коммуникационные технологии учителя физики и учителя технологии: Сб. материалов шестой Всероссийской науч.-практ. конференции: В 3 ч. Ч. 3. / Отв. ред. А.А. Богуславский. Коломна: Московский государственный областной социально-гуманитарный институт, 2013. С. 138–141.
5. Козлова И.А., Харах М.М. Аспекты инновационного подхода для активизации познавательной деятельности студентов: Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе в условиях ФГОС ВПО: Материалы III науч.-практ. интернет-конференции с международным участием (г. Пермь, сентябрь-ноябрь 2012 г.). Изд-во Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2013. С. 26–28.
6. Столбова И.Д. Обзор актуальных проблем графической подготовки в высшей школе / Сб. трудов 3-й Междунар.

науч.-метод. конференции по инженерной геометрии и комп. графике. М.: Изд-во МИТХТ, 2010. С. 118–135.

7. Харах М.М., Козлова И.А. Выполнение сборочного чертежа по 3D-моделям в КОМПАС-3D / Научно-методические проблемы графической подготовки в техническом вузе на современном этапе: Материалы Междунар. науч.-метод. конференции, посвященной 80-летию АГТУ, 15–17 сентября 2010 г. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2010. С. 185–188.
8. Хейфец А.Л., Васильева В.Н. Компьютерное 3D-моделирование узлов в курсе инженерной графики / Материалы Междунар. науч.-метод. конференции. М.: Изд-во ПГУСА, 2009.

## References

1. Rassokhina V.V. Album of tasks to perform Assembly drawings, Moscow, Mashinostroenie Publ., 1974. (in Russian)
2. ABC compass-3DV14 - CJSC ASCON, 2013. 409 p. (in Russian)
3. Kozlova I.A. Aspects of symmetry when performing simple cuts and sections (GOST 2. 305-2008). Symmetry: theoretical and methodological aspects: the Collection-nick of scientific works of the IV International Symposium / Nauch. editor: N. Century Amosov, B. B. Kovalenko. Astrakhan (in Russian) gaou JSC DPO "IPCP", 2012. P. 83.
4. Kozlova I.A. Use of COMPASS-3D in the study of "Engineering graphics" in the University: Information and communication technologies teacher of physics and teach La technology: materials of sixth all-Russian scientific-practical conference in 3 Parts. Part 3. Kolomna, Moscow region state social-humanitarian Institute Publ., 2013, pp. 138–141. (in Russian)
5. Kozlova I.A., Harah M.M. Aspects of innovative approaches to enhance the cognitive activity of students: Problems of quality graphics of preparation of students in technical universities in the conditions of the Federal state educational standard of higher professional education: proceedings of III scientific-practical Internet-conference with international participation (G. Perm, September-November 2012.). Publishing house of the Perm state Polytechnic University, 2013, pp. 26–28. (in Russian)
6. Stolbova I. Overview of current problems graphic training in the higher school. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International. Scientific methodical Conf. engineering geometry and computer. MITCHT Publ., 2010, pp. 118-135. (in Russian)
7. Harah M.M., Kozlov I.A. Execution of Assembly drawing 3D warehouse in KOMPAS-3D. Scientific-methodical problems graphic training in technical universities at the present stage: Materials of International scientific-methodical conference, dedicated to the 80th anniversary ASTU, September 15-17, 2010. Astrakhan, ASTU Publ., 2010, pp. 185-188. (in Russian)
8. Kheifets A.L., Vasilieva V.N. Computer 3D modelling of nodes in the engineering graphics course. Materials of the International. Scientific methodical Conf. PHUSA Publ., 2009.

УДК 004.925.8

DOI: 10.12737/5591

**В.П. Варушкин**

Старший преподаватель,  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет,  
Россия, 614900, г. Пермь, Комсомольский пр., 29

**Использование САПР для курсового проектирования**

**Аннотация.** В программной среде «КОМПАС-3D» выполнена курсовая работа по проектированию 3D-модели и сборочного чертежа. Индивидуальное задание типового станочного приспособления выдается обучающимся в электронном виде. Электронный кейс задания содержит: справочную информацию, описание устройства конструкции, соединения и эскизы оригинальных деталей. Курсовая работа выполняется по этапам: поиск эскизного проекта с расчетом крепежных стандартных изделий, 3D-эскиз моделей деталей, 3D-сборочный эскиз модели изделия, сборочный чертеж и спецификация к сборочному чертежу. Для успешно выполняющих курсовую работу дополнительно может быть выдан чертеж детали сконструированного изделия. Выполненная зачетная курсовая работа сдается преподавателю в электронном виде.

**Ключевые слова:** эскизный проект, «КОМПАС-3D», 3D-эскиз моделей деталей, 3D-сборочный эскиз модели изделия, сборочный чертеж, спецификация.

**V.P. Varushkin**

Senior Teacher,  
Perm National Research Polytechnical University,  
29, Komsomolsky Avenue, Perm, 614900, Russia

**CAD Use for Course Design**

**Abstract.** The term paper on design of a 3D model and assembly drawing is performed with the KOMPAS-3D software environment. The individual task of the standard machine adaptation is given to trainees in electronic form. The electronic case of a task contains: reference information, description of device design, joints and sketches of original details. The term paper is performed in stages: search of the outline sketch and calculation of standard fixing products, 3D drawing of detail models, 3D assembly drawing of product model, an assembly drawing and specification for it. For ones successfully performing a term paper an additional drawing of a designed product detail can be issued. The performed test term paper is given to the teacher in electronic form.

**Keywords:** outline sketch, KOMPAS-3D, 3D sketch of detail models, 3D assembly sketch of a product model, assembly drawing, specification.

Переход на новые федеральные государственные образовательные стандарты и массовое введение бакалавриата в техническом университете потребовали пересмотра традиционной методики геометрографической подготовки студентов [2]. При этом преподавание в рамках дисциплин геометрографической подготовки электронных технологий пока, по разным причинам, находится на переходной стадии. Есть разные мнения, тенденции и практика традиционных подходов в сочетании с различными вариантами применения PC-технологий в рамках геометрографической подготовки [4]. При этом обучаемые должны погружаться в специфику дан-

ного специально ориентированного ПО (для инженерной графики CAD/CAE/CAM-системы). Решение учебных задач на основе моделей их будущей предметной области должно вызывать у обучающихся больше желания самостоятельно углубляться, по мере необходимости, в нюансы соответствующего программного обеспечения, чем при работе с «безликим» материалом [5]. В обучении выполнению курсового проектирования использован «Справочник конструктора машиностроителя» В.И. Анурьева, отражающий требования нормативно-технической документации, действующей на 1 июля 2000 г. По всему изданию отмечены международные стандарты ИСО, с которыми гармонизированы межгосударственные и российские стандарты [3], и курс учебника В.С. Корсакова «Основы конструирования приспособлений» при курсовом проектировании. Опыт преподавания курса «Основы конструирования приспособлений» в МВТУ им. Н.Э. Баумана и других вузах показал, что материал лучше усваивается при выполнении домашних заданий и лабораторных работ. Последние должны подтверждать основные положения курса и иметь преимущественно исследовательский характер [8].

В учебной программе Пермского национального исследовательского политехнического университета для второго курса бакалавриата предусмотрена курсовая работа по инженерной графике. По индивидуальному заданию студенты выполняют конструкцию типового станочного приспособления и сборочного чертежа. На аудиторные практические занятия отведено 16 академических часов. При выполнении проекта выполняется электронное документирование 3D-эскизов моделей деталей, 3D-сборочного эскиза модели приспособления и сборочного чертежа в программном продукте группы компаний «АСКОН» «КОМПАС-3D», с библиотекой стандартных изделий и интерактивной справочной информацией по использованию [1]. Для изучения нового программного продукта «КОМПАС-3D V15» созданы видеоролики специалистами «АСКОН», пользователями в промышленности и образовании, статьи и книги в электронном виде [6]. При окончательном оформлении сборочного чертежа и спецификации использован учебник для вузов под редакцией Ю.И. Королева, С.Ю. Устюжаниной «Инженерная графика» [7].

Студент получает индивидуальное задание с описанием устройства конструкции, эскизы оригинальных деталей, описание соединения деталей, а также справочную информацию в электронном виде.

На рис. 1 приведен пример индивидуального задания: перекидной кондуктор для сверления в детали двух отверстий с разных сторон. Деталь устанавливается между планкой опорной 2 и прижимом 4. Планка 2 фиксируется в корпусе 1 двумя штифтами и крепится к нему винтом. Прижим свободно качается на штифте в пазу планки откидной 3. Сама планка откидная поворачивается на оси, запрессованной в корпусе. Зажим детали осуществляет пара: болт откидной 5, установленный подвижно в пазу корпуса на штифте, и гайка 6. Сверление осуществ-

ляется с помощью двух постоянных кондукторных втулок. Дополняет описанную конструкцию набор оригинальных деталей с указанием сопрягаемых поверхностей при сборке и список стандартных деталей (рис. 2).

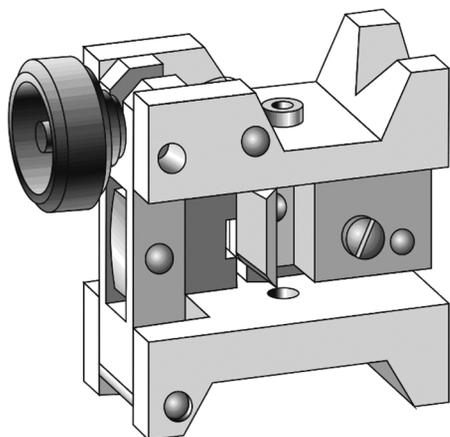


Рис. 1. Аксонометрический проекция кондуктора

- использует из библиотеки «КОМПАС-3D» специализированные и стандартные крепежные детали и создает сборочную 3D-модель кондуктора (рис. 3);
- создает ассоциативный сборочный чертеж (рис. 4).

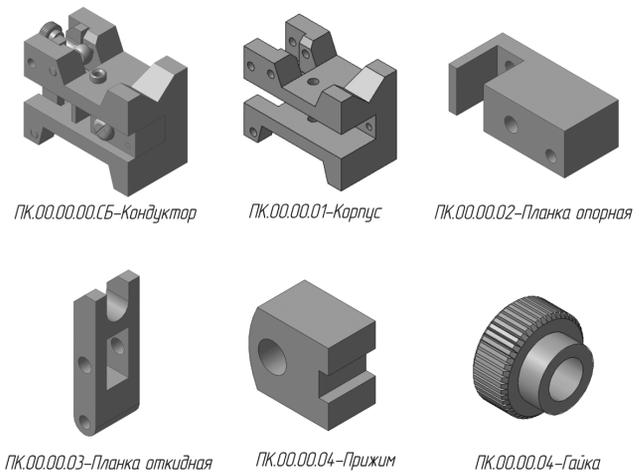
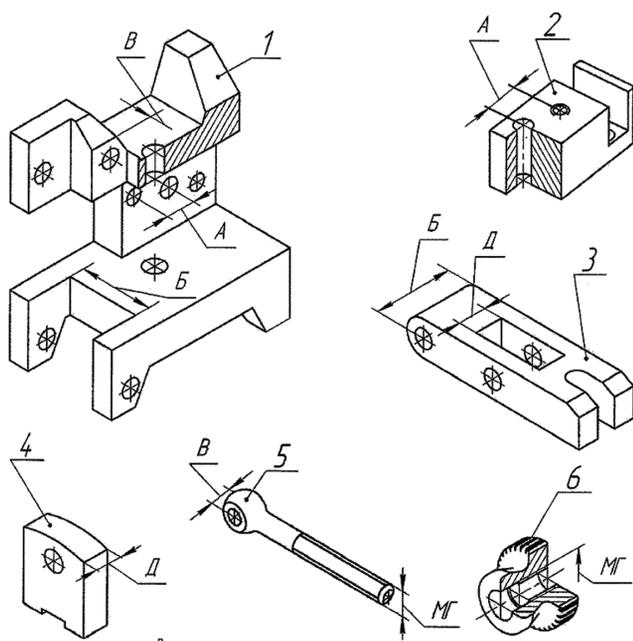


Рис. 3. 3D-модель кондуктора и комплект оригинальных моделей деталей



Детали:		Стандартные изделия:	
1. Корпус	-1	1. Втулка кондукторная	-2
2. Планка опорная	-1	2. Винт	-1
3. Планка откидная	-1	3. Штифт	-2
4. Прижим	-1	4. Штифт	-1
5. Болт откидной	-1	5. Штифт	-2
6. Гайка	-1		

Рис. 2. Оригинальные детали кондуктора с сопрягаемыми поверхностями

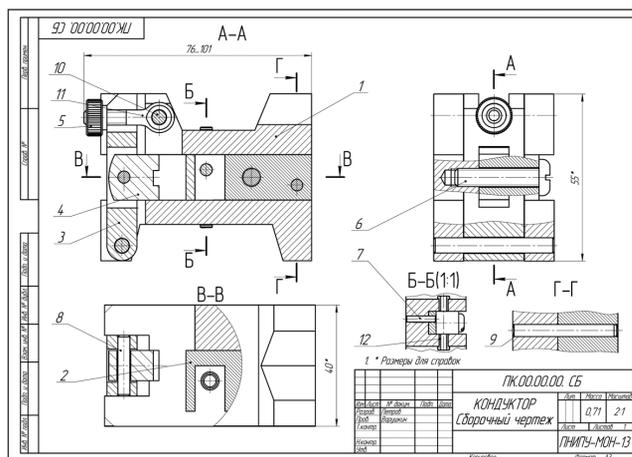


Рис. 4. Ассоциативный сборочный чертеж кондуктора

Получив задание, студент приступает к поиску «эскизного проекта» изделия:

- анализирует конструктивные данные деталей, их назначение и использование в приспособлении;
- подбирает типовую конструкцию из рекомендуемой справочной литературы, определяет взаимное расположение деталей, их соединение;
- выполняет эскиз кондуктора в сборке, рассчитывает размеры крепежных стандартных деталей;
- создает по эскизу сборки кондуктора 3D-эскизы модели деталей в «КОМПАС-3D»;

Итогом выполнения курсовой работы является спецификация и ассоциативный сборочный чертеж разработанной конструкции приспособления, имеющий параметрическую связь со всей проектной документацией. Объем комплекта документов всей курсовой работы не превышает 1,5 Мб. Более того, по эскизам оригинальных 3D-моделей деталей могут быть созданы ассоциативные рабочие чертежи деталей. Любые изменения в конструкции изделия или замена стандартного крепежного изделия в «КОМПАС-3D» автоматически изменяют сборочные единицы и спецификацию.

**Этапы курсового проекта**

1. Изучение основных общих правил процесса конструирования. Постановка и выбор целесообразного конструктивного решения приспособления (просмотр предшествующих конструкций базирования деталей, конструкций устройств станочных приспособлений для различных станков обработки и механизмов зажимов).

2. Анализ индивидуального технического задания, определение параметров изделия, область и условия использования. Выбор конструкции из ранее существующих приспособлений данного типа. Использование принципа взаимозаменяемости деталей, типовых конструкций, стандартных специализированных и крепежных деталей. Состав сборочного чертежа содержит: сборочную единицу, рабочие чертежи оригинальных деталей (по особому заданию), группы размеров, номера позиций, технические требования, технические характеристики.
3. Эскиз проекта приспособления с выработкой конструктивного решения изделия. Эскизная сборка конструкции и подготовка изображений для сборочного чертежа. Использование специализированных и стандартных крепежных изделий. Создание спецификации изделия.
4. Эскиз 3D-моделей деталей в программной среде «КОМПАС-3D» с эскизного проекта помещается файлом в папку проекта с обозначением и наименованием из спецификации изделия. 3D-эскиз модели детали в «КОМПАС-3D» определяет единообразную последовательность команд:
  - создать документ в стандартной панели «Деталь»;
  - в «Ориентации» модели установить стандартную изометрию XYZ (координатные плоскости в рабочей области развернутся);
  - определить «Свойства» (выбрать цвет, обозначение, наименование, материал изготовления);
  - сохранить файл «Деталь» в папку проекта;
  - выбрать фронтальную плоскость XY в «Дереве модели»;
  - выполнить 2D-эскиз модели для последующего формообразования в «Редактирование детали» (выдавливание, вращение, кинематическое преобразование или преобразование по сечениям).
 После выполнения всех эскизов моделей деталей создается документ «Сборка».
5. Порядок команд «Сборка»:
  - создать документ на стандартной панели «Сборка»;
  - определить «Свойства» (ввести обозначение и наименование);
  - сохранить файл «Сборка» в папку проекта;
  - в «Ориентация» установить изометрию XYZ;
  - добавить в сборку компонент эскиза модели детали (первым компонентом эскиза выбирается тот, к которому удобнее добавлять все прочие компоненты эскизов моделей);
  - указать точку начала координат первого компонента эскиза модели, в начале координат системных плоскостей (не попадание в начало координат системных плоскостей увеличивается время 3D-сборки модели изделия), на признак попадания указывает символ (Ф) в контекстном меню «Дерево модели» у первого компонента эскиза модели;
  - перемещение и вращение компонентов относительно друг друга доступно на панели редактирование сборки «Перемещение» и «Вращение» (положение первого компонента изменять нежелательно для упрощения сборки с другими компонентами);
6. Порядок последовательных команд по выбору стандартных крепежных изделий из «Библиотеки стандартных изделий» (например: болт → шайба → гайка):
  - установить начальную ориентацию сборочной модели в стандартной изометрии XYZ;
  - войти в команды Библиотека → Стандартные изделия → Вставить элемент;
  - из Библиотека → Стандартные изделия открыть вкладку Стандартные изделия, открыть значок «+» для добавления крепежных изделий. Добавление и ориентация всех стандартных крепежных изделий в сборку модели производить по такому же способу, что и по документу «Сборка». При создании сборки со стандартным крепежным изделием все данные передаются в раздел Стандартные изделия спецификации сборочного чертежа.
7. Порядок последовательности команд документа сборочный чертеж «Кондуктор»:
  - создать документ на стандартной панели Чертеж;
  - войти в команды Вставка → Вид с модели → Стандартная;
  - из папки открыть документ Сборка изделия;
  - войти в команду Схема видов и отметить/добавить количество видов на сборочном чертеже (включение и отключение вида нажатием левой кнопки мыши на месте стандартно расположенного вида ГОСТ 2.305-68);
  - на панели свойств вкладки Линии включить Показать в группе Линии переходов;
  - расположить мышью положение видов на чертеже (виды показаны штриховой линией) и заполнить стандартную надпись данными из 3D-сборки модели изделия;
  - сохранить сборочный чертеж в папку проекта.
8. Выбор текущего вида и создание разреза «Кондуктора»:
  - на панели Управление видами выбрать вид под номером 2 (вид сверху, который стал текущим);
  - построить горизонтальную вспомогательную прямую с помощью привязки Ближайшая точка в центральной точке вида;

- на панели *Глобальные привязки* отключить *Выравнивание*. Включить привязку *Середина* и *Угловая* (нажатие левой кнопкой);
  - в панели *Обозначения* выбрать команду *Линия разреза/сечения*. Построить слева и справа по точкам разрез, указать направление взгляда, отступив от горизонтальной вспомогательной прямой в нижнем направлении чертежа;
  - «КОМПАС-3D» автоматически построит разрез на новом виде (фронтальный разрез) и сделает его текущим;
  - расположите его сверху главного вида;
  - на панели *Управление видами* (или на контуре вида дважды выделить левой кнопкой мыши) указать вид под номером 1 (главный вид), нажать мышью на контуре (штриховая линия), после чего в появившемся дополнительном окне выбрать команду *Разрушить вид*, далее правой кнопкой мыши на этом контуре выбрать команду *Удалить вид*;
  - на месте удаленного главного вида переместить фронтальный разрез за контур;
  - выделить контур фронтального разреза, в появившемся дополнительном окне выбрать команду *Разрушить вид* и откорректировать фронтальный разрез по правилам оформления чертежа ГОСТ 2.305-68;
9. Создание местного разреза:
- на панели *Управление видами* выбрать вид;
  - построить окружность на месте местного разреза;
  - на инструментальной панели *Виды* выбрать *Местный разрез* и указать окружность на месте местного вида;
  - на другом виде (в проекционной связи) указать положение секущей плоскости местного разреза, на месте местного разреза построится местный разрез;
  - откорректировать местный разрез по правилам ГОСТ 2.303-68.
10. Создание местного вида:
- на панели *Управление видами* выбрать вид;
  - на инструментальной панели *Обозначения* выбрать *Выносной элемент*;
  - указать центральную точку выносного элемента, затем контур и точку полки, создать объект;
  - на панели свойств выбрать *Масштаб вида* и указать масштаб местного вида, поместить местный вид на поле чертежа, создать объект.
11. Оформление изображений сборочного чертежа по правилам ГОСТ 2.303-68:
- проставить на инструментальной панели *Обозначения* кнопку *Осевая линия* по двум точкам;
  - на инструментальной панели *Размеры* выбрать *Авторазмер* и проставить необходимые размеры детали;
  - указать номера позиций;
  - на инструментальной панели *Размещение* выбрать *Вставить* → *Технические требования*, задав размеры страницы технических требований и ее положение на чертеже;
  - заполнить основную надпись в команде *Вставка*, после нажать кнопку *Создать объект*;
  - нажать кнопку *Перестроить* на стандартной панели;
  - нажать кнопку *Сохранить*.
12. Создание спецификации:
- в открытом сборочном чертеже в меню *Спецификация* открыть команду *Создать объекты спецификации*, в диалоге нажать *ОК*, будет создан комплект спецификаций;
  - по умолчанию создана спецификация ГОСТ 2.106-96 изделия со всеми входящими сборками и стандартными крепежными деталями;
  - оформить основную надпись спецификации;
  - для просмотра и редактирования спецификации на стандартной панели нажать *Открыть* и выбрать спецификацию в папке проекта.
- Предложенная методика выполнения курсовой работы в программной среде «КОМПАС-3D» позволяет в отведенные часы практических занятий выполнить курсовую работу, обеспечивает освоение компьютерной технологии геометрических построений, использует электронную параметризацию проектной документации, предоставляет оперативный доступ к онлайн-информации группы компаний «АСКОН», дает возможность перехода на дистанционную форму обучения.

## Литература

1. Азбука КОМПАС-3D V14/Азбука КОМПАС – График V14 Машиностроительная конфигурация / Всесторонняя помощь пользователям систем КОМПАС, ЛОЦМАН, ВЕРТИКАЛЬ, Корпоративных Справочников и прикладных библиотек / АСКОН. URL: support@astrastudio.ru
2. Александрова Е.П., Носов К.Г., Столбова И.Д. Инновационные подходы при обучении геометрическому моделированию // Проблемы качества графической подготовки в условиях ФГОС ВПО: Материалы международной научно-практической интернет-конференции. Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014. URL: http://dngng.pstu.ru/conf2014/
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. М.: Машиностроение, 2001.
4. Горнов А.О., Захарова Л.В., Усанова Е.В., Шацилло Л.А. Базовая инженерная геометро-графическая подготовка на основе 3D-моделирования // Проблемы качества графической подготовки в условиях ФГОС ВПО: Материалы международной научно-практической интернет-конференции. Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014. URL: http://dngng.pstu.ru/conf2014/
5. Горнов А.О., Захарова Л.В., Усанова Е.В., Шацилло Л.А. Базовая инженерная геометро-графическая подготовка на основе 3D-моделирования (к инструментально-технологической части программы [1] // Проблемы качества графической подготовки в условиях ФГОС ВПО: Материалы международной научно-практической интернет-конференции. Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014. URL: http://dngng.pstu.ru/conf2014/
6. КОМПАС-3D V15, видеоролики, статьи, книги. URL: http://kompas.ru/
7. Королев Ю.И., Устюжанина С.Ю. Инженерная графика. СПб.: Питер, 2013.

8. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений: Учебник для вузов. М.: Машиностроение, 1983.

## References

1. Azbuka KOMPAS-3D V14 Masinostroitel'naya konfiguratsiya / Vsestoronnyaya pomoshch polzovatelyam system Kompas, Lozman, Vertikal', korporativnykh spravochnikov I prikladnykh bibliotek [The alphabet the COMPASS-3D V14 Machine-building configuration / Full assistance to users of systems COMPASS, PILOT, VERTICAL, Corporate Reference books and applied libraries] Available at: <http://support.ascon.ru/conditions/> (Accessed 16 October 2014).
2. Aleksandrova E.P., Nosov K.G., Stolbova I.D. Innovatsionnye podkhody pri obuchenii geometricheskomu modelirovaniyu [Problems of modern geometric formation]. *Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. internet-konferentsii* [Materials of scientific-practical Internet conference]. Perm', Perm national research polytechnic university Publ., 2014. Available at: [dgng.pstu.ru/conf2014/](http://dgng.pstu.ru/conf2014/)
3. Anur'ev V.I. *Spravochnik konstruktora-mashinostroitelya* [Reference book of the designer-mechanician]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2001.
4. Gornov A.O., Zaharova L.V., Usanova E.V., Shatsillo L.A. Basovaya inzhenernaya geometro-graficheskaya podgotovka na osnove 3D-modelirovaniya [Problems of modern geometric formation]. *Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. internet-konferentsii* [Materials of scientific-practical Internet conference]. Perm', Perm national research polytechnic university Publ., 2014. Available at: [dgng.pstu.ru/conf2014/](http://dgng.pstu.ru/conf2014/)
5. Gornov A.O., Zacharova L.V., Usanova E.V., Shatsillo L.A. Basovaya inzhenernaya geometro-graficheskaya podgotovka na osnove 3D-modelirovaniya (k instrumental'no-tekhnologicheskoy chasti programmy [1]). *Problemy kachestva graficheskoy podgotovki v usloviyakh FGOS VPO. Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. internet-konferentsii* [Problems of modern geometric formation. Materials of scientific-practical Internet conference]. Perm', Perm national research polytechnic university Publ., 2014. Available at: [dgng.pstu.ru/conf2014/](http://dgng.pstu.ru/conf2014/) (in Russian)
6. *Kompas-3D V14, videoroliki, stat'i, knigi* [V15 KOMPAS-3D, videos, articles, books]. Available at: <http://kompas.ru/> (Accessed 16 October 2014).
7. Korolev Yu.I., Ustuzhanina S.Yu. *Inzhenernaya grafika* [Engineering graphics] St. Petersburg, Piter Publ., 2013.
8. Korsakov V.S. *Osnovy konstruirovaniya prisposobleniy* [Bases of designing of adaptations] Moscow, Mashinostroenie Publ., 1983.

УДК 378

DOI: 10.12737/6524

**А.О. Горнов**

Канд. техн. наук, профессор,  
Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
(Московский энергетический институт),  
Россия, 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14

**Е.В. Усанова**

Ст. преподаватель,  
Казанский государственный технический университет  
им. А.Н. Туполева,  
Россия, 420111, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 10

**Л.А. Шацлло**

Студент,  
Казанский государственный технический университет  
им. А.Н. Туполева,  
Россия, 420111, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 10

## Базовая геометро-графическая подготовка на основе 3D-электронных моделей

**Аннотация.** Предложен вариант базовой геометро-графической подготовки (ГПП), основанный на 3D-электронных моделях, методических принципах и элементах проектно – деятельностной логики. Курс использует возможности многофункциональных CAD-систем проектно-технологического CAD/CAE/CAM-блока в ГПП. Совершенство интерфейсов CAD-систем упрощает процедуры анализа и синтеза электронных 3D-моделей и их экранных изображений. На основе 3D-моделирования используются более естественные методические подходы – от целого к части, возрастает роль методические ясного понимания обучаемыми целей анализа и синтеза геометрических моделей. Поэтому 3D-геометрические модели технических объектов являются первичными в содержании курса.

**Ключевые слова:** новые проблемы и тенденции, 3D-электронные модели, вариант базового курса ГПП, система NX.

**A.O. Gornov**

Ph.D. of Engineering, Professor,  
National Research University (Moscow energy Institute),  
14, Krasnokazarmennaya street, E-250, Moscow, 111250, Russia

**E.V. Usanova**

Senior Lecturer,  
Kazan' State Technical University named after A.N. Tupolev,  
10, K. Marx street, Kazan', 420111, Russia

**L.A. Shatsillo**

Ph.D. of Engineering, Associate Professor,  
Kazan' State Technical University named after A.N. Tupolev,  
10, K. Marx street, Kazan', 420111, Russia

### Basic Geometry and Graphics Training on the Basis of 3D Electronic Models

**Abstract.** The article offers a variant of geometry and graphics training (GPP) based on the 3D electronic models, methodological principles and elements of design activity logic. The course uses the multifunctional CAD design technology CAD/CAE/CAM-block in GPP. Perfection of CAD-systems interface simplifies procedures of analysis and synthesis of electronic 3D models and their on-screen images. On the basis of 3D modeling more natural methodological approaches are used (from the whole to the part), the role of methodically clear understanding by trainees of purposes of

analysis and synthesis of geometric models. Therefore, the 3D geometric models of technical objects are the primary content of the course.

**Keywords:** new issues and trends, 3D electronic model, variant of the GPP basic course, NX.

Геополитическая ситуация, складывающаяся последнее время в связи с санкционной политикой в отношении России, определяет необходимость активнее идти по пути импортозамещения не только промышленной, но и интеллектуальной продукции. Эта реальность требуеткратно усилить и ускорить решение общепризнанных проблем отечественного инженерного образования. Потребность в быстрой и качественной подготовке инженерных кадров не менее остра, чем в период нашей индустриализации в первой половине прошлого века. В этом контексте будущее геометро-графической подготовки (ГПП) как составляющей инженерной подготовки видится в направлении ее более широкой интеграции, как минимум, с элементами проектной подготовки или, еще шире, дизайнерской. Уровень развития современных инженерных информационных и коммуникационных технологий позволяет комплексно реализовать эти идеи в рамках возможных сценариев учебной деятельности, описанных в [9; 11; 12]. На фоне современных процессов модернизации инженерной деятельности [10; 11] можно говорить, что задачи совершенствования ГПП и инженерной подготовки так связаны между собой, что их трансформации не могут быть успешно реализованы изолированно друг от друга.

Проникновение информационных технологий во все сферы жизни современного общества достигло такого уровня, что к моменту поступления в вузы сформировавшееся «на цифровых интерфейсах» поколение молодежи уже не только владеет целым рядом «общепотребительского» программного обеспечения, но у него практически полностью отсутствуют психологические барьеры перед освоением новых инженерных программных продуктов, используемых в проектировании и разработке промышленных изделий. В этих условиях важной задачей модернизации ГПП на базе информационных технологий в технических вузах становится разработка новых образовательных технологий и содержания учебных модулей, адекватных уровню функционирующих в различных областях техники и технологии программных продуктов с учетом перспектив их совершенствования и развития. В соответствии с дидактическим принципом профессиональной направленности, содержание учебного процесса в ГПП должно быть ориентировано на мотивацию обучаемых, на решение учебных задач, близких или адаптированных к направлению будущей профессиональной деятельности. Более того, этого требует и необходимость прагматичного отношения к ГПП в контексте экономических знаний.

Хорошо известно, что осознанно и прочно усваивается, а также активно используется лишь инфор-

мация и связанные с ней навыки, востребованные по потребности, а не «про запас, на будущее». Решение квазипрофессиональных задач при условии знания преподавателями их прикладного значения и смысла, связей геометрии модели с другими физическими характеристиками объекта способствует возникновению у обучающихся большего стремления к самостоятельному углублению в нюансы соответствующего программного обеспечения. Студент должен осваивать их по мере необходимости при решении прикладных задач более заинтересованно, сознательно и активно, чем при работе с абстрактным обучающим материалом и целями. Но для создания такой ситуации необходима подготовка специфических задач с четким указанием характеристик прототипа, принятых показателей качества для его оценки, условий и ограничений и направление модернизации прототипа, в рамках ГПП, конечно, за счет геометрических характеристик. Поэтому при технологической реализации обучающих модулей в ГПП ведущей логикой должна быть логика собственно содержания [2], а не абстрактное пользовательское освоение программного обеспечения как такового. Приобретение пользовательских навыков может происходить в процессе деятельности по освоению содержания курса — в практике 3D-моделирования, анализа и аннотирования графической и текстовой конструкторской документации и т.д.

До сих пор, несмотря на переход к компетентностным позициям, предполагающим реализацию на основе модульности программ и планов подготовки, последние сохраняют «дисциплинарную» морфологию (лицо). А это значит, что учебное время, усилия преподавателей и учащихся большей частью уходят на освоение материала, необходимого для сохранения исторической целостности самой дисциплины, а не в контексте логики формирования деятельностных компетенций. Поэтому практически не усиливаются междисциплинарные связи и не оптимизируется содержание учебных дисциплин. Структурировать знаниевые модули должна сквозная логика деятельности, а фундаментальность инженерной подготовки должна обеспечиваться за счет ее соответствующей структуры. Более подробно логика такого структурирования (так называемой естественной структуры инженерной подготовки (NL)), изложена в работах [8; 13].

Любая учебная дисциплина может и должна развиваться и совершенствоваться в рамках своей внутренней содержательной и методической логики, обобщая результаты и методы, предлагая для учебных планов лучший свой продукт. Кажется, что до сих пор вроде бы так и есть. Но лишь в некоторой степени, так как остаются главные противоречия «недеятельностного» подхода, в котором главная проблема в том, что изучение моделей в целом опережает изучение моделируемых объектов. Логика деятельности нарушается, реализуется в обратном порядке [8; 13]. Более того, как правило, отсутствует самое главное — обучение знаниям и приобретение

навыков перехода от объекта (реального или мысленного, проектируемого) к модели.

Все это в полной мере относится к дисциплинам геометро-графической подготовки и ее базису — НГ. Роль ее канонических методов как источника практического инструментария для анализа и синтеза изображений пространственных объектов в 2D-формате в основном исчерпана. Но одновременно возросла потребность обобщения этих методов для поддержания навыков качественного анализа и контроля в процессе синтеза и визуализации компьютерных моделей. Практически любые спортивные и интеллектуальные игры, не говоря о практике жизнедеятельности, развивают пространственное мышление, причем в более сложных динамических ситуациях. С другой стороны, полностью отрицание роли НГ в инженерной подготовке вряд ли может быть обосновано наличием компьютерной графики (КГ). Возможности КГ, в первую очередь, должны быть направлены на реализацию прикладных задач дисциплины. Главные среди этих задач связаны с систематизированным анализом характеристик геометрии технических объектов и в их связи с определяющими эту геометрию функциями. Анализ параметрической чувствительности и геометрической совместимости и собственно моделирование формы технических объектов с заданной целью и заданными ограничениями — задачи, которые стояли и раньше. Просто их решение было затруднительным на основе технологий ручной графики с низкой производительностью, мобильностью, функциональными возможностями, отсутствием аппарата оперативного обращения к базам данных.

Предлагаемый вариант курса обусловлен возможностью сразу базировать ГПП на многофункциональных CAD-системах проектно-технологического CAD/CAE/CAM-блока. Это обеспечивается совершенством интерфейсов CAD-систем, упрощающих процедуры анализа и синтеза электронных 3D-моделей и их экранных изображений.

Основные проектно-деятельностные, методические и содержательные позиции предлагаемого курса изложены в [3–6]. Прототип в своей логике проходил апробацию, его идеи были поддержаны коллегами. Причем, в принципе, подход от целого к части, т.е. от 3D-представлений моделей технических объектов к их декомпозиции и к 2D-моделям возможен и «вручную». Но реализация 3D-моделирования «вручную» происходит медленнее, хотя «экранные представления» аналогичны. Подчеркнем, что на основе 3D-моделирования возможны и используются более естественные методические подходы — от целого к части. Главные тенденции в развитии геометро-графической составляющей инженерной подготовки, независимо от технологии синтеза изображений, состоят в переносе центра тяжести на геометрическую часть и ее прикладные элементы. В методическом отношении акцент видится в аналитических аспектах. Предполагается естественное освоение соответствующего объема знаний и навыков для синтеза изобразительной ин-

формации при решении учебных прикладных задач. Ресурсы, связанные с необходимостью усиления подготовки в рамках теоретической и прикладной геометрии (о чем говорят многие коллеги), надо искать за пределами БГПП, доказывая в каждом конкретном случае необходимость этого в интересах инженерной подготовки в целом.

Предлагаемый вариант базового курса обусловлен возможностью сразу базировать ГПП на основе многофункциональных CAD-систем проектно-технологического CAD/CAE/CAM-модуля. Это обеспечивается совершенством интерфейсов CAD-систем, упрощающих процедуры анализа и синтеза электронных 3D-моделей и их экранных изображений.

В этих условиях возрастает, в сравнении с процедурными знаниями и навыками, роль методически ясной с позиций проектной логики постановки задач, понимания обучаемыми целей анализа, а затем и синтеза геометрических моделей. Поэтому первичными в содержании такого курса и являются 3D-геометрические модели технических объектов. И еще раз: классические элементы ГПП, освоенные этими компьютерными средствами, перестают играть прямую инструментальную роль в проектно-конструкторской практике. При этом они не теряют своего значения на стадии формулировки цели, при предварительном, качественном прогнозе результатов преобразования электронной модели и оценки результатов этих преобразований.

Эти элементы и в учебном курсе имеют тенденцию к сокращению, но при этом должны обобщаться, принимать емкие образные формы, занимая свою нишу. Принципиально, что новые технологические возможности поиска, представления, преобразования и хранения информации после освоения необходимых понятий освобождают обучаемых от необходимости ее запоминания в прежних объемах, а концентрируют задачи обучения на освоении логики, способностей и навыков обращения за этой информацией в основном к электронным носителям, а не к биологическим. За обучаемыми останутся функции высокоинтеллектуального интерфейса между базами данных, процессами преобразования информации, оценки этих преобразований, системного анализа, целеполагания, выбора критериев предпочтения и оценки соответствующего результата, т.е. чисто человеческие функции. При этом у обучаемого может и должна сохраняться в электронном виде вся индивидуальная траектория реализованного фрагмента обучения, адреса обращения к информации, промежуточные результаты и т.п. для возможности повторного обращений к ней.

Новые возможности базовой ГПП на базе 3D-моделирования надо аргументированно использовать, и сейчас важно то, как видятся эти возможности ГПП в начале инженерной подготовки вне зависимости от ее распределения по отдельным курсам. В нашей позиции нет предпочтений какой-либо точке зрения, в противопоставлении традиционных подходов к ГПП и неизбежных новаций в связи с современным

состоянием информационных технологий в инженерной деятельности и конструкторской в частности. Его и быть не может — продуктивна только их гармония. Излагая позицию относительно основных признаков ГПП в рамках типовой ООП, одновременно привлекаем внимание к концепции *NL* [13], в рамках которой ГПП структурируется на базе сильного междисциплинарного взаимодействия и, возможно, элементы которой на не очень далекую перспективу видны при анализе совокупного зарубежного опыта. В практике технических университетов высокотехнологичных стран Европы и в США подобные изменения произошли давно, и многие из них определились, чему и как учить в базовой ГПП [7]. В целом содержание и технологии в ГПП должны вызывать естественный интерес студентов. Надо учитывать, что настоящие поколения студентов с раннего возраста живут в высокоинформатизированной среде и уже иной технологии ее предметной организации. Если педагоги изучают эти технологии, то студенты практически с детства живут в этой среде и впитали ее вкус с пеленок вместе с интерфейсом общения.

Расширенные тезисы с указанием целей отдельных разделов и элементы 3D-электронной технологии этого курса кратко прокомментированы ниже.

#### **Содержательная часть**

1. *Введение.* Общее представление о 3D-электронной модели технического объекта (сборочной единицы) и на ее основе объектов направления подготовки. Общетеchnическая классификация технических объектов по сложности и их иллюстрация 3D-моделями. Уникальные объекты данной области техники, объекты разной массовости (распространенности), общетеchnические объекты в данной области. Обобщенное видовое распределение объектов в технике.

*(Представление о специфике геометрии и масштабах технических объектов (ТО) данной области техники; общие закономерности для множеств объектов (ТО) данной области техники; общие закономерности распределения видов ТО в их множестве).*

2. *ТО как сборочная единица функционально и геометрически согласованных форм.* Декомпозиция электронной модели сборочной единицы (СЕ) на составляющие (модели деталей). Спецификация: сборочные узлы, заимствованные детали, вновь разработанные, стандартные детали, — как обобщенный групповой состав изделия; материалы; взаимное положение и взаимодействие деталей в изделии. Структурно-схематические представления сборочных единиц, узлов, блоков, устройств.

*(Обобщенное представление о типовом составе деталей изделия (СЕ), характер их геометрического взаимодействия в изделии, обобщенные представления о схемах ТО).*

3. *Геометрическая модель детали как пространственной материальной формы.* Совместные сплошные (твердотельные), поверхностные и каркасные геометрические модели. Базовые и сложные геометрические поверхности, их классификация, линии, точ-

ки; их геометрическая аксиоматика и системная связь.

*(Понятия целей, сущности и видов геометрических моделей детали (и СЕ); базовых поверхностей, их геометрической аксиоматике и прикладном назначении).*

4. *Геометрическое описание деталей.* Параметры формы поверхностей, определители положения поверхностей. Степени свободы деталей и отдельных поверхностей в 3D-пространстве и 2D-, 1D-, 0D-пространства взаимной координации поверхностей. Геометрические основы параметризации и простановки размеров. Параметризация нетривиальной геометрической формы. Параметрические преобразования. Размеры, геометрические принципы простановки размеров модели.

*(Базовые представления о координации объектов в пространстве и относительной координации элементов геометрической модели; возможности и ограничения их параметрической модификации; базовые принципы простановки и нанесения размеров в 3D-моделях и системе 2D-изображений).*

5. *Композиции геометрических тел и поверхностей.* Взаимное положение тел и поверхностей. Качественные и метрические аспекты. Булевы операции с геометрическими моделями. Плоские сечения гранных поверхностей и поверхностей вращения. Типовые случаи пересечения базовых поверхностей. Обобщенные представления. Взаимное пересечение поверхностей вращения. Теорема Монжа.

*(Понятие об элементах первичного синтеза сложной формы комбинацией базовых элементов, принципиальные базовые представления о характерных признаках линий пересечения поверхностей).*

6. *Прикладные функциональные признаки базовой геометрии деталей.* Первичные функциональные характеристики простых геометрических форм при вариации параметров. Отклонения от канонической формы поверхностей и их взаимного положения. Их указания на моделях и чертежах. Зрительные иллюзии при восприятии геометрических форм.

*(Первичные представления о конструктивной функциональности простых геометрических форм, влияния метрики и отношения размеров на функциональные характеристики формы; неидеальность реальных геометрических форм и их взаимного положения, количественные характеристики этих отклонений).*

7. *Проекционные и ассоциативные графические 2D-модели.* Объектная (пользовательская ОСК (UCS)) система координат. Проекционные трактовки получения изображения мысленных и реальных геометрических моделей на плоскость чертежа или монитора. Основные позиционные свойства параллельных проекций геометрических образов. Метрические характеристики показателей линейного искажения ортогональных базисов ОСК (UCS) при проецировании на плоскости абсолютной системы координат. Матрица показателей искажения. Косоугольные проекции. Положения теоремы Польке. Основные проекционные виды и их совокупности (системы). Обобщенные линейные масштабы изображений.

Роль 3D-моделей и 2D-чертежей в современной проектно-конструкторской практике. Методика выполнения линейных каркасных технических рисунков геометрических фрагментов и деталей на основе моделей проекционных процедур.

*(Освоение основных позиционных и метрических закономерностей построения изображений на плоском носителе на основе проекционных процедур, включая «наброски», эскизы и рисунки).*

8. *Анализ геометрии и геометрических аспектов технологии изготовления моделей характерных групп деталей изделий данной области техники и стандартных; их 3D-модели и 2D-чертежи.*

8.1. Комплексный анализ геометрии детали. Обобщенные функции формы деталей и ее составляющих (*рабочая, адаптивная, технологическая, интегрирующая*); типовая конструктивно-технологическая геометрия деталей (*фаски, галтели, проточки, уклоны, буртики, канавки* и т.д.); состав изображений; схематические представления сборочных единиц и деталей.

*(Первичные представления о функциональной нагрузке геометрии технической формы деталей и их вспомогательной геометрии, цели и способы упрощенного представления геометрии деталей и составе сборочных единиц).*

8.2. Особенности 3D-моделей и 2D-чертежей (типовой состав изображений, особенности размерной категории, атрибуты) моделей типовых групп деталей изделий направления подготовки.

*(Зависимость изобразительной композиции модели и чертежа от формы модели, размерной категории и технологии формообразования).*

8.2.1. Электронные модели плоских и гнутых деталей – прототипов и синтез модификаций (изображения, размерная категория, предельные отклонения заданной геометрии и размеров, атрибута).

8.2.2. Электронные модели изделий типа тел вращения. Сечения как изобразительная категория.

8.2.3. Электронные модели литых, дополнительные и местные виды как изобразительные категории.

8.2.4. Анализ и синтез композиций деталей с внутренними поверхностями, корпусных с внутренним строением; разрезы как изобразительная категория.

*(Знакомство с прототипами реальных деталей характерной формы и базовой технологии и их электронными моделями, представления о множестве целей и вариантов модификации первичной формы детали, синтез модифицированных форм деталей).*

9. *Способы соединения деталей в сборочной единице, их 3D-модели и 2D-изображения.*

*(Анализ на основе прототипов функциональных и геометрических сопряжений деталей в СЕ, условности изображения специфических элементов, многообразие способов геометрического обеспечения функциональных сопряжений деталей и узлов сборочных единиц).*

10. *Синтез модели сборочной единицы на основе моделей деталей и упрощенной конструктивной схемы или схемы деления сборочной единицы, спецификация.*

*(Представления о методике синтеза сборочной единицы и составе конструкторской документации).*

Оценивая необходимые ресурсы времени на реализацию, надо иметь в виду, что ряд элементов может быть представлен только на уровне систематического анализа, другие на уровне пропедевтики, с учетом поддержки их на междисциплинарной основе.

**Некоторые варианты индивидуальных заданий**

1. Выполнение от руки эскизов проекций базовых поверхностей и их композиций, эскизов простых деталей.
2. Выполнение эскизов (аксонометрии, системы изображений) деталей с натуры, по словесному описанию. Модернизация формы прототипа с заданной целью.
3. Выполнение геометрического и обобщенного функционального анализа компьютерных электронных моделей деталей, выделенных из моделей сборочных единиц.
4. Выполнение параметризации моделей деталей в 3D- и системе 2D-изображений; простановка размеров на геометрической основе.
5. Модернизация электронных моделей деталей-прототипов на основе их эскизных представлений.
6. Синтез 3D-модели сборочной единицы на основе ее структуры, моделей модифицированных деталей и баз данных моделей стандартных и типовых деталей
7. Выполнение 2D- и 3D-схемы сборочной единицы и установки.

Ниже приводится иллюстрация фрагмента реализации практических занятий для базового курса ГПП, которые могут быть использованы в различных образовательных форматах: индивидуальном, смешанном, дистанционном. С учетом психолого-педагогических, содержательно-методических, дизайн-эргономических, технико-технологических положений педдизайна, используемых авторами в базовой ГПП при предъявлении обучающего материала [12; 13] с использованием графических средств представления информации (ГСПИ), краткий комментарий к иллюстрациям располагается слева, а сами иллюстрации в отведенном им месте – справа от текста (рис. 1). По каждому учебному элементу дается 5–20 заданий для тренинга.

В технических университетах, готовящих специалистов для наукоемких производств за рубежом CAD-системы высокого уровня используются сразу с первого курса, например, на базе NX8 фирмы Siemens. При индивидуальной и самостоятельной работе можно использовать текстовые комментарии, при работе с преподавателем – опираться на вербальные. Основная цель ГСПИ — показать возможности использования CAD-систем в рамках базовой подготовки и реализовать учебный сценарий по схеме «анализ–синтез». Последнее предполагает «извлечение» традиционных геометрических операндов дисциплины (элементов) (тел, поверхностей, кривых и их комбинаций) из электронных 3D-моделей утилитарно-функциональных объектов, близких специальности обучаемого.

**Практическое занятие. Анализ формы детали и её модернизация.**

**Планируемые цели и задачи:**

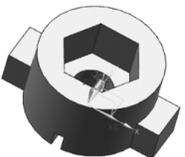
1. Проанализировать форму детали «Втулка-переходник» (Код ЕСКД 722441)
  - 1.1. Обозначить вид поверхностей, образующих грани и отсеки поверхности детали. Указать характер их взаимодействия и линии пересечения
  - 1.2. Указать параметры формы поверхностей и определить геометрические показатели положения отдельных конструктивных элементов формы.
  - 1.3. Изменить форму детали-прототипа по заданию преподавателя путем применения инструмента вытягивания.

Рабочая папка

...1 MODULE\_04\_SOLID1

Откройте файл

EXTRUDE\_01.PR7



Выполняя это упражнение Вы построите приведенную на рисунке твердотельную 3D – модель детали прототипа. Визуальный анализ формы выполнить применяя операцию

---

**Задача 1.** Для изменения формы выделите элементы, подлежащие коррекции путем вытягивания, постройте и объедините их.

1. В Панели инструментов нажмите **Вытягивание**
2. В Навигаторе модели выберите **ЭСКИЗ (1)**
3. В диалоговом окне «Вытягивание» в области **Ограничения** настройте высоту и положение элемента вытягивания.

Убедитесь, что в поле **Начало** установлено **Значение**. Если не так, то исправьте.

Эта опция задает способ задания смещения элемента вытягивания от плоскости вытягиваемого эскиза.

Убедитесь, что в поле **Расстояние** задано: «0».

Это значит, что элемент вытягивания начинается прямо с плоскости эскиза.

Убедитесь, что в поле **Конец** также установлено **Значение**. Если не так, то исправьте.

Эта опция задает способ задания высоты (глубины) элемента вытягивания.

В поле **Расстояние** введите: «40». В это поле вводится высота (глубина) элемента вытягивания.

В области **Булевы операции** раскройте выпадающий список **Булевы** и обратите внимание, никакие Булевы операции недоступны, потому что Вы создаете первый элемент модели.

Нажмите **OK**.

Свойства

Выборить край (1)

Направление

Задать вектор

Ограничения

Начало: 0 Элемент

Расстояние: 0 мм

Конец: 0 Элемент

Расстояние: 40 мм

Булевы операции

Булевы (нет)

Выборить тело (0)

Итог: Скрытие: Настройка: Просмотр:

< OK > Применить Отмена

Вы построили цилиндр, который начинается на эскизной плоскости и имеет высоту «40» мм.

**Рис. 1.** Фрагмент типовой практической работы по анализу и модернизации формы детали

Возможно, звучит несколько категорично, но использование КГ в качестве технологического иллюстратора традиционных методик уже ненормально. Даже если речь и идет об их развитии, то процесс должен идти в направлении поиска инвариантных позиций, понятий, процедурных и технологических аналогов, терминов и т.д., утвердившихся в пакетах КГ и геометрического моделирования. И на этой основе должна осваиваться общая культура в этой области. Не может быть несколько инженерных график: компьютерная и есть самая инженерная. Ведь чем бы ни занимался будущий инженер, он будет работать в режиме компьютерных технологий и, в частности, 3D-моделирования. При этом абсурдно, как иногда считается, что он будет безоружен при необходимости анализа архивной технической документации, выполненной в 2D. Ведь ее формы входят в состав ассоциативных изображений CAD-систем с 3D-графикой. Мы еще раз хотим присоединиться к коллегам [1], что не только содержание дисциплин ГПП, но и название соответствующих кафедр должно подчеркивать их прикладной характер, и графика должна изучаться любая, которая естественным образом востребуется на разных стадиях процесса анализа и синтеза форм технических объектов.

## Литература

1. Волков В.Я. Курс начертательной геометрии на основе геометрического моделирования / В.Я. Волков, В.Ю. Юрков, К.П. Панчук, И.В. Кайгородцева. Омск: СибАДИ, 2010.
2. Горнов А.О. Базовая инженерная геометро-графическая подготовка на основе 3D-моделирования (содержательная часть) / А.О. Горнов, Л.В. Захарова, Е.В. Усанова, Л.А. Шацилло // IV Междунар. интернет-конф. КГП-2014. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2012/papers/78/> (дата обращения: 14.03.2014).
3. Горнов А.О. Модернизированный курс теории построения чертежа / Проблемы качества графической подготовки (КГП-2012) // III Междунар. интернет-конф. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2012/papers/69/> (дата обращения: 10.02.2014).
4. Горнов А.О., Захарова Л.В., Губарев А.Ю. Практическая часть модифицированного курса теории построения чертежа // Проблемы качества графической подготовки (КГП-2012) / III Междунар. интернет-конф. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2012/papers/71/> (дата обращения: 12.02.2013).
5. Горнов А.О., Шацилло Л.А. Состояние и перспективы базовой геометро-графической подготовки инженеров // Междунар. науч.-практич. кон-ференция. Брест: Изд-во БрГТУ, 2013. С. 32–37.
6. Горнов А.О., Кауркин В.Н. Новые информационные технологии и междисциплинарные связи: Труды Междунар. науч.-метод. конференции ИНФОРИНО-2012. М.: МЭИ, 2012. С. 27–28.
7. Горнов А.О., Усанова Е.В., Шацилло Л.А. Инженерная подготовка в технических университетах Европы и США (сопоставление с естественной фрактальной структурой подготовки), IV Междунар. интернет-конф. КГП-2014. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2012/papers/35/> (дата обращения: 1.03.2014).
8. Горнов А.О., Шацилло Л.А. Основные положения концепции естественной структуры инженерной подготовки (Natural occurring Learning – NL) // Образование и саморазвитие. 2013. № 4. С. 30–36.
9. Лепаров М.Н., Попов М.Х. Состояние и тенденции геометро-графической подготовки как компоненты инженерного образования в Болгарии // Геометрия и графика: Научно-методический журнал. 2014. Т. 2. Вып. 1. С. 22–29. DOI: 10.12737/3845.
10. Настройка образовательных структур в Европе. Вклад университетов в Болонский процесс. URL: [http://www.hse.ru/data/2010/12/17/1208295030/Introduction\\_Tuning%20Educational%20Structures.pdf](http://www.hse.ru/data/2010/12/17/1208295030/Introduction_Tuning%20Educational%20Structures.pdf)
11. Редькин В.Ф. Инженерная графика с основами проектирования // Технические науки – от теории к практике / Материалы X Междунар. заоч. науч.-практич. конф. Новосибирск: Сибирская ассоциация консультантов, 2012. С. 7–13.
12. Соснин Н.В. Геометрическая и графическая подготовка в структуре содержания компетентностной модели высшего технического образования / Материалы III Междунар. интернет-конф. Пермь: Изд-во ПермГ-ТУ, 2012. С. 47–60.
13. Формирование образовательных программ в контексте концепции естественной структуры (NL) инженерной подготовки / Е.В.Усанова, А.О. Горнов, Л.А. Шацилло // Материалы VI Междунар. науч.-практич. конф. «Электронная Казань-2014»: В 2 ч. Ч. 1. Казань: ЮНИВЕРСУМ, 2014. С. 176–184.
14. Усанова Е.В. Комплексное применение медиа-технологий и САД-систем в геометро-графической подготовке студентов // Геометрия и графика. 2013. Т. 1. Вып. 1. С. 63–67. DOI: 10.12737/479.
15. Усанова Е.В. Психолого-педагогические аспекты геометро-графической подготовки в техническом вузе с использованием медиа-технологий и САД-систем // Геометрия и графика. 2013. Т. 1. Вып. 1. С. 59–62. DOI: 10.12737/478.

## References

1. Volkov V.Ja. *Kurs nachertatel'noj geometrii na osnove geometricheskogo modelirovanija* [A course in descriptive geometry-based geometric modeling]. Omsk, SibADI Publ., 2010.
2. Gornov A.O. *Bazovaja inzhenernaja geometro-graficheskaja podgotovka na osnove 3D-modelirovanija (soderzhatel'naja chast')* [Basic engineering geometro-graphic preparation based 3D modeling]. *IV Mezhd. internet-konf. KGP-2014* [IV International Internet Conference KGP2014]. Available at: <http://dgng.pstu.ru/conf2012/papers/78/> (Accessed 14 March 2014).
3. Gornov A.O. *Modernizirovannyj kurs teorii postroenija chertezha* [Modernized course theory drawing]. *Problemy kachestva graficheskoy podgotovki (KGP-2012). III Mezhd. internet-konf.* [Quality problems graphic preparation (CHP-2012) // III International Internet Conference]. Available at: <http://dgng.pstu.ru/conf2012/papers/69/> (Accessed 10 February 2014).
4. Gornov A.O., Zaharova L.V., Gubarev A.Ju. *Prakticheskaja chast' modifitsirovannogo kursa teorii postroenija chertezha* [The practical part of the modified course theory drawing]. *Problemy kachestva graficheskoy podgotovki (KGP-2012). III Mezhd. internet-konf.* [Quality problems graphic preparation (CHP-2012) // III International Internet Conference] Available at: <http://dgng.pstu.ru/conf2012/papers/71/> (Accessed 12 February 2013).
5. Gornov A.O. *Sostojanie i perspektivy bazovoj geometro-graficheskoy podgotovki inzhenerov* [Status and prospects of the basic geometro-graphic training of engineers]. *Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija* [International Scientific and Practical Conference]. Brest, BrGTU Publ., 2013, pp. 32–37.
6. Gornov A.O. *Novye informacionnye tehnologii i mezhdisciplinarnye svjazi* [New information technologies and interdisciplinary communication]. *Trudy Mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoy konferencii INFORINO-2012* [Proceedings of the International Scientific and Technical Conference INFORINO-2012]. Moscow, MEI Publ., 2012, pp. 27–28.
7. Gornov A.O. *Inzhenernaja podgotovka v tehniceskikh universitetah Evropy i SShA (sopostavlenie s estestvennoj fraktal'noj strukturoj podgotovki)* [Engineering training at the technical universities of Europe and the United States (compared with natural fractal structure of training)]. *IV Mezhd. internet-konf. KGP-2014* [IV International Internet-Conference KGP-2014]. Available at: <http://dgng.pstu.ru/conf2012/papers/35/> (Accessed 1 March 2014).

8. Gornov A.O. Osnovnye polozenija koncepcii estestvennoj struktury inzhenernoj podgotovki (Natural occurring Learning – NL) [The main provisions of the concept of natural structures engineering training (Natural occurring Learning – NL)]. *Obrazovanie i samorazvitie* [Education and self-development]. 2013, i. 4, pp. 30–36.
9. Leparov M.N., Popov M.H. Sostojanie i tendencii geometrograficheskoj podgotovki kak komponenty inzhenernogo obrazovanija v Bolgarii [Status and trends of metrographic training as components of engineering education in Bulgaria]. *Geometrija i grafika* [Geometry and Graphics]. 2014, v. 2, i. 1, pp. 22–29. DOI: 10.12737/3845.
10. *Nastrojka obrazovatel'nyh struktur v Evrope. Vklad universitetov v Bolonskij process* [Tuning educational structures in Europe. Universities contribution to the Bologna-RCM process]. Available at: [http://www.hse.ru/data/2010/12/17/1208295030/Introduction\\_Tuning%20Educational%20Structures.pdf/](http://www.hse.ru/data/2010/12/17/1208295030/Introduction_Tuning%20Educational%20Structures.pdf/)
11. Red'kin V.F. Inzhenernaja grafika s osnovami proektirovanija [Engineering Graphics with the basics of design]. *Tehnicheskie nauki – ot teorii k praktike. Materialy X Mezhdunar. zaoch. nauch. prakt. konf* [Engineering graphics with design fundamentals. Materials of the X International extramural scientific and practical conference]. Novosibirsk, Siberian Association of Consultants Publ., 2012. pp. 7–13.
12. Sosnin N.V. Geometricheskaja i graficheskaja podgotovka v strukture sodержanija kompetentnostnoj modeli vysshego tehničeskogo obrazovanija [Geometric and graphic preparation in the content structure of a competence model of higher technical education]. *Materialy III Mezhdunarodnoj internet-konferencii* [Proceedings of the III International Internet-Conference]. Perm', PermGTU Publ., 2012, pp. 47–60.
13. Usanova E.V., Gornov A.O., Shacillo L.A. Formirovanie obrazovatel'nyh programm v kontekste koncepcii estestvennoj struktury (NL) inzhenernoj podgotovki [The formation of educational programs in the context of the concept of natural patterns (NL) engineering training]. *Materialy šestoj Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii «Jelektronnaja Kazan'-2014»* [Proceedings of the Sixth International Scientific-Practical Conference «Electronic Kazan-2014»]. In 2 parts. Part 1. Kazan', JuNIVERSUM Publ., 2014, pp. 176–184.
14. Usanova E.V. Kompleksnoe primenenie media-tehnologij i CAD-sistem v geometrograficheskoj podgotovke studentov [Integrated use of media technologies and CAD systems in metrographic preparing students]. *Geometrija i grafika* [Geometry and Graphics]. V. 1, i. 1, pp. 63–67. DOI: 10.12737/479.
15. Usanova E.V. Psihologo-pedagogičeskie aspekty geometrograficheskoj podgotovki v tehničeskom vuze s ispol'zovanijem media-tehnologij i CAD-sistem [Psychological and pedagogical aspects of metrographic training in a technical University with the use of media technology and CAD systems]. *Geometrija i grafika* [Geometry and Graphics]. V. 1, i. 1, pp. 59–62. DOI: 10.12737/478.

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

В журнале публикуются статьи, соответствующие профилю журнала и его рубрикам. Статья должна быть оригинальной, нигде ранее не опубликованной, не нарушающей авторских прав третьих лиц.

Рекомендуемый объем в пределах **20–40 тыс. знаков** (с учетом пробелов).

### Требования к оформлению статьи

Текст статьи набирается в текстовом редакторе *Microsoft Word*, записывается с расширением *.doc*, *.docx* или *.rtf*. Название файла должно состоять из фамилии автора и названия статьи.

Статья должна содержать:

УДК (см., например, здесь: <http://naukapro.ru/metod.htm>);

блок 1 — **на русском языке**: Ф.И.О. автора(-ов) (полностью); название статьи; аннотация (200–250 слов); ключевые слова (5–7 слов или словосочетаний, разделенных точкой с запятой);

блок 2 — **на английском языке**: информация блока 1 в той же последовательности;

блок 3 — данные об авторах на русском языке: фамилия, имя, отчество полностью; должность; ученая степень; ученое звание; адресные данные автора(-ов) (организация(-и), адрес организации(-и), электронная почта всех или одного автора), данные научного руководителя (для аспирантов и студентов);

блок 4 — информация блока 6 в той же последовательности на английском языке;

блок 5 — полный текст статьи на русском языке (шрифт основного текста — *Times New Roman*; размер шрифта основного текста — 12 пт; поля: верхнее и нижнее — 2 см, правое и левое — 3 см; межстрочный интервал — полуторный; отступ первой строки абзаца — 1,25 см; выравнивание текста — по ширине; ссылки на формулы даются в круглых скобках; формулы набираются в редакторе формул; рисунки — средствами *Word*; растровые иллюстрации предоставляются отдельными файлами в формате *.jpg* с разрешением не менее 300 dpi);

блок 6 — список литературы на русском языке (название «Литература»). Списки литературы оформляются по алфавиту в соответствии с библиографическими требованиями (ГОСТ Р 7.0.5–2008 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления») в едином формате, установленном РУНЭБ. Отсылки к списку в основном тексте даются в квадратных скобках, например: [3, с. 25]. На все источники литературы должны быть ссылки в тексте работы;

блок 7 — транслитерированный список литературы (название «References»), пример транслитерации источника:

11. Shchedrin N.V. *Aktual'nye problemy bor'by s prestupnost'yu v Sibirskom regione* [Topical Issues of Fighting Crimes in Siberian Region]. Krasnoyarsk, 2006, pp. 16–20.

Для выделения в тексте допустимо **полужирное** и **курсивное** написание. Примеры рекомендуется выделять **курсивом**, новые термины и понятия — **полужирным** шрифтом.

### Не рекомендуется использовать:

такие выделения, как **ПРОПИСНЫЕ БУКВЫ**, **р а з р ы д к а** через пробел и подчеркивание; подстрочные ссылки.

С требованиями к оформлению статьи можно также ознакомиться в разделе «Информация для авторов» на странице журнала на сайте <http://naukaru.ru/>

### Перечень дополнительных материалов, прилагаемых к статье

Вместе с текстом статьи в редакцию должны быть переданы следующие материалы:

- Иллюстративные материалы в форматах *.tif*, *.jpg* с разрешением не менее 300 dpi (если имеются).

- Данные для заключения договора на публикацию статьи в форматах *.doc* и *.docx* (а) для граждан России; б) для иностранных граждан: ФИО, дата рождения, паспортные данные, адрес местожительства, адрес электронной почты, название статьи.

- Отзыв о статье (для аспирантов и студентов).

### Порядок предоставления материалов

Материалы могут быть переданы в редакцию двумя способами:

1. через портал Naukaru.ru ([naukaru.ru](http://naukaru.ru)). С инструкцией по подаче заявки через портал Вы можете ознакомиться по ссылке [naukaru.ru/articles/instruction](http://naukaru.ru/articles/instruction);
2. по электронной почте [mag4@naukaru.ru](mailto:mag4@naukaru.ru)

### Прочие условия публикации

Редакция оставляет за собой право тематического отбора и редактирования поступивших материалов. Мнения авторов, изложенные в статьях, необязательно совпадают с мнением редакции. Поступившие в редакцию рукописи не возвращаются.

Авторы несут ответственность за содержание статей, сам факт их публикации, а также за ущерб, причиненный третьим лицам, если выяснится, что в процессе публикации статьи были нарушены чьи-либо права или общепринятые нормы научной этики.

Автору может быть отказано в публикации, если:

- его статья не оформлена в соответствии с данными правилами;
- автор отказался от доработки статьи согласно требованиям редакционной коллегии и рецензента;
- автор не выполнил в срок конструктивные замечания рецензента;
- текст статьи содержит более 10% заимствований.

Окончательное решение о публикации материалов принимает редакционная коллегия.