

ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

УЧЕБНИК И ПРАКТИКУМ ДЛЯ СПО

Под общей редакцией

Р. Р. Анамовой, С. А. Леоновой, Н. В. Пшеничновой

Рекомендовано Учебно–методическим отделом среднего профессионального образования в качестве учебника и практикума для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования

Книга доступна в электронной библиотечной системе
biblio-online.ru

Москва ■ Юрайт ■ 2017

УДК 004.92(075.32)

ББК 85.15я723

И62

Авторы:

Анамова Рушана Ришатовна — кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной графики факультета прикладной механики Московского авиационного института (национального исследовательского университета);

Леонова Светлана Александровна — доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной графики факультета прикладной механики Московского авиационного института (национального исследовательского университета);

Пшеничнова Наталья Вадимовна — доцент кафедры инженерной графики факультета прикладной механики Московского авиационного института (национального исследовательского университета).

Рецензенты:

Иванов Г. С. — доктор технических наук, профессор кафедры начертательной геометрии и черчения Московского государственного университета леса;

Синицын С. А. — профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой теоретической и прикладной механики Московского государственного университета путей сообщения Императора Николая II.

И62

Инженерная и компьютерная графика : учебник и практикум для СПО / под общ. ред. Р. Р. Анамовой, С. А. Леоновой, Н. В. Пшеничновой. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 246 с. — Серия : Профессиональное образование.

ISBN 978-5-534-02971-0

В учебнике изложены основные правила выполнения и оформления чертежей. Рассмотрены виды изображений, методы выполнения геометрических построений, изображения разрезов и построения сечений геометрических тел. Приведены основные сведения об аксонометрических проекциях и изображениях соединений деталей на чертеже. Освещены стадии разработки изделий и сборочных чертежей, виды конструкторской документации, а также правила выполнения схем. Изложены основы проектирования в САПР «КОМПАС-3D»: методы двухмерного и трехмерного моделирования детали и сборочной единицы, построение ассоциативного чертежа детали. Рассмотрены особенности оформления конструкторской документации в электронном виде. Приведены методические указания по выполнению и оформлению курсовой работы по дисциплине. Изложение учебного материала сопровождается большим количеством примеров.

В конце каждого параграфа приведены вопросы и задания для самоконтроля, а также упражнения для самостоятельной работы.

Соответствует актуальным требованиям Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования и профессиональным требованиям.

Для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования, обучающихся по инженерно-техническим специальностям.

УДК 004.92(075.32)

ББК 85.15я723



Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав. Правовую поддержку издательства обеспечивает юридическая компания «Дельфи».

ISBN 978-5-534-02971-0

© Коллектив авторов, 2016

© ООО «Издательство Юрайт», 2017

Оглавление

Авторский коллектив	6
Предисловие	8
Введение	12
Глава 1. Основные правила оформления чертежей и геометрические построения	16
1.1. Основные правила оформления чертежей по ЕСКД	16
1.1.1. Форматы	17
1.1.2. Масштабы	17
1.1.3. Линии	19
1.1.4. Шрифты	19
1.1.5. Основная надпись	21
1.1.6. Нанесение размеров	21
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	24
<i>Упражнения</i>	25
1.2. Геометрические построения на чертежах	26
1.2.1. Деление отрезков на равные части. Построение правильных многоугольников	26
1.2.2. Построение сопряжений	28
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	35
<i>Упражнения</i>	35
<i>Задание 1</i>	37
Глава 2. Изображения	40
2.1. Основные положения	40
2.2. Виды	42
2.2.1. Основные сведения	42
2.2.2. Нахождение проекций точек на изображениях геометрических тел	43
2.2.3. Нанесение размеров, определяющих форму геометрического тела. Построение третьего вида по двум заданным	51
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	57
<i>Упражнения</i>	57
2.3. Разрезы	58
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	62
<i>Упражнения</i>	62

2.4. Сечения	64
2.4.1. Основные сведения.....	64
2.4.2. Построение сечений геометрических тел	65
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	71
<i>Упражнения</i>	71
2.5. Аксонометрические проекции	75
2.5.1. Основные сведения.....	75
2.5.2. Прямоугольная изометрическая проекция (изометрия)	76
2.5.3. Диметрические проекции.....	77
2.5.4. Аксонометрическое изображение окружностей, лежащих в плоскостях, параллельных плоскостям проекций.....	78
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	81
<i>Упражнения</i>	81
<i>Задание 2</i>	81
Глава 3. Изображение соединений деталей на чертеже	90
3.1. Виды соединений.....	90
3.2. Изображение резьбовых соединений.....	91
3.2.1. Общие сведения.....	91
3.2.2. Изображение и обозначение метрической резьбы и соединения резьбой.....	94
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	97
<i>Упражнения</i>	97
3.3. Изображение неразъемных соединений	98
3.3.1. Паяные и клееные соединения	98
3.3.2. Сварные соединения	98
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	102
<i>Упражнения</i>	102
<i>Задание 3</i>	103
Глава 4. Конструкторская документация сборочных единиц.....	107
4.1. Основные понятия об изделии.....	107
4.2. Стадии разработки изделий и виды конструкторской документации	108
4.3. Правила разработки чертежей (эскизов) деталей.....	109
4.3.1. Построение изображения на эскизе детали.....	110
4.3.2. Нанесение размеров точеной детали на эскизе детали	114
4.3.3. Нанесение знаков шероховатости на чертеже (эскизе) детали	118
4.3.4. Заполнение основной надписи. Выбор материала.....	119
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	123
<i>Упражнения</i>	124
4.4. Разработка сборочных чертежей	125
4.4.1. Содержание сборочных чертежей, изображение, нанесение размеров	125
4.4.2. Спецификация	126
4.4.3. Схема деления изделия на составные части	130

<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	139
<i>Упражнения</i>	139
<i>Задание 4</i>	140
Глава 5. Правила выполнения схем	152
5.1. Общие сведения.....	152
5.2. Правила выполнения электрических схем	155
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	158
<i>Упражнения</i>	158
<i>Задание 5</i>	159
Глава 6. Компьютерная графика	164
6.1. Общие сведения о системах автоматизированного проектирования	164
6.2. Проектирование в САПР «КОМПАС-3D»	167
6.2.1. Основные сведения о САПР «КОМПАС-3D»	167
6.2.2. Двухмерное моделирование в САПР «КОМПАС-3D»	171
6.2.3. Трехмерное моделирование в САПР «КОМПАС-3D».....	177
6.2.4. Создание чертежей по 3D-модели в САПР «КОМПАС-3D»	188
6.2.5. Моделирование некоторых типов деталей	194
6.2.6. Моделирование сборочной единицы	201
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	210
<i>Упражнения</i>	210
<i>Задание 6</i>	211
Глава 7. Курсовая работа по дисциплине «Инженерная и компьютерная графика»	219
7.1. Общие требования к выполнению курсовой работы	219
7.2. Порядок выполнения и защиты курсовой работы.....	223
7.3. Тематика курсовых работ.....	224
Тесты	226
Ответы к тестам	244
Список рекомендуемой литературы	245

Авторский коллектив

Анамова Рушана Ришатовна — кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной графики Московского авиационного института (национального исследовательского университета) (отв. ред.; гл. 1: 1.2 (совместно с Т. И. Миролюбовой); гл. 2: 2.1—2.5 (совместно с Е. А. Кожуховой и Т. И. Миролюбовой); гл. 3: 3.1—3.3 (совместно с С. А. Леоновой); гл. 4: 4.1—4.4 (совместно с С. А. Леоновой и Г. К. Хотинной); гл. 5; гл. 6: 6.1 (совместно с А. В. Рипецким); тестовые задания (совместно с С. А. Леоновой));

Леонова Светлана Александровна — доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной графики Московского авиационного института (национального исследовательского университета) (отв. ред.; гл. 1: 1.1; гл. 3: 3.1—3.3 (совместно с Р. Р. Анамовой), задание 3; гл. 4: 4.1—4.4 (совместно с Р. Р. Анамовой и Г. К. Хотинной), задание 4 (совместно с Г. К. Хотинной); гл. 6: задание 6; тестовые задания (совместно с Р. Р. Анамовой));

Пшеничнова Наталия Вадимовна — доцент кафедры инженерной графики Московского авиационного института (национального исследовательского университета) (отв. ред.; гл. 2: задание 2; гл. 6: 6.2 (совместно с А. В. Рипецким), задание 6 (совместно с С. А. Леоновой));

Миролюбова Татьяна Игоревна — кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной графики Московского авиационного института (национального исследовательского университета) (гл. 1: 1.2 (совместно с Р. Р. Анамовой); гл. 2: 2.5 (совместно с Р. Р. Анамовой и Е. А. Кожуховой));

Кожухова Елена Андреевна — доцент кафедры инженерной графики Московского авиационного института (национального исследовательского университета) (гл. 2: 2.1—2.5 (совместно с Р. Р. Анамовой и Т. И. Миролюбовой));

Рипецкий Андрей Владимирович — кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной графики Московского авиационного института (национального исследовательского университета) (гл. 6: 6.1—6.2 (совместно с Р. Р. Анамовой и Н. В. Пшеничновой));

Хвсюк Татьяна Михайловна — доцент, доцент кафедры инженерной графики Московского авиационного института (национального исследовательского университета) (гл. 7);

Хотина Галина Константиновна — доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной графики Московского авиационного института (национального исследовательского университета) (гл. 4: 4.1—4.4 (совместно с Р. Р. Анамовой и С. А. Леоновой), задание 4 (совместно с С. А. Леоновой)).

Предисловие

Дисциплина «Инженерная и компьютерная графика» тесно связана с предметом «Геометрия», который изучается в средних общеобразовательных учебных заведениях. Названный курс призван расширить и углубить знания, полученные школьниками для решения основных геометрических задач, а также способствовать развитию пространственного воображения обучающихся.

Следует отметить, что процесс освоения правил выполнения чертежей происходит на протяжении всего периода обучения в техническом сузуе и вузе: этот процесс начинается с изучения дисциплины «Инженерная и компьютерная графика», затем продолжается при освоении ряда общеинженерных и специальных дисциплин, а также при выполнении курсовых и дипломных проектов. Знания, полученные при изучении курса «Инженерная и компьютерная графика», служат базой для изучения таких дисциплин, как «Детали машин», «Теория механизмов и машин», «Системы автоматизированного проектирования».

Целью дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» является формирование у студентов необходимых знаний, умений и навыков разработки конструкторской документации (как вручную, так и с применением современных систем автоматизированного проектирования) для дальнейшего применения их в учебной и профессиональной деятельности.

Задачи дисциплины:

- изучение основных правил составления и чтения чертежей;
- изучение требований ЕСКД к оформлению конструкторской документации;
- обучение работе со справочной литературой и нормативной документацией (ГОСТами);
- овладение первичными навыками применения современных САД-программ для автоматизации инженерно-графических работ (на примере САПР «КОМПАС-3D»).

Предлагаемый учебник поможет студентам освоить:

трудовые действия

- навыки выполнения чертежей в соответствии с правилами ЕСКД;

- навыки работы в системах трехмерного моделирования (на примере САПР «КОМПАС-3D»);

необходимые умения

- выполнять изображения предметов на чертежах по правилам проецирования и в соответствии с ЕСКД;

- читать форму элементов детали по ее чертежу;

- составлять комплекты технической документации в соответствии с государственными стандартами и техническими условиями;

- решать прямую и обратную задачи проектирования с применением методов и средств компьютерной графики;

необходимые знания

- теоретические основы построения изображений предметов на плоскости;

- методы построения изображений предметов на чертежах;

- правила оформления конструкторской документации в соответствии с ЕСКД;

- методы и средства компьютерной графики для построения 3D-моделей деталей и их чертежей.

К особенностям настоящего учебника относится практическая направленность изложенного материала. Теоретические вопросы освещаются кратко и сопровождаются подробным описанием методики выполнения практических заданий на соответствующую тему. Пошагово разобрано выполнение графических заданий. С целью закрепления знаний, умений и навыков после каждого параграфа приводятся вопросы и задания для самоконтроля и упражнения, в конце каждой главы — графические задания для самостоятельной работы.

Преимущества данного учебника:

- большой объем графических заданий к каждой теме, что позволяет использовать его преподавателям для подготовки к практическим занятиям и обучающимся при дистанционном изучении курса;

- связь изложенного теоретического материала с автоматизированным проектированием изделий.

Настоящий учебник содержит графические задания для выполнения как с помощью карандаша и линейки (традиционным способом), так и с помощью систем автоматизированного проектирования (САПР). Это обусловлено тем, что авторы при написании учебника ставили перед собой цель показать не только преимуще-

ство использования САПР при выполнении проектно-конструкторских работ, но и необходимость соблюдения правил ЕСКД независимо от способа выполнения конструкторской документации (вручную или на компьютере).

Учебник может быть использован при изучении учебного предмета «Черчение» в средних общеобразовательных учреждениях и на подготовительных отделениях вузов, при изучении учебных дисциплин «Инженерная графика» и «Инженерная и компьютерная графика» в учреждениях среднего и высшего профессионального образования, а также при индивидуальном дистанционном изучении указанных курсов. Изложение материала в учебнике рассчитано на читателя без начальной чертежно-графической подготовки.

Структура и содержание настоящего учебника соответствует рабочей программе дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» для большинства инженерно-технических специальностей. Логика подачи изложения учебного материала традиционная: в каждой главе сначала рассматриваются основные теоретические положения и примеры выполнения графических заданий, затем приводятся вопросы для самоконтроля и задания для самостоятельной работы. Такой подход позволяет достичь лучших результатов в обучении за счет закрепления изученного материала в процессе самостоятельного выполнения заданий студентами.

Учебник содержит семь глав. В первой главе изложены общие сведения о правилах выполнения чертежей, знание которых необходимо для оформления всех видов конструкторской документации, а также методика выполнения геометрических построений на чертеже. Во второй главе рассмотрено построение изображений на чертежах с помощью метода прямоугольного проецирования, а также правила выполнения наглядных изображений (аксонометрия). Третья и четвертая главы содержат сведения, необходимые для чтения и выполнения чертежей и эскизов деталей и сборочных единиц. В пятой главе приведены общие сведения о схемах и правилах выполнения электрических схем. Шестая глава посвящена компьютерной графике и содержит основные сведения о выполнении чертежей и трехмерных моделей в САПР «КОМПАС-3D V15». В седьмой главе рассматривается методика выполнения курсовой работы по дисциплине.

Следует отметить, что курсовая работа является нетрадиционной формой задания для инженерно-графических дисциплин, однако многолетний опыт авторов данного учебника, преподающих дисциплины «Инженерная графика» и «Инженерная и компьютерная графика» в Московском авиационном институте (националь-

ном исследовательском университете) — МАИ (НИУ), показывает, что такая форма задания способствует развитию у студентов навыков работы со справочной литературой, умения анализировать и логически последовательно излагать свои мысли.

Авторы выражают глубокую признательность рецензентам: *Геннадию Сергеевичу Иванову*, доктору технических наук, профессору кафедры «Инженерная графика» Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана и *Сергею Александровичу Синицыну*, доктору технических наук, профессору, заведующему кафедрой «Теоретическая и прикладная механика» кафедры Московского государственного университета путей сообщения Императора Николая II, — за ценные замечания по содержанию рукописи.

Особую благодарность авторы выражают *Анжелике Александровне Гетьман* — редактору издательства «Юрайт» за высокопрофессиональную работу.

Авторы желают читателям успехов в освоении дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» и надеются на то, что настоящий учебник им в этом поможет. Авторы с признательностью примут замечания и предложения читателей по улучшению учебника, которые просят направлять по адресу электронной почты: anatova.rushana@yandex.ru.

Введение

Графика — один из древнейших языков человеческой культуры, дошедший до наших дней. Такое «долгожитие» стало возможно благодаря уникальности и универсальности графического языка. Его уникальность — лаконичность и простота — состоит в минимальном составе знаковой системы: по сути, это только два знака — точка и линия. Этот «языковой бином», собственно, и обуславливает универсальность графики как способа передачи информации, используемого в различных сферах человеческой деятельности с древнейших времен (задолго до создания письменности: рисунки на стенах пещер и камнях, позднее — на бересте, коже, папирусе, пергаменте, бумаге и др.) до настоящего времени. Таковым — уникальным и универсальным — графический язык является и в представлении научно-технической информации.

Сегодня инженерное образование не мыслится без освоения инженерно-графических дисциплин, развитие которых в России имеет свою, надо сказать, небезынтересную историю. Очень кратко осветим ее основные вехи.

Вообще говоря, изначально «двигателем» для развития «инженерного графического языка» в Древней Руси, к слову, как и во всем мире, являлось строительство, удовлетворяющее базовую потребность человека, — потребность в жилище. До наших дней дошли изображения планов городов Киевской Руси XI—XIII вв. В Русском царстве в XVI в. чертежи выполнялись для нужд картографии, строительства, промышленности и военного дела. О развитии российского градостроительства в XVII в. свидетельствует Годунов чертеж Москвы, созданный при Борисе Годунове в 1613 г.

Началом широкого профессионального обучения черчению в России принято считать Петровскую эпоху. В начале XVIII в. в России развиваются кораблестроение, горнорудная промышленность, машиностроение и др., что потребовало наличия специалистов, профессионально владеющих умениями и навыками выполнения чертежей. По указу Петра I от 31 января 1714 г. вводится преподавание черчения в специальных учебных заведениях: «...*Послать во все губернии по несколько человек из школ математических, чтоб*

учить дворянских детей цифири и геометрии, и положить штраф такой, что не вольно будет жениться, пока сему не выучится. Вскоре появляются первые учебники по черчению и геометрии: «Приемы циркуля и линейки, или Избраннейшее начало во математических искусствах» (СПб., 1709. 364 с.; перевод с австрийского Я. В. Брюса¹)² и «Практическая геометрия» С. И. Назарова³ (СПб., 1760). Этим периодом датируются первые чертежи заводских сооружений, где изображения выполнялись в двух видах. Сохранился чертеж 22-весельного шлюпа, выполненный Петром I в 1719 г.

К активному развитию инженерной графики привело развитие машиностроительного производства в XIX в. Серийное производство потребовало обеспечения взаимозаменяемости деталей, расширения объема информации, которую содержит чертеж, повышения точности и полноты чертежа. С появлением во второй половине XX в. электронно-вычислительных машин получил развитие новый инструмент выполнения чертежей — компьютер. Компьютерная графика значительно ускорила процессы изготовления чертежей и, как следствие, снизила временные затраты на проектирование и себестоимость изделия.

В настоящее время неотъемлемой частью инженерно-технического образования в России является дисциплина «Инженерная и компьютерная графика», изучающая правила выполнения и чтения чертежей, а также основные принципы и средства автоматизированного проектирования чертежей.

Курс «Инженерная и компьютерная графика» является «преемником» дисциплины «Начертательная геометрия», поскольку базируется на методах проецирования предмета на плоскость, описанных в начертательной геометрии. В то же время данный курс есть продолжение дисциплины «Инженерная графика», так как учит применять современные инструменты проектирования для выполнения чертежей по правилам инженерной графики.

Современная организация производства и высокие темпы технического прогресса требуют от инженерно-технических работников предприятий (конструкторов и технологов) глубоких разносторонних знаний, умений и навыков владения системами автоматизированного проектирования. В связи с этим перед курсом «Инже-

¹ *Яков Вилмович Брюс* (1670—1735) — русский государственный деятель, военный, дипломат, инженер и ученый, один из ближайших сподвижников Петра I.

² Это была первая книга в России, напечатанная гражданским шрифтом. Приложение «Как делать на горизонтальном месте солнечные часы» написана Петром I.

³ *Степан Иванович Назаров* (1727—?) — российский инженер-прапорщик (позднее титулярный советник) и преподаватель математики Сухопутного шляхетного кадетского корпуса.

нерная и компьютерная графика» поставлены новые задачи — ознакомить обучающихся не только с правилами выполнения чертежей, но и с основами трехмерного моделирования, особенностями оформления конструкторской документации в электронном виде.

Объект дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» — изображения окружающих нас предметов на плоскости. Чтобы воплотить любую конструкторскую или дизайнерскую идею, необходимо отобразить ее на бумажном листе или на экране компьютера. Причем сделать это необходимо так, чтобы любой исполнитель смог по изображению на бумажном листе или на экране компьютера представить данную идею и реализовать ее. Для этого были разработаны правила и методы выполнения изображений, а также международные, государственные и отраслевые стандарты, которые являются *предметом* изучения в курсе «Инженерная и компьютерная графика».

Примитивы (точки, линии), которыми пользуются при изучении дисциплины «Инженерной и компьютерной графики», помогают создать на бумаге или на экране компьютера образ того объекта, который был задуман. От слова «образ» произошло понятие «изображение».

Изображение предмета на определенном носителе информации (бумаге, кальке и т.п.), выполненное с учетом требований, позволяющих однозначно определить размеры и форму этого предмета, называется *чертежом* (др.-русск. *чьртежь* — отметка, грань; план)¹.

При выполнении чертежей сложных изделий недостаточно иметь изображения предмета. Необходимы комментарии, поясняющие состав изделия, названия входящих в него частей (деталей или сборочных единиц). Это обеспечивается так называемыми *текстовыми документами*, т.е. документами, содержащими не графическое изображение, а текст. Чертежи и текстовые документы объединены в одно понятие — *конструкторская документация*.

Знания, умения и навыки, полученные при изучении курса «Инженерная и компьютерная графика», необходимы при изучении других учебных дисциплин, а также в последующей инженерной деятельности. Знание инженерной графики позволяет инженеру выполнять и читать чертежи (как знание азбуки и грамматики позволяет человеку читать и писать), а знание компьютерной графики — сократить время выполнения чертежей. Изучение данной дисциплины также развивает пространственное представление и логическое мышление.

В заключение отметим следующее. Предлагаемый учебник рассчитан на читателей без специальной подготовки. Однако знания,

¹ Срезневский И. И. Словарь древнерусского языка : в 3 т. Т. 3. М. : Книга, 1989.

умения и навыки, полученные при изучении школьного курса «Геометрия», курса «Начертательная геометрия» (как правило, предшествует дисциплине «Инженерная и компьютерная графика» в учебных планах технических специальностей/направлений подготовки), будут весьма полезны при освоении дисциплины.

Как показывает практика, наиболее сложными при освоении курса «Инженерная и компьютерная графика» являются темы «Построение сопряжений», «Изображение резьбовых соединений» и «Разработка сборочных чертежей». Авторы рекомендуют читателям выполнять упражнения и задания к указанным темам для закрепления материала.

Тема «Трехмерное моделирование в САПР «КОМПАС-3D»» освещена в учебнике в ограниченном объеме, поскольку возможности программного комплекса «КОМПАС-3D» намного шире, чем объем данной книги. Авторами ставилась задача «дать старт» обучающимся, заинтересовать их и побудить к дальнейшему самостоятельному освоению новых инструментов, модулей и приложений систем автоматизированного проектирования.

Для выполнения представленных в учебнике графических заданий на компьютере требуется установка САПР «КОМПАС-3D». Данная САПР разработана отечественной компанией «АСКОН» и является универсальной системой автоматизированного проектирования, которая находит применение при решении различных задач авиа-, машино- и приборостроения, строительства на профильных предприятиях названных отраслей промышленности. Бесплатную учебную версию данного программного продукта можно скачать на официальном сайте производителя: ascop.ru.

Для проведения зачетов и экзаменов по курсу «Инженерная и компьютерная графика» рекомендованы задания, содержащие несколько теоретических вопросов и одно практическое (графическое) задание. Также возможно применение представленных в учебнике тестовых заданий для промежуточного (рубежного) контроля знаний студентов по дисциплине.

Перечень рассмотренных тем и возможные ограничения в объеме изложения учебного материала обусловлены содержанием рабочей программы дисциплины для большинства технических специальностей.

Глава 1

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ

В результате изучения данной главы студент должен:

знать

- перечень основных стандартов ЕСКД;
- размеры основных форматов для выполнения чертежей;
- типы линий и их изображение на чертежах;
- масштабы изображений на чертежах;
- правила нанесения размеров;
- правила заполнения основной надписи на чертеже;

уметь

- строить изображения предмета на плоскостях;
- выполнять надписи чертежным шрифтом;
- наносить размеры на чертеже;

владеть

- терминологическим аппаратом, необходимым при выполнении геометрических построений на чертежах и оформлении чертежей;
 - методами выполнения геометрических построений на чертежах.
-

1.1. Основные правила оформления чертежей по ЕСКД

Чертежи должны выполняться в соответствии с требованиями государственных стандартов (ГОСТов). В курсе «Инженерная и компьютерная графика» изучаются в основном ГОСТы, входящие в *Единую систему конструкторской документации* (ЕСКД). На принадлежность стандарта к классу ЕСКД указывает первая цифра 2 в номере ГОСТа, которая отделяется от следующих цифр точкой, например:

ГОСТ 2.301–68. Форматы.

Первая цифра после точки является обозначением классификационной группы (в данном случае группа 3 – «Общие правила выполнения чертежей»). Следующие две цифры (01) – это порядко-

вый номер стандарта в группе. После тире указывается год регистрации стандарта (в данном случае это 1968 г.).

1.1.1. Форматы

Форматы листов чертежей и других документов, выполняемых на электронных или бумажных носителях, устанавливает ГОСТ 2.301–68. Форматы листов определяются размерами внешней рамки, выполненной сплошной тонкой линией, и делятся на основные и дополнительные

Формат с размерами сторон 841×1189 мм, площадь которого равна 1 м^2 , и другие форматы, полученные путем последовательного деления его на две равные части параллельно меньшей стороне соответствующего формата, принимаются за *основные*.

Обозначения и размеры сторон основных форматов указаны в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Основные форматы

Обозначение формата	Размеры сторон формата, мм
A0	841×1189
A1	594×841
A2	420×594
A3	297×420
A4	210×297

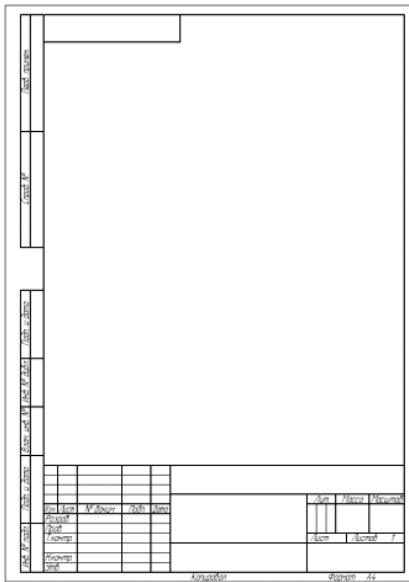
При необходимости допускается применять формат A5, имеющий размеры сторон 148×210 мм.

Допускается применение *дополнительных* форматов, образуемых увеличением коротких сторон основных форматов на величину, кратную их размерам. Обозначение производного формата составляется из обозначения основного формата и его кратности, например $A0 \times 2$, $A4 \times 3$ и т.д.

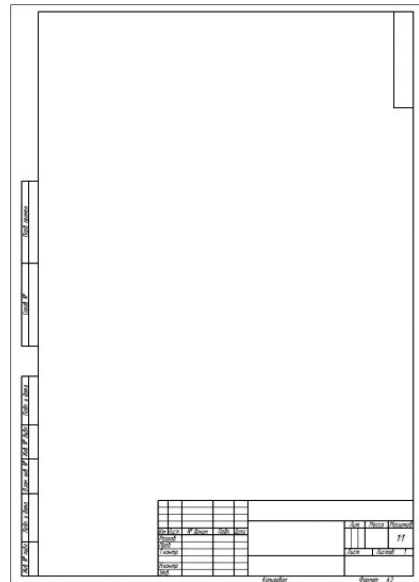
Форматы могут располагаться как горизонтально, так и вертикально. Исключение составляет формат A4, который допускается использовать только в вертикальном положении (рис. 1.1, а).

1.1.2. Масштабы

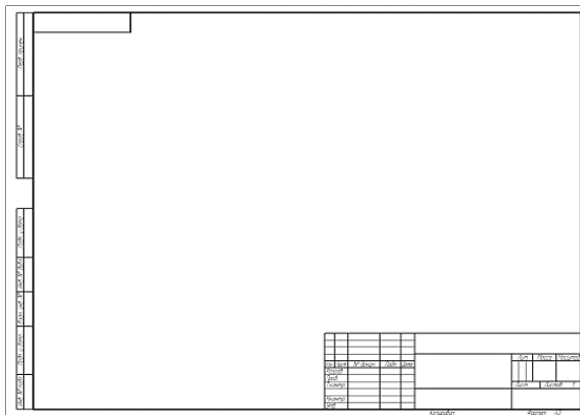
Масштаб — это отношение линейного размера отрезка на чертеже к соответствующему линейному размеру того же отрезка в натуре.



a



б



в

Рис. 1.1. Форматы:

a — формат А4; *б* — формат А0—А3 (вертикальный);
в — формат А0—А3 (горизонтальный)

Масштабы изображений и их обозначение на чертежах устанавливает ГОСТ 2.302—68:

- масштаб натуральной величины: 1:1;
- масштабы увеличения: 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1;

• масштабы уменьшения: 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50 и т.д.

При любом масштабе на чертеже изображаемых объектов наносятся только действительные размеры.

Масштаб указывается в предназначенной для этого графе основной надписи чертежа по типу: 1:1; 1:2; 2:1 и т.п.


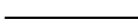

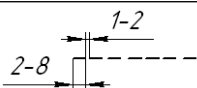
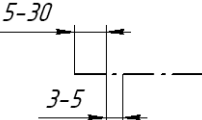
1.1.3. Линии

Начертания и основное назначение линий на чертежах устанавливает ГОСТ 2.303—68.

Наименование, начертание, толщина (рекомендованная для учебных чертежей) основных типов линий и их назначение приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Типы линий

Наименование	Начертание	Толщина линии, мм	Основное назначение
Сплошная толстая основная		0,8—1,0	Линии видимого контура
Сплошная тонкая		0,3—0,5	Линии размерные и выносные. Линии штриховки. Линии-выноски и полки линий-выносок
Сплошная волнистая		0,3—0,5	Линии обрыва. Линии разграничения вида и разреза
Штриховая		0,3—0,5	Линии невидимого контура
Штрихпунктирная тонкая		0,3—0,5	Линии осевые и центровые

1.1.4. Шрифты

Чертежные шрифты, применяемые на чертежах, устанавливает ГОСТ 2.304—81. Последний определяет четыре типа шрифта:

1) тип А без наклона;

$$d = h/14,$$

где d — толщина линии шрифта, мм; h — размер шрифта, определяемый высотой прописных букв, мм;

2) тип А с наклоном около 75° ;

$$d = h/14;$$

3) тип Б без наклона;

$$d = h/10;$$

4) тип Б с наклоном около 75° ;

$$d = h/10.$$

На учебных чертежах рекомендуется использовать шрифт типа Б с наклоном (для размерных чисел и всех надписей, за исключением обозначений чертежей) и шрифт типа Б без наклона (только для обозначений чертежей).

Рекомендуемые размеры шрифтов для учебных чертежей представлены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Размеры шрифтов и их назначение на учебных чертежах

Размер шрифта, мм	Назначение
10	Обозначение чертежа в основной надписи (прямой шрифт). Наименование чертежа (наклонный). Обозначение сечений и разрезов (А–А, Б–Б и т.д.)
7	Обозначение чертежа в дополнительной графе (прямой перевернутый). Нанесение технических требований. Указание масштаба. <i>Допускается</i> для обозначения сечений и разрезов (А–А, Б–Б и т.д.). Наименование чертежа (при большом количестве слов). Нумерация позиций на сборочных чертежах
5	Нанесение размерных чисел. Написание литеры «У» в основной надписи. Обозначение номера учебной группы в основной надписи. <i>Допускается</i> для нанесения технических требований на чертеже (при большом количестве таковых)
3,5	Указание фамилий студента и преподавателя в основной надписи

На учебном чертеже при написании любого символа (буквы, цифры или знака) рекомендуется использовать разметку (сетку) (рис. 1.2), которая представляет собой габаритный прямоугольник (если шрифт прямой) или параллелограмм (если шрифт наклонный) с параметрами h , c , b , где h — высота прописных букв, мм; c — высота строчных букв, мм; b — ширина символа, мм.

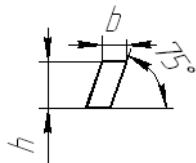


Рис. 1.2. Разметка для наклонного шрифта

Сетку рекомендуется выполнять сплошной тонкой линией и не стирать после написания символов.

1.1.5. Основная надпись

Каждый чертеж имеет основную надпись, помещаемую в правом нижнем углу формата (см. рис. 1.1). Для форматов А4 основная надпись по ширине занимает все внутреннее поле (см. рис. 1.1, а).

Формы, размеры, номенклатуру реквизитов и порядок заполнения основной надписи и дополнительных граф к ней в конструкторских документах, предусмотренных стандартами ЕСКД, устанавливает ГОСТ 2.104—2006 «Основные надписи».

Пример заполнения основной надписи приведен на рис. 1.3.

					041.023.003			
Изм	Лист	И докум.	Подп.	Дата	У	Лит	Масса	Масштаб
Разраб	Иванов							
Пров.	Петров				Лист		Листов 1	
Т.контр.					зр.04-101Б			
Н.контр								
Чтв	Петров							

Рис. 1.3. Пример заполнения основной надписи

Следует отметить, что в основной надписи чертежа обязательным является наличие подписи исполнителя.

1.1.6. Нанесение размеров

Правила нанесения размеров на чертежах изделий всех отраслей промышленности и строительства устанавливает ГОСТ 2.307—2011. Общее количество размеров должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия.

Линейные размеры на чертежах указывают в миллиметрах без обозначения единицы измерения, угловые — в градусах, минутах и секундах с обозначением единицы измерения. Для размеров, приводимых в технических требованиях и пояснительных надписях на поле чертежа, обязательно указывают единицы измерения.

При нанесении линейных размеров на чертеже необходимо руководствоваться рядом нормальных линейных размеров, установленных ГОСТ 6636—69. Размеры на чертежах указываются с помощью размерных чисел, размерных и выносных линий (рис. 1.4).

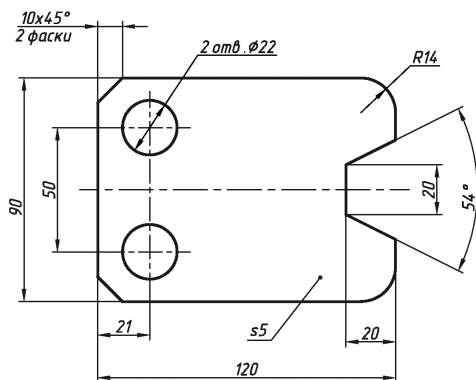


Рис. 1.4. Пример нанесения размеров на плоскую деталь

Размерную линию с обоих концов ограничивают стрелками. Длина стрелки — 5–6 мм, угол — $15\text{--}20^\circ$ (рис. 1.5, а). При недостатке места стрелки допускается заменять засечками, наносимыми под углом 45° к размерным линиям, или точками (рис. 1.5, б, в).

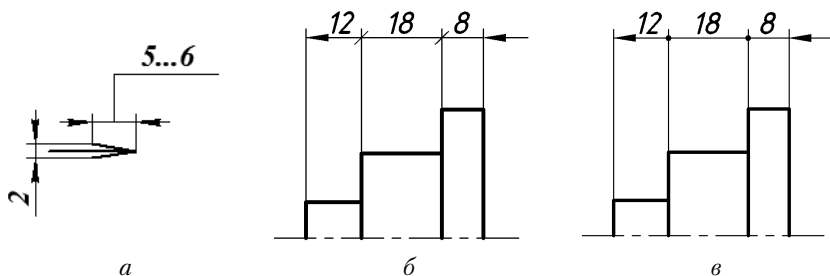


Рис. 1.5. Изображение стрелки на чертеже

Размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения. Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1–5 мм. Минимальное расстояние между параллельными размерными линиями должно быть 7 мм, а между размерной линией и линией контура — 10 мм. Необходимо избегать пересечения размерных линий какими-либо другими линиями.

Высота размерных чисел должна быть равна 5 мм. Шрифт наклонный. Размерное число следует размещать над размерной линией на высоте 1,5–2 мм вблизи ее середины или над полкой линии-выноски. Если размерные линии располагаются параллельно

или концентрично, то числа рекомендуется располагать в шахматном порядке.

При нанесении размера прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно этому отрезку, а выносные линии — перпендикулярно размерным. Допускается выносные линии выполнять наклонно (рис. 1.6). В этом случае размерная и выносные линии должны образовывать параллелограмм.

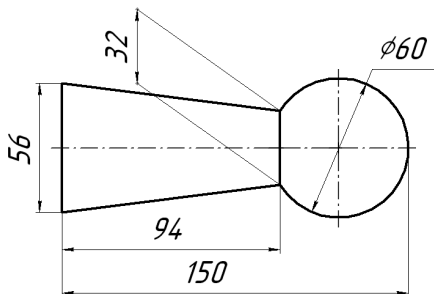


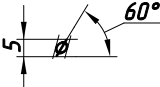
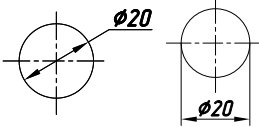

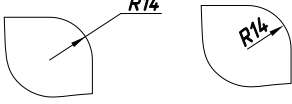
Рис. 1.6. Пример нанесения линейных размеров и диаметра

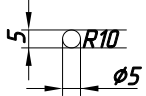
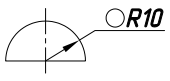
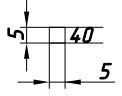
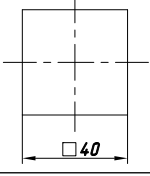

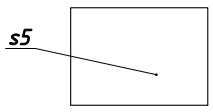
Размеры одинаковых отверстий наносят один раз, с указанием их количества (см. рис. 1.4). Размер угловых фасок (срезанная кромка под углом) наносят путем указания катета и угла. При наличии нескольких фасок указывают их количество (см. рис. 1.4).

Для облегчения понимания геометрической формы предмета, при нанесении размеров на его изображение применяют различные символы (табл. 1.4).

Таблица 1.4

Применение символов при нанесении размеров

Наименование символа	Изображение символа	Примеры нанесения на чертежах
Диаметр	Высота знака равна высоте размерных чисел 	Окружность диаметром 20 мм 
Радиус	Высота знака равна высоте размерных чисел 	Радиус скругления — 14 мм 

Наименование символа	Изображение символа	Примеры нанесения на чертежах
Сфера (применяется в случае, если на изображении трудно отличить сферу от других поверхностей)	Высота знака равна высоте размерных чисел 	Полусфера радиусом 10 мм 
Квадрат	Высота знака равна высоте размерных чисел 	Квадрат со стороной 40 мм 
Толщина изделия (для деталей из листовых материалов)	Указывается на полке линии-выноски, заканчивающейся точкой 	Толщина пластины – 5 мм 

Размеры, наносимые на чертеже, подразделяются на исполнительные и справочные. *Исполнительные (рабочие) размеры* используют при изготовлении изделия и его приемке (контроле). *Справочные размеры* не подлежат выполнению по данному чертежу: они указываются для большего удобства пользования чертежом. Справочные размеры отмечаются знаком «звездочка» (*). При наличии на чертеже справочных размеров в технических требованиях, расположенных над основной надписью на расстоянии не менее 10 мм, наклонным шрифтом размером 7 мм записывают: * *Размер для справок* или * *Размеры для справок*, если их несколько.

Вопросы и задания для самоконтроля

1.1. Какие основные форматы установлены ГОСТ 2.301–68? Как они образуются?

1.2. Заполните таблицу.

Обозначение формата	Размеры сторон формата, мм
A0	
A1	