

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра машиноведения, механики и инженерной графики**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.И. Луковникова

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА**

**Б1.Б.11**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**15.03.02 Технологические машины и оборудование**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Машины и оборудование лесного комплекса**

Программа академического бакалавриата

Квалификация выпускника: бакалавр

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</b> .....	3
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</b> .....	4
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	4
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....	4
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	5
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....	6
4.3 Лабораторные работы.....	58
4.4 Практические занятия.....	58
4.5 Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат .....	59
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	61
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b> .....	62
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	62
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	63
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	63
9.1 Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ .....	65
9.2 Методические указания по выполнению контрольной работы .....	80
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b> .....	80
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b> .....	80
<b>Приложение 1.</b> Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	81
<b>Приложение 2.</b> Аннотация рабочей программы дисциплины .....	86
<b>Приложение 3.</b> Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....	87
<b>Приложение 4.</b> Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....	

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

## Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к проектно-конструкторскому, виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

## Цель дисциплины

- развитие пространственного представления и воображения; конструктивно-геометрического мышления; способностей к анализу и синтезу пространственных форм и отношений на основе графических моделей пространства; выработка знаний, умений и навыков, необходимых для разработки и чтения машиностроительных чертежей различного назначения.

## Задачи дисциплины

- формирование у обучающегося системы знаний о способах получения определенных геометрических моделей пространства, основанных на ортогональном и центральном проецировании; умение решать задачи, связанные с пространственными формами и отношениями.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-2	владение достаточными для профессиональной деятельности навыками работы с персональным компьютером	<p><b>знать:</b> правила работы на персональном компьютере;</p> <p><b>уметь:</b> работать с персональным компьютером;</p> <p><b>владеть:</b> навыками работы с персональным компьютером.</p>
ПК-5	способность принимать участие в работах по расчету деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями использованием стандартных средств автоматизации проектирования	<p><b>знать:</b> способы задания точки, прямой, плоскости и многогранников на чертеже; позиционных и метрических задач; кривых линий; поверхностей вращения; линейчатых винтовых, циклических поверхностей; построение разверток поверхностей, касательных линий и плоскостей к поверхности; аксонометрических проекций; конструкторской документации; оформления чертежей; рабочих чертежей и эскизов деталей и машин; эксплуатационной документации;</p> <p><b>уметь:</b> выполнять графические построения деталей и узлов, использовать конструкторскую и технологическую документацию в объеме, достаточном для решения эксплуатационных задач;</p> <p><b>владеть:</b> способностью к конструктивно-геометрическому пространственному мышлению; навыками автоматизированного проектирования; навыками чтения конструкторской документации.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.Б.11 Инженерная графика относится к базовой.

Дисциплина Инженерная графика базируется на знаниях, полученных при изучении учебных дисциплин основных общеобразовательных программ.

Основываясь на изучении вышеперечисленных дисциплин, инженерная графика представляет основу для изучения дисциплин: детали машин и основы конструирования, основы конструирования лесных машин, теория и конструкция машин и оборудования лесного комплекса.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

## 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Контрольная работа	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Заочная	2	-	180	16	8	-	8	151	кр	Экзамен, зачет с оценкой
Заочная (ускоренное обучение)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по курсам, час
			2
1	2	3	4
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	16	4	16
Лекции (Лк)	8		8
Практические занятия (ПЗ)	8	4	8
Контрольная работа	+	-	+
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	151	-	151
Подготовка к практическим занятиям	85	-	85
Подготовка к экзамену	64	-	66

Выполнение контрольной работы		2	-	2
<b>III. Промежуточная аттестация</b>	экзамен, зачет с оценкой	13	-	13
Общая трудоемкость дисциплины	час.	180	-	180
	зач. ед.	5	-	5

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для заочной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоятельная работа обучающихся*
			лекции	практические занятия	
1	2	3	4	5	6
<b>1.</b>	<b>Начертательная геометрия</b>	<b>72</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>64</b>
1.1.	Метод проекций. Центральное и параллельное проецирование.	8,5	0,25	0,25	8
1.2.	Проецирование прямой линии	6,5	0,25	0,25	6
1.3.	Комплексный чертёж плоскости. Прямые и точки в плоскости.	9	0,5	0,5	8
1.4.	Главные позиционные задачи для прямой и плоскости, двух плоскостей	12	1	1	10
1.5.	Способы преобразования чертежа, замена плоскостей проекций, способ вращения.	8,5	0,25	0,25	8
1.6.	Поверхности.	9	0,5	0,5	8
1.7.	Пересечение поверхностей плоскостью и прямой, развёртки.	7	0,5	0,5	6
1.8.	Пересечение поверхностей. Метод секущих плоскостей и метод сфер.	7	0,5	0,5	6
1.9.	АксонOMETрические проекции.	4,5	0,25	0,25	4
<b>2.</b>	<b>Инженерная графика</b>	<b>44</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>40</b>
2.1.	Правила выполнения видов.	8,5	0,25	0,25	8
2.2.	Правила выполнения разрезов.	6,5	0,25	0,25	6
2.3.	Правила выполнения сечений.	4,5	0,25	0,25	4
2.4.	Изображение и обозначение резьбы.	4,5	0,25	0,25	4
2.5.	Изображение соединений деталей. Соединение болтом.	8,5	0,25	0,25	8
2.6.	Изображение соединений деталей. Соединение шпилькой.	7	0,5	0,5	6
2.7.	Изображение соединений деталей. Соединение винтом.	4,5	0,25	0,25	4
<b>3.</b>	<b>Компьютерная графика</b>	<b>51</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>47</b>
3.1.	Электронная конструкторская документация. Чертежи и	12	1	1	10

	модели изделий. Общие сведения.				
3.2.	Электронная модель и чертеж детали	13	0,5	0,5	12
3.3.	Электронная модель сборочной единицы. Сборочный чертеж.	26	0,5	0,5	25
	<b>ИТОГО</b>	<b>167</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>151</b>

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

### Алгоритм проведения интерактивного занятия в форме тренинга в малой группе:

#### 1. Подготовка к занятиям

Преподаватель знакомит обучающихся с тематикой предстоящих занятий заранее для того, чтобы они самостоятельно могли выбрать соответствующие темы в зависимости от профессиональных интересов каждого. Определившись с выбором темы обучающиеся подготавливают сообщения (доклады), форма которых определяется каждым обучающимся самостоятельно, например, слайд-презентация, видео- или раздаточный материал по теме.

#### 2. Вступление

Сообщается тема и цель занятия. Производится информирование участников о правилах и принципах работы в малой группе: быть активными, уважать мнения участников, быть доброжелательными, пунктуальными, ответственными, открытыми для взаимодействия, проявлять свою заинтересованность и способность придерживаться регламента.

#### 3. Основная часть

Обучающийся докладывает аудитории подготовленную им информацию со ссылками на нормативно-технические источники, на учебную и дополнительную литературу.

При этом у обучающихся в ходе обсуждения в малых группах развиваются аналитические способности, комплексное видение проблемы, толерантность к разным точкам зрения, что позволяет вовлечь в обсуждение менее активных участников тренинга.

#### 4. Заключение

Напоминание темы и цели занятия. Подведение итогов в виде фронтальной беседы и ответов на ключевые вопросы темы.

## Раздел 1. НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ

### Тема 1.1 Метод проекций. Центральное и параллельное проецирование. (0,25 часа)

В основе правил построения изображений, рассматриваемых в начертательной геометрии и применяемых в техническом черчении, лежит метод проекций (от латинского *proieciō* бросание вперед, вдаль). Изучение его начинают с построения проекции точки, так как при построении изображения любой пространственной формы объекта рассматривается ряд точек, принадлежащих этой форме. Проекцией фигуры называется совокупность проекций всех ее точек.

#### Центральное проецирование

При центральном проецировании (построении центральных проекций) задают плоскость проекций и центр проекций - точку, не лежащую в плоскости проекций. На рисунке 1.1 плоскость  $P$  - плоскость проекций, точка  $S$  - центр проекций.

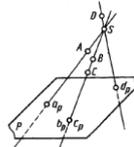


Рис. 1.1

Для проецирования произвольной точки через нее и центр проекций проводят прямую. Точка пересечения этой прямой с плоскостью проекций и является центральной проекцией заданной точки  $A$  на выбранной плоскости проекций. На рисунке 1.1 центральной проекцией точки  $A$  является точка пересечения прямой  $SA$  с плоскостью  $P$ . Также построены центральные проекции  $a_p, b_p, c_p, d_p$  точек  $A, B, C, D$  на плоскости  $P$ .

Прямые, проходящие через центр проекций  $P$  и проецируемые точки, называют проецирующими лучами.

Центральные проекции  $b_p$  и  $c_p$  двух различных точек  $B$  и  $C$  в пространстве, которые располагаются на одной проецирующей прямой, совпадают. Все множество точек пространства, принадлежащих одной проецирующей прямой, имеет при одном центре проецирования одну центральную проекцию на заданной плоскости проекта. Следовательно, при заданных плоскости проекций и центре проецирования одна точка в пространстве имеет одну центральную проекцию. Однако одна центральная проекция точки не позволяет однозначно определить положение точки в пространстве. Для обеспечения обратимости чертежа, т. е. однозначного определения положения точки в пространстве по ее проекции, нужны дополнительные условия, например, можно задать второй центр проекций. Центральным проецированием может быть построена проекция любой линии или поверхности как множество проекций всех ее точек (см. рис. 1.2, 1.3).

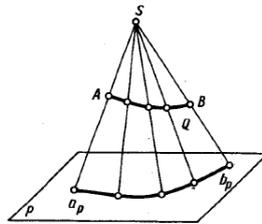


Рис. 1.2

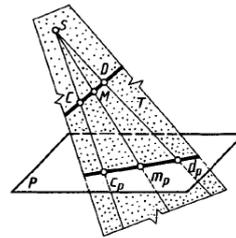


Рис. 1.3

При этом проецирующие прямые (в своей совокупности), проведенные через все точки кривой линии, образуют проецирующую коническую поверхность (рис. 1.2) или могут оказаться в одной плоскости (см. рис. 1.3), которая называется проецирующей.

Проекция кривой линии представляет собой линию пересечения проецирующей конической поверхности с плоскостью проекций. Так, на рисунке 1.2 проецирующая коническая поверхность пересекается с плоскостью проекций  $P$  по кривой  $a_p b_p$ , являющейся проекцией линии  $AB$ . Однако проекция линии не определяет проецируемую линию, так как на проецирующей поверхности может быть бесчисленное количество линий, проецирующихся в одну и ту же линию на плоскости проекций (рис. 1.4).

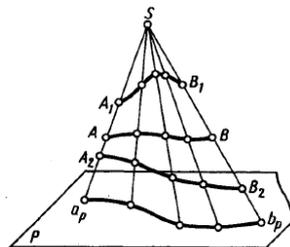


Рис. 1.4

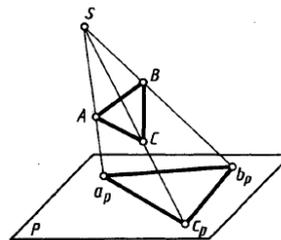


Рис. 1.5

При проецировании прямой линии, не проходящей через центр проекций, проецирующей поверхностью служит плоскость. Так, на рисунке 1.3 проецирующая плоскость  $T$ , образуемая проецирующими прямыми  $SC$  и  $SD$ , проходящими через точки  $C$  и  $B$  прямой, пересекает плоскость проекций  $P$  по прямой  $c_p d_p$ , которая и является проекцией прямой  $CD$ . Соответственно проекция  $m_p$  точки  $M$  прямой  $CD$  принадлежит и проекции  $c_p d_p$ .

Для построения проекций линий, поверхностей или тел часто достаточно построить проекции лишь некоторых характерных точек. Например, при построении на плоскости проекций  $P$  проекции треугольника  $ABC$  (рис. 1.5) достаточно построить проекции  $a_p, b_p, c_p$  трех его точек - вершин  $A, B, C$

*Свойства центрального проецирования.*

1. При центральном проецировании:

- а) точка проецируется в точку;
- б) прямая, не проходящая через центр проекций, проецируется в прямую

(проецирующая прямая - в точку);

в) плоская (двумерная) фигура, не принадлежащая проецирующей плоскости, проецируется в виде двумерной фигуры (фигуры, принадлежащие проецирующей плоскости, проецируются вместе с ней в виде прямой);

г) трехмерная фигура отображается двумерной.

2. Центральные проекции фигур сохраняют взаимную принадлежность, непрерывность и некоторые другие геометрические свойства.

3. При заданном центре проецирования проекции фигуры на параллельных плоскостях подобны.

4. Центральное проецирование устанавливает однозначное соответствие между фигурой и ее изображением, например изображения на киноэкране.

### Параллельное проецирование

Параллельное проецирование (рис. 1.6) можно рассматривать как частный случай центрального проецирования, при котором центр проекций удален в бесконечность ( $S_{\infty}$ ). При параллельном проецировании применяют пара/тельные проецирующие прямые, проведенные в заданном направлении относительно плоскости проекций. Если направление проецирования перпендикулярно плоскости проекций, то проекции называют прямоугольными или ортогональными, в остальных случаях - косоугольными (на рис. 1.6 направление проецирования указано стрелкой под углом  $\alpha \neq 90^\circ$  к плоскости проекций P).

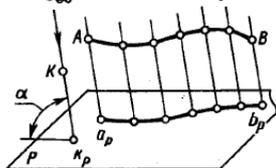


Рис. 1.6

При параллельном проецировании сохраняются все свойства центрального проецирования, а также возникают следующие новые свойства.

1. Параллельные проекции взаимно параллельных прямых параллельны, а отношение длин отрезков таких прямых равно отношению длин их проекций. Если прямые MN и KL (рис.1.7) параллельны, то проецирующие плоскости Q и T параллельны, так как пересекающиеся прямые в этих плоскостях взаимно параллельны.

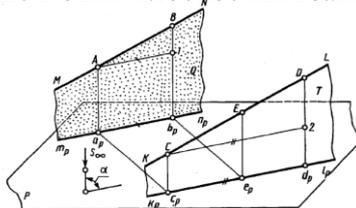


Рис. 1.7

Из рассмотренного следует, что если длина отрезка прямой делится точкой в каком-либо отношении, то и длина проекции отрезка делится проекцией этой точки в том же отношении (рис. 1.8):

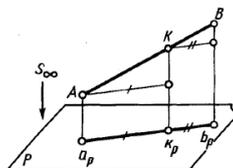


Рис. 1.8

2. Плоская фигура, параллельная плоскости проекций, проецируется при параллельном проецировании на эту плоскость в такую же фигуру.

3. Параллельный перенос фигуры в пространстве или плоскости проекций не изменяет вида и размеров проекции фигуры.

Параллельные проекции, как и центральные, при одном центре проекций, также не обеспечивают обратимости чертежа. Применяя приемы параллельного проецирования точки и линии, можно строить параллельные проекции поверхности и тела. Параллельные проекции применяют для построения наглядных изображений различных технических устройств и их деталей, например аксонометрических проекций.

### *Прямоугольное проецирование*

Частный случай параллельного проецирования, при котором направление проецирования перпендикулярно плоскости проекций, называют прямоугольным или ортогональным проецированием. Прямоугольной (ортогональной) проекцией точки называют основание перпендикуляра, проведенного из точки на плоскость проекций. Прямоугольная проекция  $\langle 1, \text{ точки } 1 \rangle$  показана на рисунке 1.9.

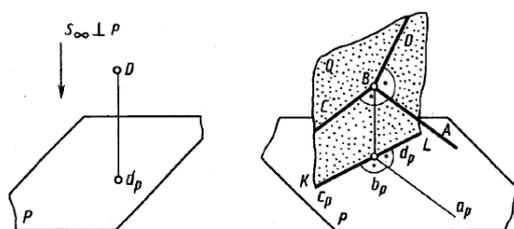


Рис. 1.9

Наряду со свойствами параллельных (косоугольных) проекций ортогональное проецирование имеет следующее свойство: ортогональные проекции двух взаимно перпендикулярных прямых, одна из которых параллельна плоскости проекций, а другая не перпендикулярна ей, взаимно перпендикулярны Рис. 1.10.

Рассмотрим доказательство этого свойства.

Проецирующая прямая  $v_{рв}$  перпендикулярна плоскости проекций  $P$  и прямой  $BA$ . Прямая  $BA$  перпендикулярна плоскости  $Q$ , так как прямая  $BA$  перпендикулярна двум пересекающимся прямым этой плоскости ( $\angle ABC = 90^\circ$  - по условию,  $\angle ABv_{рв} = 90^\circ$  - по построению). Проекция  $b_{рар}$  перпендикулярна плоскости  $Q$ , так как  $b_{рар} \parallel (BA)$ . Следовательно, проекция плоскости  $Q$  на плоскости  $P$  - прямая  $KL$  перпендикулярна проекции  $b_{рар}$ . Но с прямой  $KL$ , совпадает проекция  $b_{рср}$ , то есть  $\angle a_{рв}b_{рср} = 90^\circ$ . Что и требовалось доказать.

Ортогональное проецирование имеет ряд преимуществ перед центральным и косоугольным параллельным проецированием. К ним, в первую очередь, относятся простота геометрических построений ортогональных проекций точек и сохранение на проекциях при определенных условиях формы и размеров проецируемой фигуры. Указанные преимущества обеспечили применение ортогонального проецирования для разработки чертежей во всех отраслях промышленности и в строительстве.

### *Проецирование на две взаимноперпендикулярные плоскости проекций*

Обратимость чертежа может быть обеспечена проецированием на две не параллельные плоскости проекций. Французский геометр Гаспар Монж в качестве таких плоскостей предложил взять две взаимноперпендикулярные, учитывая при этом, что проецирование параллельное ортогональное. Для удобства проецирования в качестве двух, плоскостей проекций выбирают две взаимно перпендикулярные плоскости (рис. 1.11). Одну из них принято располагать горизонтально ее называют горизонтальной плоскостью проекций  $H$  (или  $\Pi_1$ ), другую вертикально. Вертикальную плоскость называют фронтальной плоскостью проекций  $V$  (или  $\Pi_2$ ). Эти плоскости проекций пересекаются по линии, называемой осью проекций. Ось проекций разделяет каждую из плоскостей проекций на две полуплоскости.

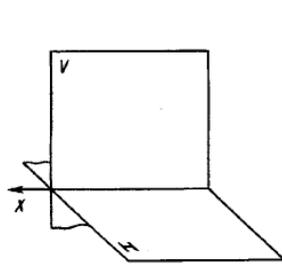


Рис. 1.11

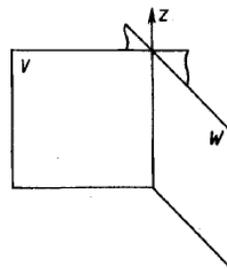


Рис. 1.12

В промышленности чертежи многих деталей выполняют также в системе двух взаимно перпендикулярных плоскостей, пересекающихся по вертикальной оси проекций (рис. 1.12). При этом фронтальной плоскостью проекций оставляют также плоскость  $V$  (или  $\Pi_2$ ), а перпендикулярную к ней и обозначаемую  $W$  (или  $\Pi_3$ ) называют профильной плоскостью проекций.

В системе двух взаимно перпендикулярных плоскостей проекций  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  горизонтальной проекцией точки  $A_1$  называют прямоугольную проекцию точки на горизонтальной плоскости проекций; фронтальной проекцией точки называют  $A_2$  прямоугольную проекцию точки на фронтальной плоскости проекций.

Наглядное изображение построения проекций произвольной точки  $A$  в системе  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  показано на рисунке 1.13. Горизонтальную проекцию, обозначенную  $A_1$ , находят как пересечение перпендикуляра, проведенного из точки  $A$  к плоскости  $\Pi_1$ , с этой плоскостью. Фронтальную проекцию, обозначенную  $A_2$ , находят как пересечение перпендикуляра, проведенного из точки  $A$  к плоскости  $\Pi_2$ , с этой плоскостью.

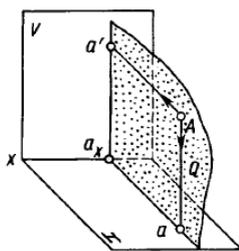


Рис. 1.13

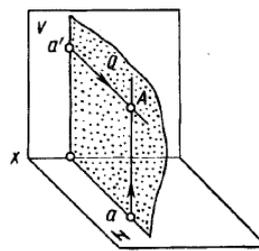


Рис. 1.14

Проецирующие прямые  $Aa_1$  и  $Aa_2$ , перпендикулярные к плоскостям  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ , принадлежат плоскости  $Q$ . Она перпендикулярна плоскостям проекций и пересекает ось проекций в точке  $a_x$ . Три взаимно перпендикулярные плоскости  $Q$ ,  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$  пересекаются по взаимноперпендикулярным прямым, т. е. прямые  $a_1a_x$ ,  $a_xa_2$  и ось  $x$  взаимно перпендикулярны.

Построение некоторой точки  $A$  в пространстве по двум заданным ее проекциям фронтальной  $A_2$  и горизонтальной  $A_1$  показано на рисунке 1.14. Точку  $A$  находят на пересечении перпендикуляров, проведенных из проекции  $A_2$  к плоскости  $\Pi_2$  и из проекции  $A_1$  к плоскости  $\Pi_1$ . Проведенные перпендикуляры принадлежат одной плоскости  $Q$ , перпендикулярной к плоскостям и пересекаются в единственной искомой точке  $A$  пространства. Таким образом, две прямоугольные проекции точки вполне определяют ее положение в пространстве относительно данной системы взаимно перпендикулярных плоскостей проекций.

В дальнейшем прямоугольные проекции точки в системе взаимно перпендикулярных плоскостей проекций будем называть ортогональными проекциями точки. Рассмотренное наглядное изображение точки в системе  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$  неудобно ввиду своей сложности для целей черчения. Преобразуем его так, чтобы горизонтальная плоскость проекций совпала с фронтальной плоскостью проекций, образуя одну плоскость чертежа. Это преобразование

осуществляют (рис. 1.15) путем поворота вокруг оси  $x$  плоскости  $\Pi_2$  на угол  $90^\circ$  вниз.

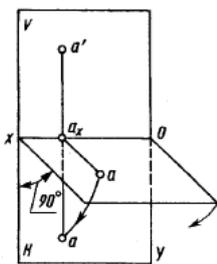


Рис. 1.15

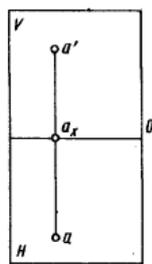


Рис. 1.16

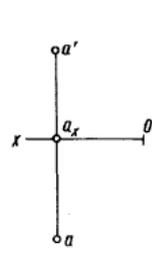


Рис. 1.17

При этом отрезки  $a'ax$  и  $axa$  и образуют один отрезок  $a'a$ , перпендикулярный оси проекции, называемый линией связи. В результате указанного совмещения плоскостей  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  получается чертеж рисунок 1.16, известный под названием эпюр (от французского epure - чертеж, проект) или эпюр Монжа. Этот чертеж в системе  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ , (или в системе двух прямоугольных проекций) называют двухкартинным чертежом Монжа. Без обозначения плоскостей  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  этот чертеж приведен на рис. 1.17.

### Проецирование на три взаимноперпендикулярные плоскости проекций

Для полного выявления наружных и внутренних форм сложных деталей и их соединений, для решения ряда задач бывает необходимо три и даже более изображений. Поэтому вводят три и более плоскостей проекций.

Введем в систему  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  третью вертикальную плоскость проекций (рис. 1.18), перпендикулярную к оси  $x$  и соответственно к фронтальной и горизонтальной плоскостям проекций. Ее называют профильной плоскостью проекций и обозначают  $\Pi_3$  (см. также рис. 1.12).

В этой системе оси проекций  $z$  и  $y$  являются линиями пересечения профильной плоскости проекций с фронтальной и горизонтальной. Точка  $O$  - пересечение всех трех осей проекций. Схема совмещения трех взаимно перпендикулярных плоскостей проекций в одну плоскость чертежа показана на рисунке 1.19. При этом ось  $y$  занимает два положения. Наглядное изображение некоторой точки  $A$  и ее проекций  $A_1 A_2 A_3$  в системе  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$  на рисунке 1.20, ее чертеж – на рисунке 1.21. Профильной проекцией точки называется прямоугольная проекция точки на профильной плоскости проекций (например, проекция  $A_3$  на рис. 1.21).

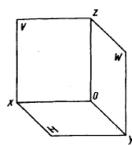


Рис. 1.18

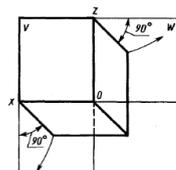
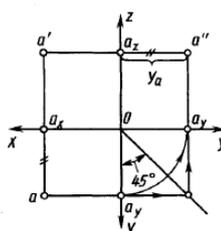
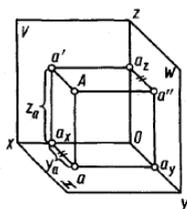


Рис. 1.19

Фронтальная и профильная проекции точки лежат на одной линии связи, перпендикулярной оси. Профильную проекцию точки строят несколькими способами (рис. 1.21). Через фронтальную проекцию проводят линию связи, перпендикулярную к оси и от оси отмечают координату  $y$  (отрезок  $aa_x$ ). Это построение можно выполнить также с помощью дуги окружности, проведенной из центра  $O$ , или с помощью прямой, проведенной под углом  $45^\circ$  к оси  $y$ . Первый из указанных способов предпочтителен как более точный.



**Тема 1.2. Проецирование прямой линии. (0,25 часа)**

Наглядное изображение отрезка АВ прямой и его ортогонального проецирования на плоскость Р показано на рисунке 1.22. Рассмотрим ортогональное проецирование отрезка АВ с учетом свойств параллельного проецирования (1.2). Параллельные проецирующие прямые  $A_p$  и  $B_p$ , проведенные из точек А и В прямой, образуют проецирующую плоскость пересекающуюся с плоскостью проекций Р. Линия пересечения плоскостей Р и Q проходит через проекции  $a_p$  и  $b_p$  точек А и В на плоскости проекций Р. Эта линия и является единственной проекцией прямой на плоскости проекций Р.

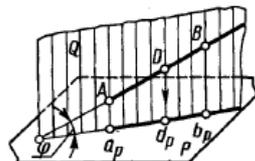


Рис. 1.22

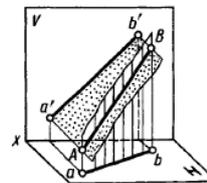


Рис. 1.23

Между длинами отрезка АВ прямой и его проекции  $a_p b_p$  имеется зависимость  $|a_p b_p| = |AB| \cos \varphi$ , где  $\varphi$  – угол между отрезком и плоскостью проекций. При  $\varphi = 0$  отрезок проецируется в натуральную величину;  $\varphi = 90^\circ$  отрезок проецируется в точку. В остальных случаях длина проекции отрезка меньше длины самого отрезка. Наглядное изображение проецирования отрезка АВ прямой на две плоскости проекций в системе  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ , показано на рисунке 1.22, чертеж – на рисунке 1.23.

Если какая-либо точка принадлежит прямой, то ее проекция принадлежит проекции этой прямой. Например, точка D (см. рис. 1.24) принадлежит прямой АВ, ее проекция  $d_p$  принадлежит  $a_p b_p$ .

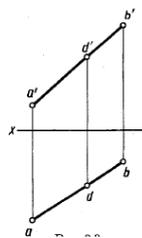


Рис. 1.24

*Деление отрезка прямой линии в заданном отношении*

Если точка на отрезке делит его длину в данном отношении, то проекция точки делит длину одноименной проекции отрезка в том же отношении. Например, на рисунке 2.1 отношение  $AB : DB = a_p d_p : d_p b_p$ . Для рисунка 1.24 – отношения  $a' d' : d' b' = ad : db$ . Пример построения на чертеже проекций  $k'$  и точки  $k$ , делящей отрезок с проекциями  $a' b'$  в отношении 1:3, показан на рисунке 1.25.

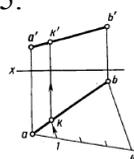


Рис. 1.25

*Положение прямой линии относительно плоскостей проекций и особые случаи  
положения прямой*

По положению относительно плоскостей проекций  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$  прямые разделяют на две группы: общего и частного положения.

Прямую, не параллельную, а следовательно не перпендикулярную плоскостям проекций, называют прямой *общего положения* (см. рис. 1.24, 1.25).

К прямым частного положения относятся прямые параллельные одной из плоскостей проекций – *линии уровня* и перпендикулярные одной из плоскостей проекций – *проецирующие прямые*.

На рисунке 1.26 приведены наглядные изображения и чертежи прямых уровня – параллельных одной из плоскостей проекций.

- *горизонтальная прямая* – параллельна горизонтальной плоскости проекций  $\Pi_1(H)$ ; фронтальная проекция  $AB$  параллельна оси  $x$ ; длина горизонтальной проекции отрезка равна длине самого отрезка  $|ab| = |AB|$ ; угол  $\perp \beta$ , образованный горизонтальной проекцией и осью проекций, равен углу наклона прямой к фронтальной плоскости проекций рис. 2.5, а;

- *фронтальная прямая* – параллельна фронтальной плоскости проекций  $\Pi_2(V)$ ; горизонтальная проекция  $CD$  параллельна оси  $x$ , длина фронтальной проекции отрезка равна длине самого отрезка  $|c'd'| = |CD|$ ; угол  $\perp \alpha$ , образованный фронтальной проекцией и осью проекций, равен углу наклона прямой к горизонтальной плоскости проекций рис. 2.5, б;

- *профильная прямая* – параллельна профильной плоскости проекций  $\Pi_3(W)$ ; длина профильной проекции отрезка равна длине самого отрезка  $|e''f''| = |EF|$  рис. 2.5, в.

Углы  $\beta$  и  $\alpha$ , образованные профильной проекцией с осями  $z$  и  $y$ , равны углам наклона прямой к фронтальной и горизонтальной плоскостям проекций соответственно.

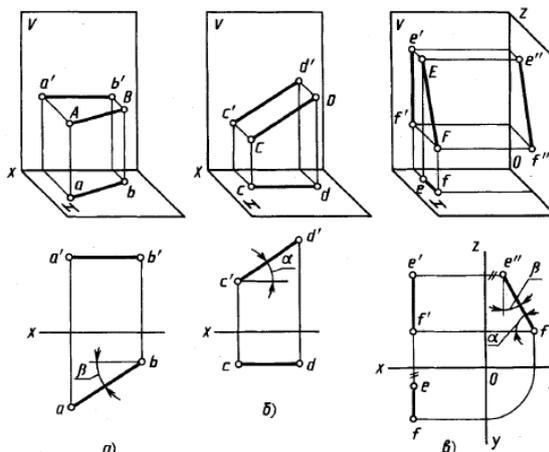


Рис. 1.26

На рисунке 1.27. приведены чертежи отрезков прямых, перпендикулярных плоскостям проекций;

а) прямая перпендикулярна плоскости  $\Pi_2(H)$ , ее проекция  $a'b'$  перпендикулярна оси  $x$ , проекции  $a$  и  $b$  совпадают;

б) прямая перпендикулярна плоскости  $\Pi_3(V)$ , ее проекция  $ef$  перпендикулярна оси  $x$ , проекции  $e'$   $f'$  совпадают;

в) прямая перпендикулярна плоскости  $W$  ее проекции  $e'd'$  и  $ed$  параллельны оси  $x$ , проекция  $e'$  и  $d'$  совпадают.

Эти прямые называют проецирующими.

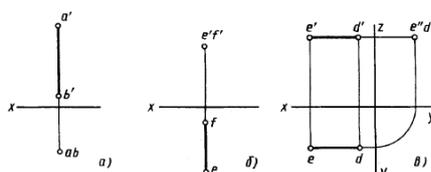


Рис. 1.27

*Определение натуральной величины отрезка прямой общего положения и углов его наклона к плоскостям проекций*

Натуральную величину отрезка прямой общего положения определяют как гипотенузу прямоугольного треугольника, одним из катетов которого является горизонтальная (фронтальная) проекция отрезка, другим - разность координат концов отрезка до горизонтальной (фронтальной) плоскости проекций.

Угол между прямой и плоскостью проекций определяется как угол между прямой и ее проекцией на эту плоскость. На рисунке 1.28. таким углом между прямой BC и плоскостью  $\Pi_2(H)$  является угол  $\alpha$  ( $\perp VMb$ ). Угол  $\alpha$  равен углу CB-1, так как одна сторона MC общая, а две другие B-1 и MC параллельны. Величину угла  $\alpha$  определяют из того же треугольника CB-1, что и натуральную величину отрезка BC. На рисунке 1.29 угол  $\beta$  наклона прямой к фронтальной плоскости проекций определяется из треугольника  $b^{\bar{c}}V$ .

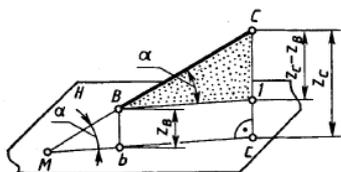


Рис. 1.28

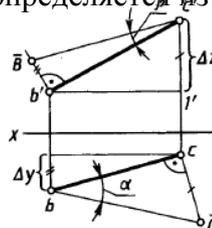


Рис. 1.29

*Взаимное положение прямых*

Как известно, прямые в пространстве могут быть пересекающимися, параллельными или скрещивающимися. Рассмотрим эти случаи.

*Пересекающиеся прямые.* Наглядное изображение двух прямых AB и CD, пересекающихся в точке K, приведено на рисунке 1.30 их чертеж в системе  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  - на рисунке 1.31. Если прямые пересекаются, то их одноименные проекции пересекаются между собой, а проекции точек пересечения лежат на одной линии связи.

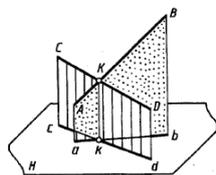


Рис. 1.30

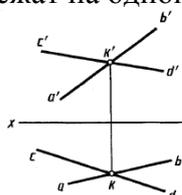


Рис. 1.31

Для прямых, кроме профильных, в системе  $\Pi_1, \Pi_2$  справедливо и обратное утверждение:

если в системе  $\Pi_1, \Pi_2$  точки пересечения одноименных проекций прямых, кроме профильных, лежат на одной линии связи, то прямые пересекаются.

Если в системе  $\Pi_1, \Pi_2$  одна из рассматриваемых прямых профильная, то, чтобы ответить на вопрос, пересекаются ли прямые, следует построить их профильные проекции.

*Параллельные прямые.* Если в пространстве прямые параллельны, то их одноименные проекции параллельны между собой. Действительно (Рис. 1.30), проецирующие плоскости R и Q, проведенные через параллельные прямые AB и CD, параллельны между собой. С плоскостью проекций  $\Pi_1$  они пересекаются по параллельным прямым ab и cd - проекциям прямых AB и CD на плоскости  $\Pi_1$ .

Однако необходимо отметить, что из параллельности проекций не всегда следует параллельность прямых. В примере на рисунке 1.33 проекции  $a^{\bar{b}}, e^{\bar{f}}, ab, ef$  профильных прямых AB и EF между собой параллельны. Но из взаимного положения их профильных проекций видно, что сами прямые не параллельны.

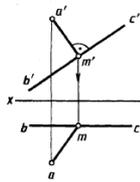


Рис. 1.32

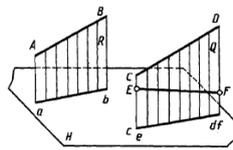


Рис. 1.33

Для прямых общего положения эти условия параллельности следующие: если одноименные проекции прямых общего положения параллельны в системе двух плоскостей проекций, то прямые параллельны (рис. 1.34).

Для прямых частного положения:

если одноименные проекции прямых параллельны одной из осей проекций, то прямые параллельны при условии параллельности одноименных проекций на той плоскости проекций, которой параллельны прямые.

По рисунку 1.35 можно сделать вывод о том, что профильные прямые 5-6 и 7-8 параллельны, так как параллельны их профильные проекции  $5''6''$  и  $7''8''$ .

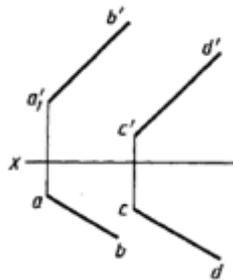


Рис. 1.34

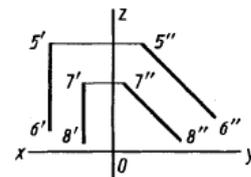


Рис. 1.35

**Скрещивающиеся прямые.** Скрещивающиеся прямые не имеют общих точек. Наглядное изображение двух скрещивающихся прямых АВ и CD общего положения приведено на рисунке 1.36, их чертеж - на рисунке 1.37. С точкой пересечения одноименных проекций  $ab$  и  $cd$  (рис. 2.22) совпадают проекции  $k$  и  $l$  двух точек  $K$  и  $L$ , принадлежащих различным прямым  $CD$  и  $AB$ . Точки пересечения одноименных проекций скрещивающихся прямых не лежат на одной линии связи. Интересен вопрос: какая из изображенных на чертеже прямых выше другой или ближе другой к наблюдателю? Это определяют путем анализа положения определенных точек этих прямых.

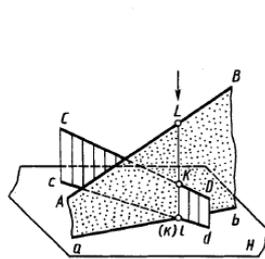


Рис. 1.36

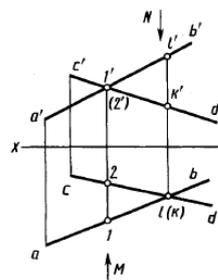


Рис. 1.37

На рисунке 1.36 видно, что при взгляде сверху по указанной стрелке точка  $L$  на прямой  $AB$  закрывает точку  $K$  (проекция точки  $K$  на плоскости  $\Pi_1$  показана поэтому в скобках). Соответственно и на чертеже, приведенном на рисунке 1.37, видно, что фронтальная проекция  $l'$  выше фронтальной проекции  $k'$ , и при взгляде сверху по стрелке  $N$  при проецировании на плоскость  $\Pi_1$  точка  $L$  закрывает точку  $K$  (горизонтальная проекция  $k$  показана в скобках). На плоскости  $\Pi_2$  совпадают фронтальные проекции  $l'$  и  $2'$  точек прямых  $AB$  и  $CD$ . При взгляде спереди по стрелке  $M$  видно, что точка  $1$  прямой  $AB$  находится ближе к наблюдателю и при проецировании на плоскость  $\Pi_2$  точка  $1$  прямой  $AB$  закрывает точку  $2$  прямой  $CD$  (фронтальная проекция  $2'$  точки  $2$  показана в скобках).

Рассмотренные точки скрещивающихся прямых, проекции которых на одной из плоскостей совпадают, в литературе иногда называют конкурирующими точками.

### Тема 1.3. Комплексный чертеж плоскости. Прямые и точки в плоскости. (0,5 часа)

Плоскость относят к линейчатым поверхностям, которые образуются при перемещении в пространстве прямой линии. Плоскость на чертеже может быть задана проекциями геометрических элементов, определяющих её положение в пространстве. Совокупность таких геометрических элементов (параметров), выделяющих данную плоскость из всего ряда плоскостей, которому она принадлежит называется её *определителем*.

#### Способы задания плоскости на чертеже

На комплексном чертеже используются различные варианты задания плоскости, в основе которых лежит задание проекций трех ее точек – основной определитель плоскости  $\Delta(ABC)$  (рис. 1.38, а).

Если через две точки провести прямую  $l$ , то плоскость будет задана прямой и не лежащей на ней точкой  $\alpha$  ( $B, l$ ) (рис. 1.38, б).

Возможно через точку  $B$  провести прямую  $d \parallel l$ , тогда плоскость будет задана параллельными прямыми  $\beta$  ( $d \parallel l$ ) (рис. 1.38, в).

Проведем  $AB \subset b$  и  $BC \subset k$  в этом случае определителем плоскости являются пересекающиеся прямые  $\Sigma$  ( $b \cap k$ ) (рис. 1.38, г).

На рис. 1.38, д показана плоскость заданная проекциями плоской фигуры.

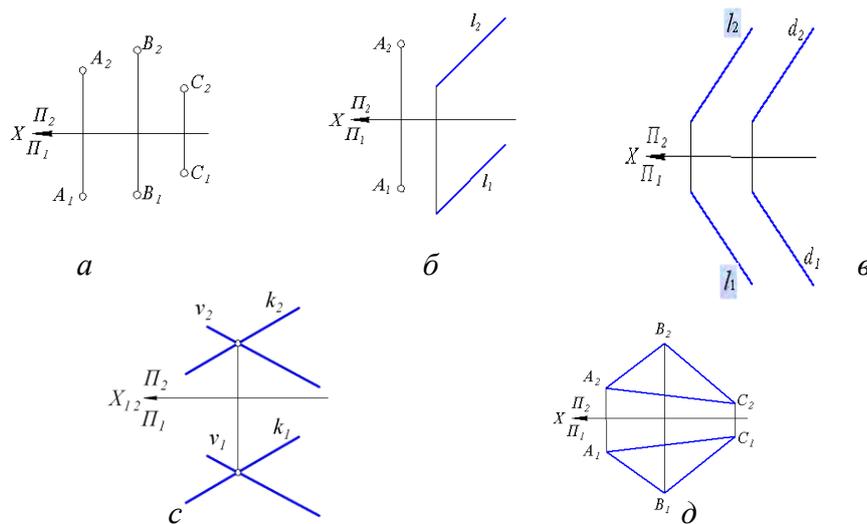


Рис. 1.38 Способы задания плоскости на комплексном чертеже

#### Следы плоскости

Плоскость может быть изображена на комплексном чертеже при помощи прямых линий, по которым она пересекает плоскости проекций  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$ . Эти прямые называются следами плоскости.

На рис. 1.39, а показана плоскость  $\beta$ , которая пересекает плоскости проекций по прямым линиям  $f_{\beta}^0, h_{\beta}^0, p_{\beta}^0$ . Линия  $h_{\beta}^0 = \beta \cap \Pi_1$  называется горизонтальным следом плоскости  $\beta$  или горизонталью нулевого уровня. Фронтальная проекция  $h_{\beta}^0$  горизонтального следа всегда совпадает с осью проекций  $OX$ .

Линия  $f_{\beta}^0 = \beta \cap \Pi_2$  называется фронтальным следом плоскости  $\beta$  или фронталью нулевого уровня. Горизонтальная проекция  $f_{\beta}^0$  фронтального следа совпадает с осью проекций  $OX$ .

Точки  $X_\beta, Y_\beta, Z_\beta$  называются точками схода следов. Эти точки всегда принадлежат осям проекций. По точкам схода следов  $Y_\beta$  и  $Z_\beta$  возможно построение профильного следа плоскости  $\beta$  – линии  $p^0 = \beta \cap \Pi_3$ .

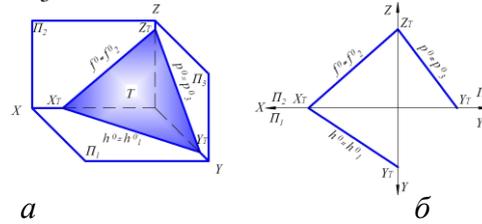


Рис. 1.39

Плоскость  $\beta$  не параллельна и не перпендикулярна ни одной из плоскостей проекций (углы наклона этой плоскости к плоскостям проекций отличны от  $0$  и  $90^\circ$ ). Такая плоскость называется плоскостью общего положения. Из чертежа на рис. 1.39, б видно, что на эюре Монжа следы плоскости общего положения составляют с координатными осями также произвольные углы.

### Построение следов плоскости

Если плоскость задана на чертеже не следами, а одним из перечисленных выше способов, то при необходимости следы плоскости могут быть построены.

Построение следов плоскости основано на построении следов двух прямых, принадлежащих плоскости, а именно следы плоскости должны проходить через одноименные следы прямых, лежащих в плоскости.

На рис. 1.40 плоскость задана двумя пересекающимися прямыми  $AB$  и  $SK$ . Чтобы построить горизонтальный след плоскости  $h^0$  необходимо найти горизонтальный след прямой  $AB$  – точку  $M_1$  и горизонтальный след прямой  $SK$  – точку  $M_1'$ . Горизонтальный след плоскости будет проходить через точки  $M$  и  $M'$ .

Аналогично, находим фронтальные следы прямых  $AB$  – точку  $N_2$  и  $SK$  – точку  $N_2'$  и через них проводим фронтальный след плоскости  $f^0$ .

Следует отметить, что для построения следа  $f^0$  достаточно иметь фронтальный след только одной прямой, так как второй точкой, определяющей положение следа  $f^0$  будет точка  $X_\beta$  схода следов (точка пересечения ранее построенного следа  $h^0$  с осью  $x$ ).

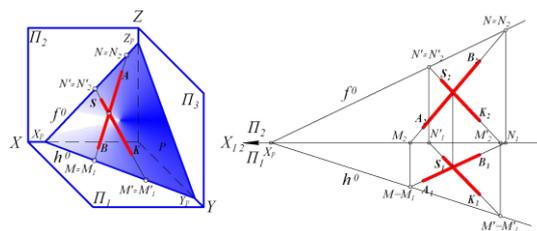


Рис. 1.40

На рис. 1.41 плоскость  $E$  задана линиями уровня. Так как следы плоскости представляют собой предельное положение линии уровня, т.е. такое положение при котором она принадлежит плоскости проекций, следовательно, следы плоскости параллельны одноимённым линиям уровня. На чертеже одноимённые проекции следов такой плоскости будут расположены параллельно одноимённым проекциям горизонтальной и фронтальной прямой плоскости.

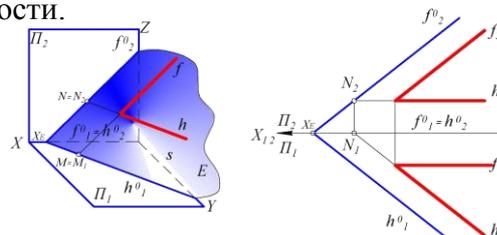


Рис. 1.41

Для построения проекций следов плоскости определяем проекции фронтального следа горизонтали (или фронтали). Далее через фронтальную проекцию фронтального следа горизонтали проводим  $f^{\circ_2}$  параллельно  $f_2$  и в пересечении с осью  $OX$  получаем точку схода следов  $X_E$ , через которую проводим горизонтальную проекцию горизонтального следа  $h^{\circ_1}$  параллельно  $h_1$ .

*Построение прямой линии в плоскости общего положения*

Построение на чертеже прямой линии, принадлежащей плоскости основано на двух положениях известных из геометрии.

а) Прямая принадлежит плоскости, если она проходит через две точки, принадлежащие плоскости ( $a \supset 1$ ;  $a \supset 2$ ;  $1 \in \Sigma$  ( $k \parallel d$ );  $2 \in \Sigma \Rightarrow a \subset \Sigma$ , Рис. 1.42, а)

б) Прямая принадлежит плоскости, если она проходит через одну точку плоскости, но параллельно прямой, лежащей в этой плоскости ( $NB \supset N$ ;  $NB \parallel KF$ ;  $N \in \Delta$  ( $N, K, F$ );  $KF \subset \Delta \Rightarrow NB \subset \Delta$ , Рис. 1.42, б).

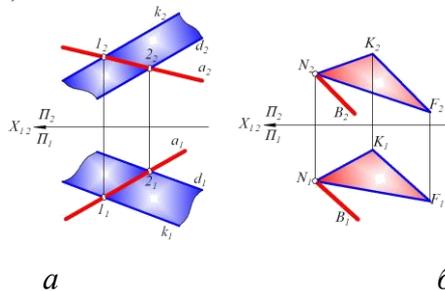


Рис. 1.42

Рассмотрим случай принадлежности прямой плоскости, когда плоскость задана следами. Тогда согласно сформулированному выше первому положению, прямая принадлежит плоскости, если одноимённые следы этой прямой принадлежат одноимённым следам плоскости (Рис. 1.43, а) и согласно второму положению прямая принадлежит плоскости, если она параллельна одному из следов этой плоскости и имеет с другим следом общую точку (Рис. 1.43, б)

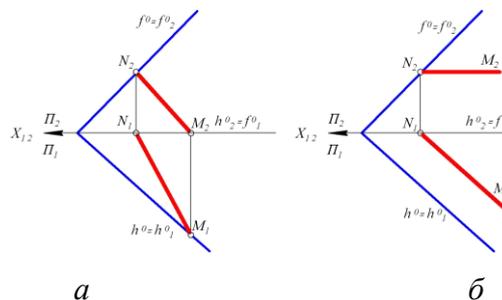


Рис. 1.43

К числу главных линий плоскости относятся: горизонталь, фронталь, профильная прямая и линия наибольшего наклона плоскости (линия ската).

Горизонталь – это прямая, лежащая в плоскости и параллельная плоскости проекций  $\Pi_1$  ( $h \subset \Sigma$ ,  $h \parallel \Pi_1$ , Рис. 1.44, а). Фронталь – это прямая, лежащая в плоскости и параллельная плоскости проекций  $\Pi_2$  ( $f \subset \Sigma$ ,  $f \parallel \Pi_2$ , Рис. 1.44, б). Профильная прямая – прямая, лежащая в плоскости и параллельная плоскости проекций  $\Pi_3$  ( $p \subset \Sigma$ ,  $p \parallel \Pi_3$ , Рис. 1.44, в).

На рис. 1.44, г представлено наглядное изображение прямых  $h$ ,  $f$ , и  $p$  принадлежащих плоскости общего положения  $\Sigma$ . Линиями наибольшего наклона плоскости к плоскостям проекций  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$ ,  $\Pi_3$  называются прямые лежащие в ней и перпендикулярные или к горизонталям плоскости, или к её фронталям, или к её профильным прямым (Рис. 1.44, д)

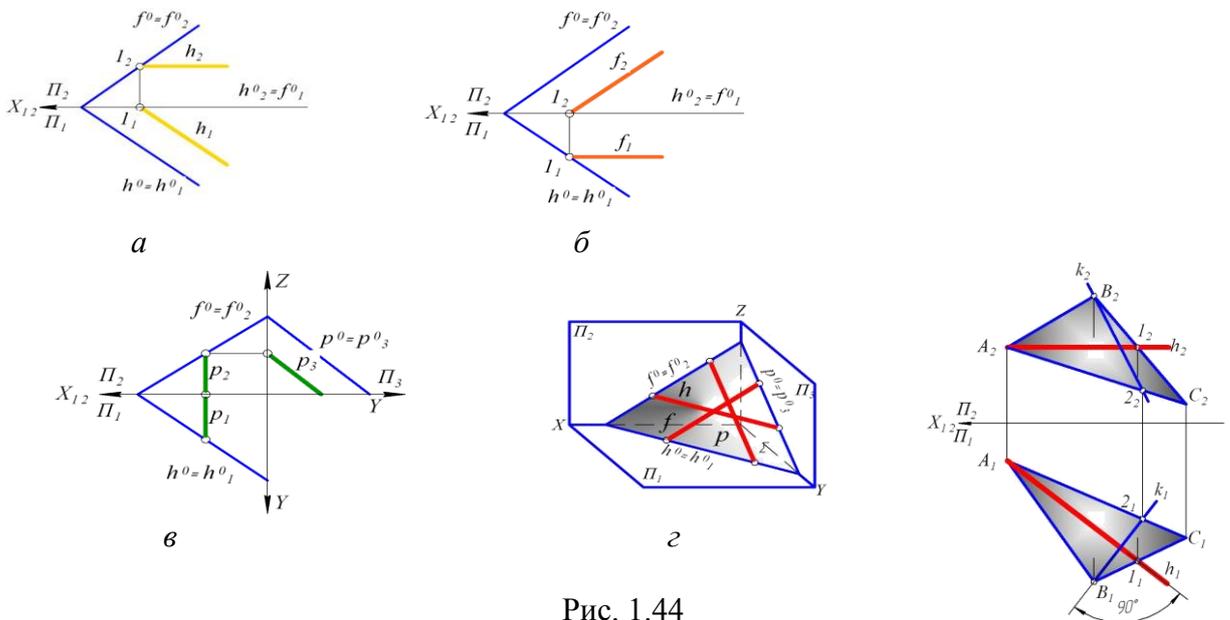


Рис. 1.44

*Принадлежность точки плоскости общего положения*

Задача на определение принадлежности точки плоскости называется основной позиционной задачей, имеющей три формулировки:

а) Построение проекций произвольной точки, принадлежащей плоскости.

Задана плоскость  $\Lambda(S, m)$ . Необходимо построить проекции  $D_1$  и  $D_2$  произвольной точки  $D$ , принадлежащей этой плоскости. При этом точка считается произвольной, если не принадлежит геометрическому образу, задающему плоскость ( $D \notin m$ ).

Для построения точки в плоскости в ней проводят вспомогательную прямую, на которой отмечают точку, следовательно, точка принадлежит плоскости, если принадлежит прямой, лежащей в этой плоскости ( $D \in b; b \subset \Lambda(S, m)$ ). Графический алгоритм решения задачи приведён на рис. 1.45, а, б, в.

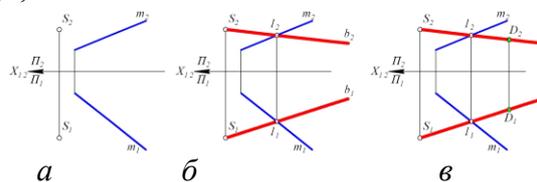


Рис. 1.45

б) Построение недостающей проекции точки, принадлежащей плоскости.

Заданы плоскость  $\Phi(a \cap b)$  и проекция  $K_2$  точки  $K$ , принадлежащей плоскости. Необходимо построить  $K_1$  (рис. 1.46, а, б, в). Графический алгоритм решения задачи в виде

условных обозначений выглядит следующим образом: 1.  $\sqrt{l_2} \supset l_2 2_2$ ; 2.  $\sqrt{l_2} = l_2 \cap b_2$ ; 3.  $\sqrt{2_2} = l_2 \cap a_2$ ; 4.  $\sqrt{l_1} = l_1 \cap b_1$ ; 5.  $\sqrt{2_1} = l_1 \cap a_1$ ; 5.  $\sqrt{K_1} \in l_1$

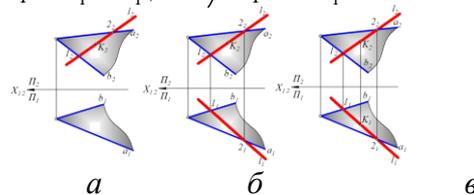


Рис. 1.46

в) Определение принадлежности точки плоскости.

Заданы плоскость  $Z(s \parallel m)$  и точка  $F$ . Определить, принадлежит ли точка плоскости  $Z$ , для этого через фронтальную проекцию  $F_2$  точки  $F$  необходимо провести фронтальную проекцию  $d_2$  прямой  $d$ . Далее строим горизонтальную проекцию  $d_1$  прямой  $d$ . Если в результате выполненных построений  $d_1$  пройдёт через  $F_1$ , следовательно, точка  $F$

принадлежит плоскости (рис. 1.47, а,б). Символьная запись графического алгоритма решения задачи: 1.  $\overline{d_2} \supset F_2$ ; 2.  $\overline{d_2} \supset l_2, m_2$ ; 3.  $\overline{l_1} = d_2 \cap s_2$ ; 4.  $\overline{2_2} = d_2 \cap m_2$ ; 5.  $\overline{l_1} \in m_1$ ; 6.  $\overline{2_1} \in s_1$ ; 7.  $\overline{l_1} 2_1$  Если  $F_1 \in d_1 \Rightarrow F \in Z$ , Если  $F_1 \notin d_1 \Rightarrow F \notin Z$ .

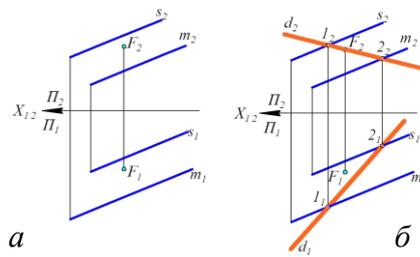


Рис 1.47

### Плоскости частного положения

К плоскостям частного положения относят проецирующие плоскости и плоскости уровня. Проецирующие плоскости – это плоскости перпендикулярные одной из плоскостей проекций. Проецирующая плоскость проецируется на плоскость проекций в прямую линию, которая называется её основной проекцией или следом-проекцией. Для того чтобы задать проецирующую плоскость на чертеже, достаточно задать её основную проекцию. На рис. 1.48, а,б,в,г показаны пространственное изображение и комплексные чертежи горизонтально-проецирующей плоскости, перпендикулярной  $\Pi_1$ .

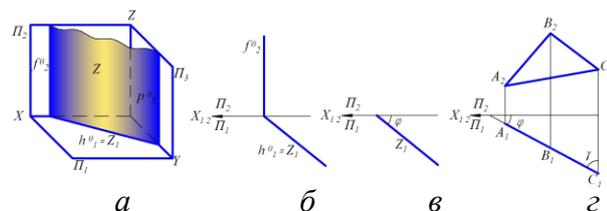


Рис. 1.48

Проекция  $Z_1$  и  $A_1, B_1, C_1$  - являются основными проекциями горизонтально-проецирующей плоскости. Углы  $\varphi$  и  $\gamma$  - линейные углы двугранных углов, которые плоскость  $Z$  составляет с плоскостями  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$ , и проецирующиеся на эти плоскости в натуральную величину. На рис. 1.49, а,б,в,г, изображённая плоскость перпендикулярна фронтальной плоскости проекций

$\Pi_2$  и называется фронтально-проецирующей. Линии  $\Gamma_2$  и  $D_2, E_2, F_2$  её основные проекции, а  $\beta$  и  $\alpha$  – углы наклона к плоскостями  $\Pi_1$  и  $\Pi_3$ .

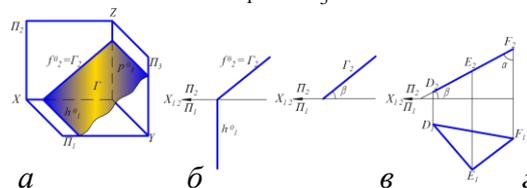


Рис. 1.49

На рис. 1.50 а,б,в показана профильно-проецирующая плоскость, которая расположена перпендикулярно профильной плоскости проекций  $\Pi_3$ .

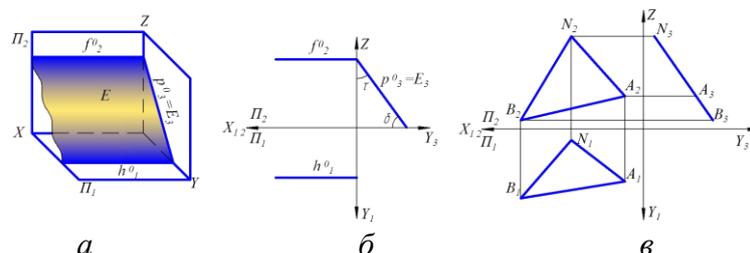


Рис. 1.50

Проекции  $E_3$  и  $N_3 A_3 B_3$  являются основными. Обозначенные углы  $\delta$  и  $\tau$  – углы наклона плоскости  $E$  к плоскостям  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  соответственно.

Основные проекции проецирующих плоскостей обладают собирательным свойством, то есть проекции всех геометрических образов (точек, прямых) принадлежащих плоскости, расположены на её следе-проекции. Следовательно, точка или прямая принадлежат проецирующей плоскости, если их проекции принадлежат одноимённому следу-проекции этой плоскости. Если на проекции  $\Delta_2$  фронтально-проецирующей плоскости  $\Delta$  задать фронтальную проекцию  $A_2$  произвольной точки  $A$ , то все точки лежащие на проецирующем луче будут её горизонтальными проекциями, то есть фронтальной проекции точки  $A_2$  соответствует всё множество точек проецирующего луча  $A_1, A_1', A_1'', \dots, A_n$  (Рис. 1.51, а). Если задать горизонтальную проекцию  $A_1$  точки  $A$ , принадлежащей плоскости  $\Delta$ , то ей будет соответствовать только одно положение фронтальной проекции  $A_2$  (Рис. 1.51, б).

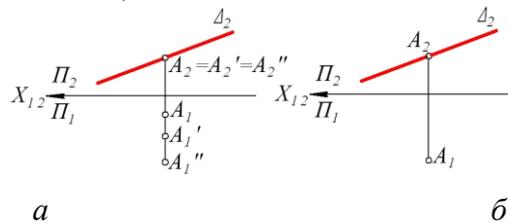


Рис. 1.51

Плоскости параллельные одной из плоскостей проекций называют плоскостями уровня: горизонтальной (параллельная плоскости  $\Pi_1$ ), фронтальной (параллельная плоскости  $\Pi_2$ ) и профильной (параллельная плоскости  $\Pi_3$ ). Примеры их наглядных изображений и чертежей приведены на рисунках 1.52, а, и 1.53, а (фронтальная плоскость  $T$  и принадлежащая ей точка  $A$ ), на рисунках 1.52, б, и 1.53, б (горизонтальная плоскость и принадлежащая ей точка  $B$ ), на рисунке 1.52, в, и 1.53, в (профильная плоскость  $P$  и принадлежащая ей точка  $C$ )

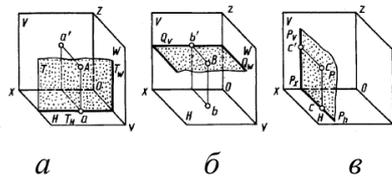


Рис. 1.52

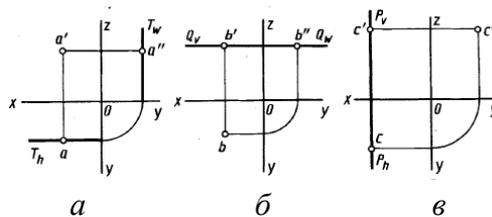


Рис. 1.53

#### Тема 1.4. Главные позиционные задачи для прямой и плоскости, двух плоскостей. (1 час)

##### Задача 1. Пересечение прямой линии с проецирующей плоскостью

При построении точки пересечения прямой с проецирующей плоскостью опираются на рассмотренное выше положение о том, что плоскость, перпендикулярная плоскости проекций, проецируется на нее в виде прямой линии. Следовательно, на этой прямой находится и соответствующая проекция точки пересечения заданной прямой с проецирующей плоскостью.

На рисунке 1.54, горизонтально-проецирующая плоскость  $Q$  задана следами  $Q_V$  и  $Q_H$  (наглядное изображение – на рис. 1.54, а), прямая  $AB$  - общего-положения. Точка из пересечения одновременно принадлежит прямой  $AB$  и плоскости. Следовательно, ее горизонтальная проекция  $k$  принадлежит одновременно горизонтальному следу  $Q_H$  и горизонтальной проекции прямой, т. е. является точкой их пересечения. По горизонтальной проекции  $k$  точки  $K$  на фронтальной проекции  $a'b'$  прямой находим фронтальную проекцию  $k'$  точки пересечения. Из горизонтальной проекции видно, что правее проекции  $k$  проекция  $kb$  находится между осью  $x$  и следом  $Q_H$ . Т. е. плоскость  $Q$  находится перед прямой  $AB$  и закрывает ее на фронтальной проекции. Условно считают плоскость непрозрачной, поэтому на чертеже фронтальная проекция  $k'b'$  показана для наглядности как невидимая штриховой линией. На сложных чертежах штриховые линии не применяют.

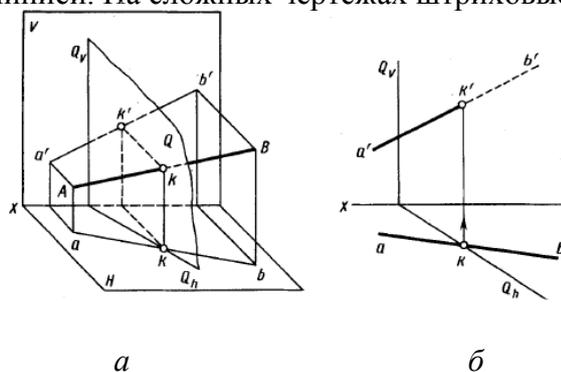


Рис. 1.54

### Задача 2. Пересечение двух плоскостей

Прямая линия пересечения двух плоскостей определяется двумя точками, каждая из которых принадлежит обеим плоскостям, или одной точкой, принадлежащей двум плоскостям, и известным направлением линии. В обоих случаях задача заключается в нахождении точки, общей для двух плоскостей. Общий прием построения линии пересечения двух плоскостей

заключается в следующем. Вводят вспомогательную плоскость, строят линии пересечения вспомогательной плоскости с двумя заданными и в пересечении построенных линий находят общую точку двух плоскостей. Для нахождения второй общей точки построение повторяют с помощью еще одной вспомогательной плоскости. На рисунке 1.55 показано наглядное изображение линии пересечения  $K_1K_2$  двух плоскостей  $P$  и  $Q$ .

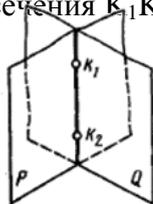


Рис. 1.55

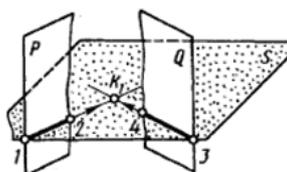


Рис. 1.56

Для наглядного изображения построения первой общей точки линии пересечения плоскостей  $P$  и  $Q$  (рис. 1.56) введена вспомогательная плоскость  $S$ . С плоскостью  $P$  она пересекается по линии 1-2, с плоскостью  $Q$  - по линии 3-4. В пересечении линий 1-2 и 3-4 определена первая общая точка  $K_1$  двух плоскостей  $P$  и  $Q$  - первая точка линии их пересечения. Аналогично вводят новую секущую плоскость и строят вторую точку линии пересечения.

### Задача 3. Пересечение прямой линии общего положения с плоскостью общего положения

Точку пересечения прямой с плоскостью общего положения (рис. 1.57, а) строят в следующем порядке (рис. 1.57, б):

- а) через заданную прямую АВ проводят вспомогательную плоскость Т;
- б) строят линию пересечения 1-2 вспомогательной плоскости Т и заданной плоскости;
- в) в пересечении построенной линии 1-2 с заданной прямой АВ отмечают искомую точку К.

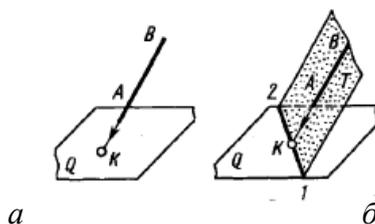


Рис. 1.57

На рисунке 1.58 дано построение на чертеже проекций точки пересечения прямой, заданной проекциями  $d'e'$  и  $de$ , с плоскостью общего положения, заданной проекциями  $a'd'c'$ ,  $adc$  треугольной пластины. Проекция точки пересечения строят в следующем порядке:

1. Через прямую DE проводят вспомогательную плоскость, например фронтально-проецирующую Р (на рис. 1.58, б показан только след  $P_V$ );
2. Строят проекции  $1'2'$ ,  $12$  линии пересечения этой плоскости с плоскостью треугольника, заданной проекциями  $a'd'c'$ ,  $adc$ ; при этом по фронтальным проекциям точек  $1'$  и  $2'$  находят горизонтальные проекции точек 1 и 2;
3. Находят проекции  $m'$ ,  $m$  точки пересечения заданной прямой с плоскостью треугольника. Для этого в пересечении проекций  $de$  и  $1-2$  отмечают горизонтальную проекцию  $m$  искомой точки и с помощью линии связи строят ее фронтальную проекцию  $m'$  на проекции  $d'e'$  прямой. Прямые DE и 1-2 пересекаются, так как принадлежат одной плоскости Р;
4. Определяют видимые участки прямой DE.

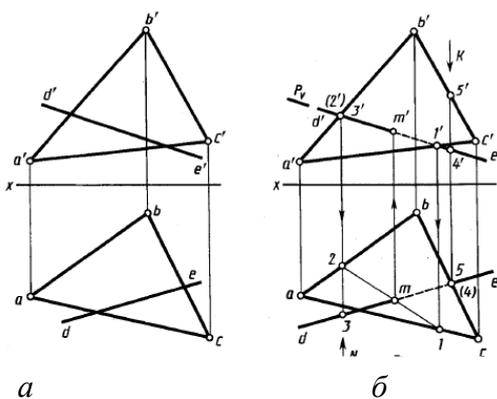


Рис. 1.58

Для определения видимых участков прямой DE анализируют положение точек на скрещивающихся прямых. Так, точки с проекциями  $3'$ ,  $3$  и  $2'$ ,  $2$  находятся на скрещивающихся прямых с проекциями  $d'e'$ ,  $de$  и  $a'b'$ ,  $ab$  соответственно. Их фронтальные проекции  $2'$  и  $3'$  совпадают. По горизонтальной проекции при взгляде по стрелке N видно, что точка 3 находится перед точкой 2, т. е. она закрывает точку 2. Следовательно, прямая DE слева от точки М расположена перед треугольником ABC. Поэтому фронтальная проекция  $d'm'$  ее показана как видимая. От точки М вправо прямую DE закрывает треугольник ABC до точки 1, соответственно отрезок  $m'1'$  показан как невидимый.

Невидимый участок на горизонтальной проекции прямой DE выявляют анализом положения точек с проекциями  $5'$ ,  $5$  и  $4'$ ,  $4$ , лежащих на скрещивающихся прямых с проекциями  $b'c'$ ,  $bc$  и  $d'e'$ ,  $de$ . По фронтальной проекции очевидно, что если смотреть по

стрелке К, то первоначально видно точку 5, расположенную выше точки 4. Она закрывает точку 4. Следовательно, в этом месте прямая DE закрыта треугольником ABC до точки их пересечения М (участок с проекцией  $m-5$ ). Слева от точки пересечения М прямая DE находится над треугольником ABC и, естественно, видима (участок с проекцией  $dm$ ).

*Задача 4. Построение линии пересечения двух плоскостей по точкам пересечения прямых линий с плоскостью*

В задаче 1 изложен общий способ построения линии пересечения двух плоскостей с помощью вспомогательных секущих плоскостей. Но для построения линии пересечения двух плоскостей общего положения можно использовать точки пересечения двух прямых, принадлежащих одной из плоскостей, с другой плоскостью. Построение же точек пересечения прямой линии с плоскостью общего положения изложено в задаче 3. Например (рис. 4.6,*a*), Одна из плоскостей задана пересекающимися прямыми АВ и АС. Для построения линии пересечения ее с плоскостью Q строят точки М и N пересечения прямых АВ и АС с этой плоскостью и через них проводят линию MN пересечения двух заданных плоскостей.

Таким образом, для построения линии пересечения плоскостей строят точки пересечения прямых одной плоскости с другой и через них проводят искомую линию. Пример такого построения на чертеже приведен на рисунке 1.59, б. Одна из плоскостей задана треугольником с проекциями  $a'd'c'$ ,  $adc$ . Вторая - параллельными прямыми с проекциями  $d'e'$ ,  $de$  и  $f'g'$ ,  $fg$ . Для построения проекций линии MN пересечения определены проекции  $m'$ ,  $m$  и  $n'$ ,  $n$  двух ее точек пересечения прямых с проекциями  $d'e'$ ,  $de$  и  $f'g'$ ,  $fg$  с плоскостью треугольника. Проекции  $m'$ ,  $m$  и  $n'$ ,  $n$  точек пересечения построены с помощью фронтально-проецирующих плоскостей, заданных следами  $O_v$  и  $P_v$ . Плоскость Q проходит через прямую DE и пересекает плоскость треугольника по линии с проекциями  $1'-2'$ ,  $1-2$ . Пересечение горизонтальных проекций  $1-2$  и  $de$  является горизонтальной проекцией искомой точки. По ней построена фронтальная проекция  $m'$  на фронтальной проекции  $d'e'$ .

Аналогично с помощью плоскости P ( $P_v$ ) построены проекции  $n'$ ,  $n$  второй точки. Через построенные проекции  $m'$ ,  $n'$  и  $m$ ,  $n$  проведены проекции  $m'n'$ ,  $mn$  отрезка, по которому пересекаются заданные плоскости.

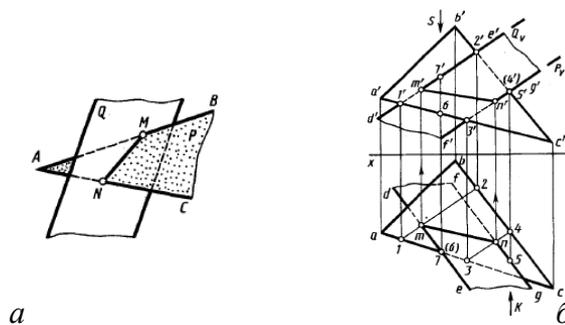


Рис. 1.59

Анализ видимости участков пластин на фронтальной проекции выполнен с помощью точек с проекциями  $4'$ ,  $4$  и  $5'$ ,  $5$ , лежащих на скрещивающихся прямых с проекциями  $b'c'$ ,  $bc$  и  $f'g'$ ,  $fg$ . Их фронтальные проекции  $4'$  и  $5'$  совпадают. На горизонтальной проекции видно, что при взгляде по стрелке К точка 5 закрывает точку 4. Видимость участков пластин на горизонтальной проекции определена с помощью точек с проекциями  $6'$ ,  $6$  и  $7'$ ,  $7$ , лежащих на скрещивающихся прямых с проекциями  $a'c'$ ,  $ac$  и  $d'e'$ ,  $de$ . Их горизонтальные проекции 6 и 7 совпадают. Из фронтальной проекции видно, что при взгляде по стрелке S точка 7 закрывает точку 6 (рис. 1.59, б).

*Построение взаимно параллельных прямой линии и плоскости, двух плоскостей*

*Построение взаимно параллельных прямой линии и плоскости.* Известно, что если прямая линия (АВ, рис. 1.60, а) параллельна прямой КЛ, лежащей в плоскости, то она параллельна этой плоскости. Для построения прямой, проходящей через заданную точку пространства параллельно заданной плоскости, достаточно провести прямую, параллельную любой прямой, принадлежащей плоскости.

При этом возможно бесчисленное множество решений. Дополнительные требования могут обусловить единственное решение. В качестве примера на рисунке 1.60, б показано построение проекций прямой линии, проходящей через точку с проекциями  $k', k$ , параллельной плоскости треугольника с проекциями  $a'b'c', abc$  и параллельной плоскости  $\Pi_2$  - дополнительное требование. В плоскости треугольника проведена фронталь с проекциями  $a'1', a-1$ . Проекция искомой прямой проведена через проекции  $k', k$  точки параллельно проекциям фронтали  $a'1' a-1$ .

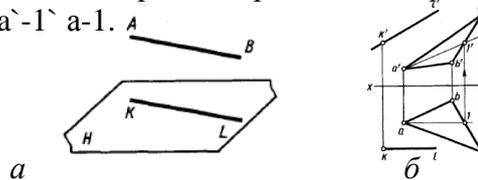


Рис. 1.60

Для того чтобы проверить, параллельна ли прямая заданной плоскости, необходимо провести в этой плоскости прямую, параллельную заданной. Если такую прямую в плоскости построить не удастся, то заданная прямая и плоскость не параллельны между собой. Можно также попытаться найти точку пересечения данной прямой с данной плоскостью. Если такая точка не может быть найдена, то заданная прямая и плоскость взаимно параллельны.

*Построение взаимно параллельных плоскостей.* Для такого построения используют известное свойство: если две пересекающиеся прямые одной плоскости соответственно параллельны двум пересекающимся прямым другой плоскости, то плоскости параллельны. Так, например, на рисунке 1.61, а построена плоскость, проходящая через точку с проекциями  $k', k$ , параллельная плоскости, заданной проекциями  $a'b', ab$  и  $a'c', ac$  пересекающихся прямых. Для этого через фронтальную проекцию  $K'$  проведены фронтальные проекции  $d'k' \parallel a'c'$ ,  $e'k' \parallel a'b'$  и через горизонтальную проекцию  $K$  – горизонтальные проекции  $dk \parallel ac$  и  $ke \parallel ab$ . Построенная плоскость, определяемая проекциями  $k'd', k'e'$  и  $kd, ke$  будет параллельна заданной плоскости.

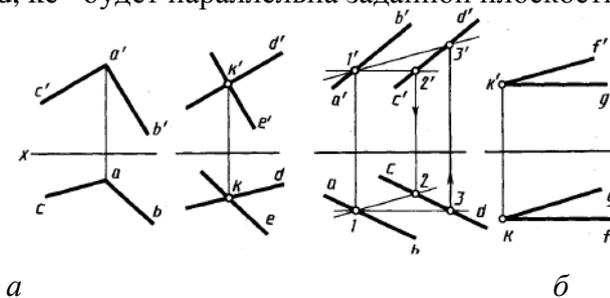


Рис. 1.61

Построение параллельных плоскостей на чертеже удобно выполнять с помощью главных линий плоскости - горизонталей и фронталей. На рисунке 1.61, б плоскость Р задана проекциями  $a'b', a'c'd'$  и  $ad, cd$  параллельных прямых. Параллельная ей плоскость Т должна проходить через точку с проекциями  $K', K$ . Проекция плоскости Т построены с помощью фронтальных проекций  $k'f'$ , фронтали и  $k',g'$  горизонтали и горизонтальных проекций  $k,g$  горизонтали и  $kf$  фронтали. При этом  $k'f' \parallel 1'3'$ , а  $kg \parallel 1-2$

### Тема 1.5. Способы преобразования чертежа, замена плоскостей проекций, способ вращения. (0,25 часа)

Многие задачи решаются легко и просто, если прямые литы, плоские фигуры (основания, грани, ребра, оси) геометрических тел находятся в частном положении. Такое частное, наиболее выгодное взаимное расположение геометрического элемента и плоскостей проекций может быть обеспечено преобразованием чертежа.

Рассмотрим два основных способа преобразования чертежа прямой линии или плоской фигуры общего положения в чертеже их частным положением. Они заключаются в следующем:

в одном случае - заменяют заданную систему плоскостей проекций на новую так, чтобы в ней исходные объекты оказались в частном положении, не меняя своего расположения в пространстве; в другом случае - изменяют положение исходных объектов в пространстве так, чтобы они приняли частное положение относительно неизменных плоскостей проекций.

В первом случае преобразование чертежа называют способом перемены плоскостей проекций, во втором – способом вращения (перемещения). Рассмотрим указанные способы.

### *Способ замены плоскостей проекций*

Этот способ широко применяют в машиностроении и приборостроении. Сущность способа перемены плоскостей проекций заключается в следующем: положение точек, линий, плоских фигур, поверхностей в пространстве не изменяется, а система  $\Pi_1, \Pi_2$  дополняется плоскостями, образующими с  $\Pi_1$ , или  $\Pi_2$ , или между собой системы двух взаимно перпендикулярных плоскостей, принимаемых за новые плоскости проекций.

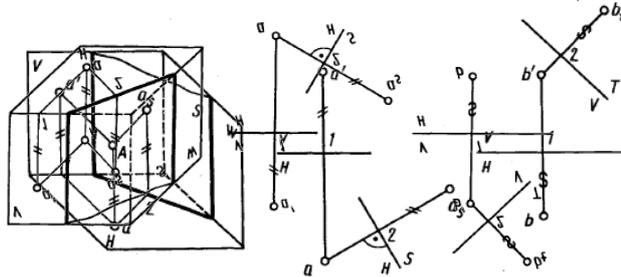


Рис. 1.62      Рис. 1.63      Рис. 1.64

Каждая новая система выбирается так, чтобы по отношению к заданным геометрическим элементам она заняла положение, наиболее удобное для выполнения требуемого построения. На рисунке 1.62 показано преобразование проекций точки  $A$  из системы  $(V)\Pi_2, (H)\Pi_1$  в систему  $S, H$ , в которой вместо плоскости  $(V)\Pi_2$  введена новая плоскость  $S$ , а плоскость  $(H)\Pi_1$  осталась неизменной. При этом  $S \perp \Pi_1(H)$ . В системе  $S, H$  горизонтальная проекция  $a$  точки  $A$  осталась неизменной. Проекция  $a_s$  точки  $A$  на плоскости  $S$  находится от плоскости  $H$  на том же расстоянии, что и проекция  $a'$  точки  $A$  на плоскости  $V$ . Это условие позволяет легко строить проекцию точки на чертеже (рис. 1.63) на новой плоскости проекций. Для этого в новой системе  $(H, S)$  из проекции точки  $(a)$  на сохраняющейся плоскости проекций проводят линию связи, перпендикулярную к новой оси проекций  $(S/H)$ . На этой линии связи отмечают расстояние от оси  $(H/S)$  до проекции  $a_s$  точки на новой плоскости проекций  $S$ , равное расстоянию от преобразуемой проекции точки  $a'$  до оси проекций  $V/H$  в системе  $V, H$ . При введении новой плоскости проекций, перпендикулярной фронтальной плоскости проекций (например, плоскости  $T$  на рис. 1.64), расстояние от проекции  $(b_s)$  до новой оси проекций  $T/V$  равно расстоянию от горизонтальной проекции  $(b)$  до оси  $V/H$ .

В дальнейшем, при введении новой плоскости проекций, ось проекций можно обозначать в виде дроби, черта которой лежит на оси. Каждую букву при этом, пишут как

бы на «своей» плоскости. Проекция точек на новых плоскостях проекций удобно отмечать индексами плоскости (например,  $b_t$ ,  $a_s$  и т. п.). Необходимо отметить, что замену плоскостей проекций можно производить последовательно несколько раз.

### Четыре основные задачи преобразования

**Задача 1. Определение величины отрезка АВ общего положения (рис 1.65)** Для этого плоскость V заменена на плоскость проекций, S параллельную отрезку ab. Расстояния от оси S/H до  $a_s$  и  $b_s$  соответственно равны расстояниям от  $a'$  и  $b'$  до оси V/H. Одновременно с определением натуральной величины отрезка определена величина  $\alpha$  угла наклона отрезка АВ к плоскости H.

**Задача 2. Приведение отрезка прямой общего положения в проецирующее положение.** На рисунке 1.65 новая система плоскостей проекций S/H относительно отрезка АВ находится в частном положении ( $S \parallel AB$ ). Введем еще одну новую плоскость проекций T, перпендикулярную плоскости проекции S и отрезку АВ (ось проекций T/S перпендикулярна проекции  $a_s b_s$ ). Относительно этой плоскости проекций T отрезок АВ занимает проецирующее положение (проекция  $a_t$  и  $b_t$ ). Для преобразования проекций отрезка общего положения на чертеже в проецирующее положение требуется введение двух новых плоскостей проекций последовательно: первой - параллельно отрезку, второй - перпендикулярно ему с условием перпендикулярности между исходными и новыми плоскостями проекций.

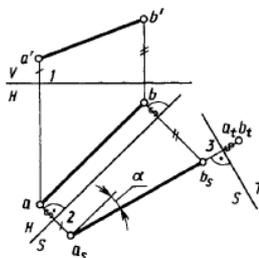


Рис. 1.65

**Задача 3. Приведение плоской фигуры общего положения в проецирующее положение.** Решение основывается на предыдущей задаче. Построение выполняют с помощью одной из линий частного положения, например горизонтали с проекциями  $a'f'$  и af (рис. 1.66).

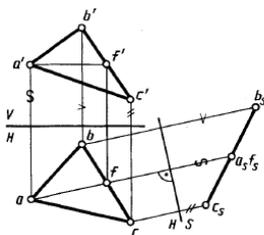


Рис. 1.66

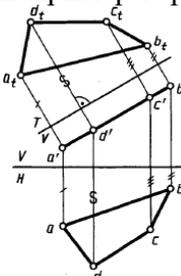


Рис. 1.67

Новая плоскость проекций S в этом случае выбрана перпендикулярно горизонтали af ось H/S перпендикулярна проекции af) и соответственно перпендикулярно плоскости H.

**Задача 4. Определение натурального вида плоской фигуры, расположенной в проецирующем положении (рис. 1.67).** Построение выполнено путем введения новой плоскости проекций T, перпендикулярной плоскости V параллельной плоскости четырехугольника с проекциями  $a'b'c'd'$  и abcd, с, a' (ось T/V параллельна проекции  $a'b'c'd'$ ). Проекция  $a_t b_t c_t d_t$ , является натуральной величиной заданного четырехугольника.

Следовательно, последовательным введением двух новых плоскостей проекций могут быть определены: натуральный вид плоской фигуры, принадлежащей плоскости общего положения, и углы наклона плоскости к плоскостям проекций.

**Пример решения метрической задачи на определение расстояния между двумя скрещивающимися прямыми.** Это расстояние выражается величиной общего

перпендикуляра  $mn$  к заданным прямым  $ab$  и  $cd$  (рис. 1.68, а). Для определения его длины удобно, чтобы одна из прямых располагалась перпендикулярно плоскости проекций. Выше было показано, что для этого надо последовательно ввести две новые плоскости проекций (рис. 1.68, б), например:

$$S \parallel AB, \perp \text{пл. } H; \text{ ось } H/S \parallel (ab);$$

$$T \perp AB, \perp \text{пл. } S; \text{ ось } S/T \perp (a_s b_s);$$

На плоскость  $T$  прямая  $AB$  проецируется в точку  $a_t=b_t$ . Проведя перпендикуляр из точки  $a_t=b_t$ , на проекцию  $cd$  находим проекцию  $n_t$  точки  $N$  пересечения его с прямой  $CD$ .

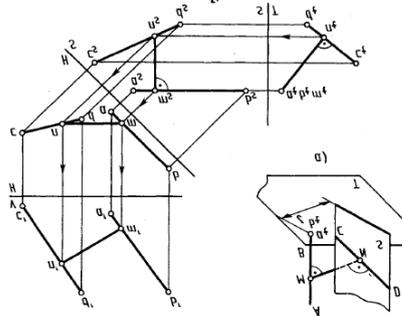


Рис. 1.68

Отметим проекцию  $m_t$  точки  $M$ , совпадающую с проекциями точек  $a_t, b_t$ . Искомое расстояние определено -  $mn$ . На чертеже стрелками указано построение проекций  $mn$  и  $m_t n_t$  общего перпендикуляра к двум скрещивающимся прямым в системе  $VH$ .

#### Способ вращения

Как известно; при вращении некоторой точки вокруг оси она движется в плоскости, перпендикулярной оси вращения, и описывает окружность. Для применения способа вращения в целях преобразования чертежа отметим следующие четыре элемента (аппарат вращения) (рис. 1.69): ось вращения  $MN$ ; плоскость вращения точки (пл.  $S \perp MN$ ); центр вращения (пл.  $S \cap (MN) = O$ ); радиус вращения ( $R$ ;  $R = |OA|$ ).

В качестве оси вращения обычно используют прямые, перпендикулярные (проецирующие) или параллельные (уровня) плоскостям проекций. Рассмотрим *вращение относительно осей, перпендикулярных плоскостям проекций*.

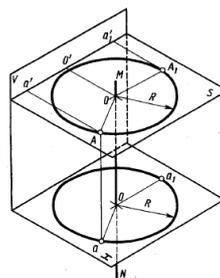


Рис. 1.69

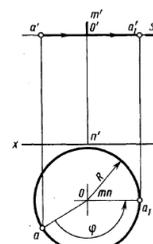


Рис. 1.70

Вращение точки  $A$  на чертеже относительно оси  $MN$ , перпендикулярной плоскости  $H$ , показано на рисунке 1.69. Плоскость вращения  $S$  параллельна плоскости  $H$  и на фронтальной проекции изображена следом  $S_v$ . Горизонтальная проекция  $o$  центра вращения  $O$  совпадает с проекцией  $mn$  оси, а горизонтальная проекция  $oa$  радиуса вращения  $OA$  является его натуральной величиной. Поворот точки  $A$  на рисунке 1.70 произведен на угол  $\phi$  против часовой стрелки так, чтобы в новом положении точки с проекциями  $a'$ ,  $a_1'$  радиус вращения был параллелен плоскости  $V$ . При вращении точки вокруг вертикальной оси ее горизонтальная проекция перемещается по окружности, а фронтальная проекция - параллельно оси  $x$  и перпендикулярно оси вращения. Если точку вращать вокруг оси, перпендикулярной плоскости  $V$ , то ее фронтальная проекция будет перемещаться по окружности, а горизонтальная - параллельно оси  $x$ .

Вращение точки вокруг проецирующей прямой применяют при решении некоторых задач, например при определении натуральной величины отрезка прямой. Для этого (рис. 1.71) достаточно ось вращения  $O$  проекциями  $m'n'$ ,  $mn$  выбрать так, чтобы она проходила через одну из крайних точек отрезка, например точку с проекциями  $b'$ ,  $b$ . Тогда при повороте точки  $A$  на угол  $\varphi$  в положение  $A_1$  отрезок  $AB$  перемещается в положение  $A_1B$ , параллельное плоскости  $V$ , следовательно, проецируется на нее в натуральную величину. Одновременно в натуральную величину будет проецироваться угол  $\alpha$  наклона отрезка  $AB$  к плоскости  $H$ .

Поворот (вращение) точки с проекциями  $b', b$  относительно оси с проекциями  $m'n'$ ,  $mn$ , перпендикулярной плоскости  $V$ , показан на рисунке 1.72. При вращении точка  $B$  перемещена в плоскости вращения  $T$  ( $T_h$ ) в положение с проекциями  $b_1, b'_1$  так, что радиус вращения  $OB$  стал параллелен плоскости  $H$ .

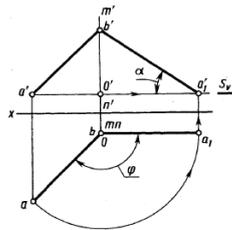


Рис. 1.71

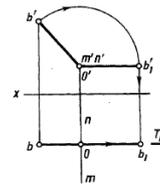


Рис. 1.72

### *Способ вращения вокруг прямых, параллельных плоскостям проекций*

Натуральную величину плоской фигуры можно определить вращением вокруг оси, параллельной плоскости проекций, одним поворотом приведя фигуру в положение, параллельное плоскости проекций. На рисунке 1.73 показано определение величины треугольника проекциями  $a'b'c'$ ,  $abc$  вращением вокруг горизонтали. При этом все точки треугольника (за исключением лежащих на оси вращения) вращаются вокруг оси по окружностям в плоскостях, перпендикулярных к оси. Если треугольник займет положение, параллельное плоскости проекций, то радиусы вращения его точек окажутся параллельными этой плоскости, т. е. будут проецироваться на плоскость  $H$  в натуральную величину. В качестве оси вращения взята горизонталь с проекциями  $c'1'$ ,  $c-1$ . Точка  $C$  на оси вращения остается неподвижной. Для изображения горизонтальной проекции треугольника после поворота надо найти положение проекций двух других его вершин. Вершины с проекциями  $a'$ ,  $a$  и  $b'$ ,  $b$  треугольника перемещаются в плоскостях  $P$  и  $Q$  движения этих точек. Горизонтальной Проекцией  $o$  центра вращения вершины  $A$  является точка пересечения горизонтальной проекции  $c-1$  оси вращения с горизонтальной проекцией  $P_h$ . По ней отмечена его фронтальная проекция  $o'$ . Отрезки  $oa$  - горизонтальная,  $o'a'$  фронтальная проекция радиуса вращения точки  $A$ . Натуральная величина  $OA$  радиуса вращения точки  $A$  определена способом прямоугольного треугольника. По катетам  $oA$  и  $o'A' = o'2'$  построен треугольник  $oaA$ , его гипотенуза равна радиусу вращения точки  $A$ . От проекции  $o$  центра вращения точки  $A$  по направлению следа  $P_h$  плоскости ее движения откладываем натуральную величину радиуса вращения. Отмечаем горизонтальную проекцию  $a$ , точки  $A$ , повернутой до положения треугольника, параллельного плоскости  $H$ . Горизонтальную проекцию  $b$ , точки  $B$  в повернутом положении находим как точку пересечения горизонтальной проекции  $1-a_1$  со следом  $Q_h$ . Горизонтальная проекция  $a_1cb_1$  выражает натуральную величину треугольника  $ABC$ , так как после поворота плоскость треугольника параллельна плоскости  $H$ . Фронтальная проекция повернутого треугольника совпадает с фронтальной проекцией горизонтали  $1's'$ , т. е. представляет собой отрезок прямой линии.

Если требуется повернуть плоский геометрический образ до положения, параллельного плоскости  $V$ , то за ось вращения выбирают фронталь.

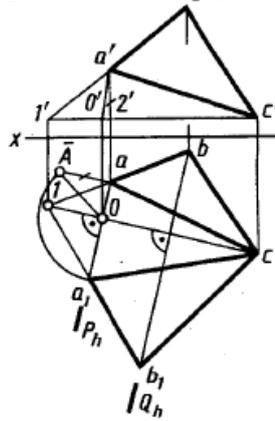


Рис. 1.73

### Тема 1.6. Поверхности. (0,5 часа)

#### Общие сведения о поверхностях и их изображении на чертежах

В начертательной геометрии поверхность рассматривают как множество последовательных положений движущейся линии или другой поверхности в пространстве. Линию, перемещающуюся в пространстве и образующую поверхность, называют образующей. Образующие могут быть прямыми и кривыми. Образующие поверхность кривые могут быть постоянными и переменными, например, закономерно изменяющимися. Одна и та же поверхность в ряде случаев может рассматриваться как образованная движениями различных образующих. Например, круговой цилиндр может быть образован: во-первых, вращением прямой относительно неподвижной оси, параллельной образующей; во-вторых, движением окружности, центр которой перемещается по прямой, перпендикулярной плоскости окружности; в-третьих, прямолинейным движением сферы.

При изображении поверхности на чертеже показывают лишь некоторые из множества положений образующей. На рисунке 1.74 показана поверхность с образующей  $AB$ . При своем движении образующая остается параллельной выбранному направлению  $MN$  и одновременно пересекает некоторую кривую линию  $CDE$ . Таким образом движение образующей  $AB$  направляется в пространстве  $CDE$ . Линия или линии, пересечение с которыми является обязательным условием движения образующей при образовании поверхности, называют направляющей или направляющими. На рисунке 1.75 показана проекция поверхности, образованной движением прямой  $AB$  по двум направляющим -

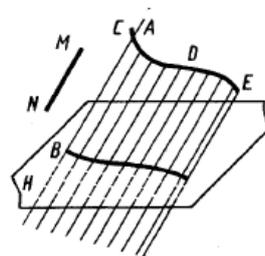


Рис. 1.74

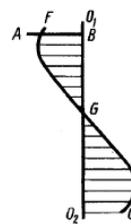


Рис. 1.75

прямой  $O_1O_2$ , ( $AB \perp O_1O_2$ ) и пространственной кривой  $FGQ$ , не пересекающей прямую  $O_1O_2$ . Иногда в качестве направляющей используют линию, по которой движется некоторая характерная для образующей точка, но не лежащая на ней, например центр окружности. Из различных форм образующих, направляющих, а также закономерностей образования конкретной поверхности выбирают те, которые являются наиболее простыми и удобными для изображения на чертеже поверхности и решения задач, связанных с нею.

Иногда для задания поверхности используют понятие определитель поверхности, под которым подразумевают совокупность независимых условий, однозначно задающих поверхность. В числе условий, входящих в состав определителя, различают геометрическую часть (точки, линии, поверхности) и закон (алгоритм) образования поверхности геометрической частью определителя. Рассмотрим краткую классификацию кривых поверхностей, принятую в начертательной геометрии.

### *Линейчатые развертываемые поверхности.*

Поверхность, которая может быть образована движением прямой линии, называют линейчатой поверхностью. Если линейчатая поверхность может быть развернута так, что всеми своими точками она совместится с плоскостью без каких-либо повреждений поверхности (разрывов или складок), то ее называют развертываемой. К развёртываемым поверхностям относятся только такие линейчатые поверхности, у которых смежные прямолинейные образующие параллельны, или пересекаются между собой, или являются касательными к некоторой заданной пространственной кривой. Все остальные линейчатые и все не линейчатые поверхности относятся к неразвёртываемым поверхностям. Развертываемые поверхности - цилиндрические, конические, с ребром возврата или торсовые. У цилиндрической поверхности образующие всегда параллельны, направляющая - одна кривая линия. Изображение на чертеже ранее показанной в пространстве цилиндрической поверхности (см. рис. 1.74) представлено на рисунке 1.76. Частные случаи - прямой круговой цилиндр, наклонный круговой цилиндр будут приведены в разделе «поверхности вращения».

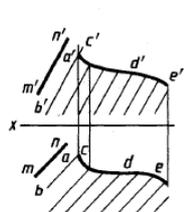


Рис. 1.76

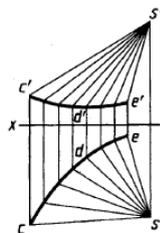


Рис. 1.77

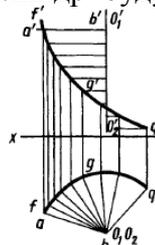


Рис. 1.78

У конических поверхностей все прямолинейные образующие имеют общую неподвижную точку - вершину, направляющая - одна любая кривая линия. Пример изображения конической поверхности на чертеже - рисунок 1.77, проекции вершины  $S'$ ,  $S$ , направляющей  $c'd'e'$ ,  $cde$ . Частные случаи - прямой круговой конус, наклонный круговой конус. У поверхностей с ребром возврата или торсовых прямолинейные образующие касательные к одной криволинейной направляющей.

### *Линейчатые неразвёртываемые поверхности.*

К таким поверхностям относятся цилиндроид, коноид, гиперболический параболоид (косая плоскость). Поверхность, называемая цилиндроидом, образуется при перемещении прямой линии, во всех своих положениях сохраняющей параллельность некоторой заданной плоскости («плоскости параллелизма») и пересекающей две кривые линии (две направляющие). Поверхность, называемая коноидом, образуется при перемещении прямой линии, во всех своих положениях сохраняющей параллельность некоторой плоскости («плоскости параллелизма») и пересекающей две направляющие, одна из которых кривая, а другая прямая линия. Плоскостью параллелизма на рисунке 1.78 является плоскость  $\Pi_1$ , направляющие - кривая с проекциями  $a'g'q'$ ,  $agq$ , прямая с проекциями  $O_1'O_2'$ ,  $O_1O_2$ . В частном случае, если криволинейная направляющая - цилиндрическая винтовая линия с осью, совпадающей с прямолинейной направляющей, образуемая поверхность - винтовой коноид, рассматриваемый ниже. Чертеж гиперболического параболоида, называемого косой плоскостью, приведен на рисунке 1.79.

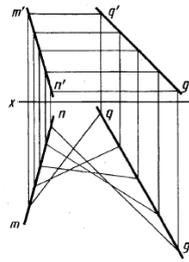


Рис. 1.79

Образование такой поверхности можно рассматривать как результат: перемещения прямолинейной образующей по двум направляющим - скрещивающимся прямым параллельно некоторой плоскости параллелизма. На рисунке 1.79 плоскость параллелизма - плоскость проекций  $\Pi_1$ , направляющие - прямые с проекциями  $mn$ ,  $m'n'$  и  $qg$ ,  $q'g'$ .

### Нелинейчатые поверхности

Нелинейчатые поверхности разделяют на поверхности с постоянной образующей и на поверхности с переменной образующей. Поверхности с постоянной образующей в свою очередь подразделяют на поверхности вращения с криволинейной образующей, например сфера, тор, эллипсоид вращения и др., и на циклические поверхности, например поверхности изогнутых труб постоянного сечения, пружин.

Поверхности с переменной образующей подразделяют на поверхности Циклические с переменной образующей, топографические поверхности аффинных и подобных линий и т. д. Чертеж поверхности второго порядка - эллипсоида - приведен на рисунке 1.80. Образующая эллипсоида - деформирующийся эллипс, Одна из проекций которого, например,  $d'e'b'f'$ . Две направляющие - два пересекающихся эллипса, плоскости которых ортогональны и одна ось общая, например, с проекциями  $a'e'c'f'$  и  $adcb$ . Образующая пересекает направляющие в крайних точках своих осей. Плоскость образующего эллипса при перемещении остается параллельной плоскости, образованной двумя пересекающимися осями направляющих эллипсов.

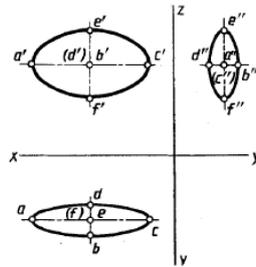
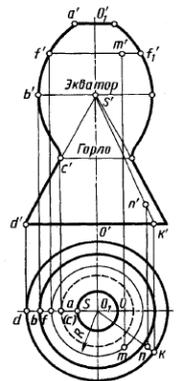


Рис. 1.80

### Поверхности вращения

В зависимости от вида образующей а 0 поверхности вращения могут быть линейчатыми, нелинейчатыми или состоять из частей таких поверхностей. Поверхностью вращения называют поверхность, получающуюся от вращения некоторой образующей линии вокруг неподвижной прямой - оси поверхности. На чертежах ось изображают штрихпунктирной линией. Образующая линия может в общем случае иметь как криволинейные, так и прямолинейные участки. Вращение на чертеже можно задать образующей и положением оси. На рисунке 1.81 изображена поверхность вращения, которая образована вращением образующей: ABCD (ее фронтальная проекция  $a'b'c'd'$ ) вокруг оси  $OO_1$  (фронтальная проекция  $O'O_1'$ ), перпендикулярной плоскости  $\Pi_1$ . При вращении каждая точка образующей описывает окружность, плоскость которой



перпендикулярна оси. Соответственно линия пересечения поверхности вращения любой плоскостью, перпендикулярной оси, является окружностью. Такие окружности называют параллелями. На виде сверху (рис. 6.8) показаны проекции окружностей, описываемых точками А, В, С и D, проходящие через проекции a, b, c, d. Наибольшую параллель из двух соседних с нею

Рис. 1.81

параллелей по обе стороны от нее называют экватором, аналогично наименьшую - горлом.

Плоскость, проходящую через ось поверхности вращения, называют меридиональной, линию ее пересечения с поверхностью вращения - меридианом. Если ось поверхности параллельна плоскости проекций, то меридиан, лежащий в плоскости, параллельной этой плоскости проекций, называют главным меридианом. На эту плоскость проекций главный меридиан проецируется без искажений. Так, если ось поверхности вращения параллельна плоскости  $\Pi_2$ , то главный меридиан проецируется на плоскость  $\Pi_2$  без искажений, например проекция  $a'f'b'c'd'$ . Если ось поверхности вращения перпендикулярна к плоскости  $\Pi_1$ , то горизонтальная проекция поверхности имеет очерк в виде окружности.

Наиболее удобными для выполнения изображений поверхностей вращения являются случаи, когда их оси перпендикулярны к плоскости  $\Pi_1$ , к плоскости  $\Pi_2$  или к плоскости  $\Pi_3$ . Некоторые поверхности вращения являются частными случаями поверхностей, рассмотренных выше, например цилиндр вращения, конус вращения. Для цилиндра и конуса вращения меридианами являются прямые линии. Они параллельны оси и равноудалены от нее для цилиндра или пересекают ось в одной и той же ее точке под одним и тем же углом к оси для конуса. Цилиндр и конус вращения - поверхности, бесконечные в направлении их образующих; поэтому на изображениях их ограничивают какими-либо линиями, например линиями пересечения этих поверхностей с плоскостями проекций или какими-либо из параллелей. Из стереометрии известно, что прямой круговой цилиндр и прямой круговой конус ограничены поверхностью вращения и плоскостями, перпендикулярными к оси поверхности. Меридиан такого цилиндра - прямоугольник, конуса - треугольник.

Такая поверхность вращения, как сфера, является ограниченной и может быть изображена на чертеже полностью. Экватор и меридианы сферы - равные между собой окружности. При ортогональном проецировании на все три плоскости проекций очертания сферы проецируются в окружность.

При вращении окружности (или ее дуги) вокруг оси, лежащей в плоскости этой окружности, но не проходящей через ее центр, получается поверхность с названием тор.

На рисунке 1.82 приведены: открытый тор, или круговое кольцо, рисунок 1.82, а, закрытый тор - рисунок 1.82, б, самопересекающийся тор - рисунок 1.82, в, г. На рисунке 1.82 они изображены в положении, когда ось тора перпендикулярна к плоскости проекций  $\Pi_1$ . В открытый и закрытый торы могут быть вписаны сферы, центры которых находятся на окружности. В построениях на чертежах широко используют две системы круговых сечений тора: в плоскостях, перпендикулярных к его оси, и в плоскостях, проходящих через ось тора.

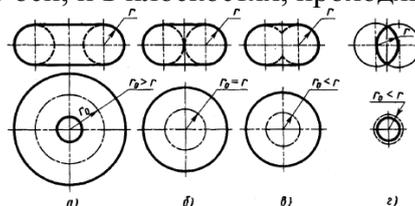


Рис. 1.82

Точка на поверхности вращения

Положение точки на поверхности вращения определяют по принадлежности точки линии каркаса поверхности, т.е. с помощью окружности, проходящей через эту точку на поверхности вращения. В случае линейчатых поверхностей для этой цели возможно

применение и прямолинейных образующих. Применение параллели и прямолинейной построения проекций точек, принадлежащих данной поверхности вращения, показано на рисунке 1.8. Если дана проекция  $m'$ , то проводят фронтальную проекцию параллели  $f'f'_1$  параллели, а затем радиусом  $R$  проводят окружность - горизонтальную проекцию параллели - и на ней находят проекцию  $m$ . Если бы была задана горизонтальная проекция  $m$ , то следовало бы провести радиусом  $R = om$  окружность, по точке  $f$  построить  $f'$  и провести  $f'f'_1$  фронтальную проекцию параллели - и на ней в проекционной связи отметить точку  $m'$ .

На рисунке 1.83 показано построение проекций точки  $K$ , принадлежащей поверхности тора. Следует отметить, что построение выполнено для видимых горизонтальной проекции и фронтальной проекции.

На рисунке 1.84 показано построение по заданной фронтальной проекции  $m'$  точки на поверхности сферы ее горизонтальной  $m$  и профильной  $m''$  проекций. Проекция  $m$  построена с помощью окружности - параллели, проходящей через проекцию  $m'$ . Ее радиус -  $0-1$ . Проекция  $m''$  построена с помощью окружности, плоскость которой параллельна профильной плоскости проекций, проходящей через проекцию  $m'$  ее радиус  $o''-2''$ .

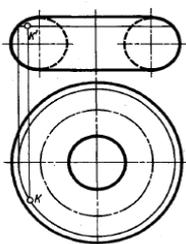


Рис. 1.83

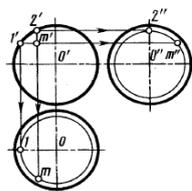


Рис. 1.84

### *Многогранники. Призма и пирамида.*

Грани призм и пирамид ограничиваются ребрами, являющимися прямолинейными отрезками, пересекающимися между собой. Поэтому построение чертежей призм и пирамид сводится по существу к построению проекций точек (вершин) и отрезков прямых - ребер. Призматическая поверхность на чертеже может быть изображена проекциями фигуры, полученной при пересечении боковых граней призмы плоскостью, и проекциями ребер призмы. Пересекая призматическую поверхность двумя параллельными между собой плоскостями, получают основания призмы. На чертеже основания призмы удобно располагать параллельно плоскости проекций. Чертеж призмы с проекциями треугольных оснований  $a'b'c'$ ,  $abc$  и  $d'e'f'$ ,  $def$ , параллельных плоскости  $\Pi_1$ , приведен на рисунке 1.85. Одноименные проекции ребер призмы параллельны между собой. Для изображения поверхности пирамиды на чертеже используют фигуру сечения боковых граней пирамиды плоскостью и точку их пересечения - вершину. На чертеже пирамиду задают проекциями ее основания, ребер и вершины усеченной пирамиды - проекциями обоих оснований ребер.

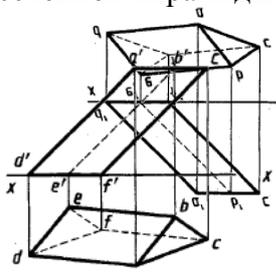


Рис. 1.85

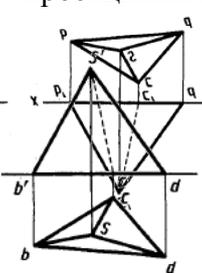


Рис. 1.86

Изображая пирамиду, удобно ее основание располагать параллельно плоскости проекций. На рисунке 1.86 приведен чертеж неправильной треугольной пирамиды с проекциями  $s'$ ,  $s$  вершины и основанием, проекции которого  $a'b'c'$  и  $abc$ , лежащим в плоскости проекций  $\Pi_1$ . Призмы и пирамиды в трех проекциях, точки на поверхности.

Изображения призм и пирамид, имеющих широкое применение в качестве основных элементов деталей машин и приборов, приведены на рисунке 1.87.

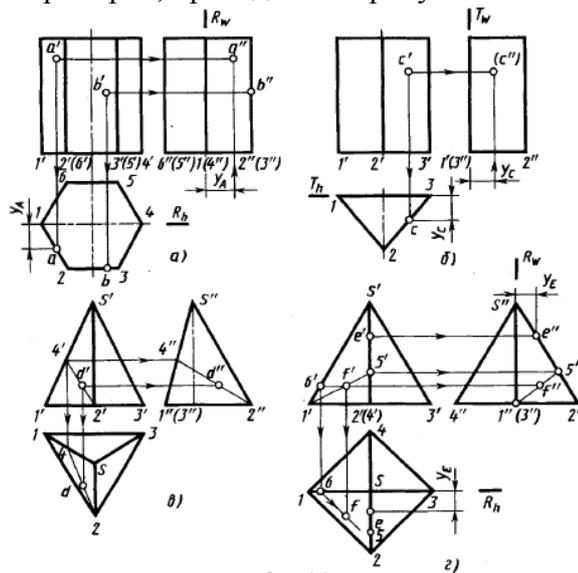


Рис. 1.87

На приведенных чертежах ребра проецируются в виде отрезков прямых или в виде точек, например, фронтальные и профильные проекции боковых ребер призм и пирамид - отрезки прямых. Горизонтальные проекции тех же боковых ребер призм на рис. 1.87, а - точки. Профильные проекции ребер оснований призм - точки  $2''(3'')$ ,  $(5'')6''$  на рисунке 1.87, а, точка  $1''(3'')$  на рисунке 1.87б, в. Грани призм, пирамид, которые перпендикулярны к плоскостям проекций, проецируются на них в виде отрезков прямых линий. Так, например, боковые грани призм (рис. 1.87а, б) на горизонтальной проекции изображаются в виде отрезков прямых линий, образующих шестиугольник, в виде отрезков прямых линий проецируются на профильную плоскость проекций передняя и задняя грани призмы на рисунке 1.87, а, задняя грань призмы и пирамиды на 1.87, б, в. Основания изображенных тел проецируются в отрезок прямой линии на фронтальную и профильную плоскости проекций.

Недостающие проекции точек на поверхности призм и пирамид по заданным фронтальным проекциям строятся по их принадлежности ребрам (прямым линиям) и граням (плоскостям). На рис. 1.87 это показано стрелками и соответствующими координатами. Профильные проекции  $a''$ ,  $c''$  построены с помощью координат  $y_a$ ,  $y_c$ , определяемых по горизонтальным проекциям. Горизонтальная  $d$  и профильная  $d''$  проекции точки D на грани S-1-2 пирамиды (рис. 1.87, в) построены с помощью проекций 2-4,  $2''4''$  отрезка на этой грани. Аналогично с помощью профильной проекции  $1''5''$  отрезка на грани 5-1-2 пирамиды (рис. 1.87, г) построена профильная проекция  $f''$ . Горизонтальная проекция  $f$  построена с помощью горизонтали той же грани, проходящей через проекцию б на проекции ребра S-1. Горизонтальная проекция  $e$  построена с помощью координаты  $y_e$ , определенной по профильной проекции  $e''$ .

### Тема 1.7. Пересечение поверхностей плоскостью и прямой, развёртки.(0,5 часа)

При пересечении призмы или пирамиды плоскостью в сечении получается плоская фигура, ограниченная линиями пересечения секущей плоскости с гранями призмы или пирамиды. Простейший пример конструирования детали пересечением исходной заготовки в виде прямоугольной трубы плоскостью приведен на рисунке 1.88. В этом случае деталь - волновод изготавливают, отрезая часть заготовки по плоскости R ( $R_v$ ). Другой пример конструирования устойчивой подставки в виде усеченной пирамиды показан на рисунке 1.89. Наклонная площадка ABCD образована срезом верхней части пирамиды фронтально-проецирующей плоскостью S ( $S_v$ ). Фронтальные проекции  $a'$ ,  $b'$ ,  $c'$ ,  $d'$  точек находятся на фронтальном следе  $S_v$  плоскости, а фронтальная проекция площадки ABCD совпадает со

следом  $S_v$ . Профильная  $a'', b'', c'', d''$  и горизонтальная  $a, b, c, d$  проекции площадки построены по проекциям указанных точек на проекциях соответствующих ребер.

Во многих случаях требуется построить натуральный или истинный вид сечения тела плоскостью. На рисунке 1.89 для этой цели вверху слева применен способ перемены плоскостей проекций. В качестве дополнительной плоскости принята плоскость  $T$ , параллельная плоскости  $S$  и перпендикулярная плоскости  $\Pi_2$ . Натуральный - вид площадки - фигуры сечения  $abcd$ .

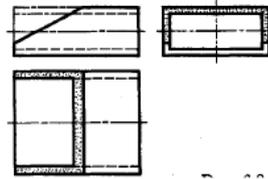


Рис. 1.88

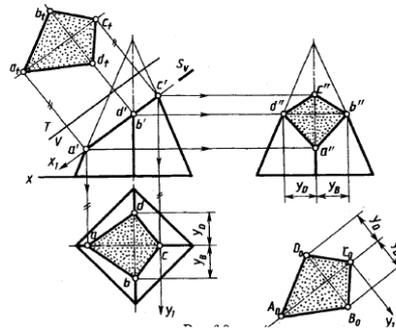


Рис. 1.89

Построение точек пересечения прямой с поверхностью многогранника сводится к построению линии пересечения многогранника проецирующей плоскостью, в которую заключают данную прямую. На рисунке 1.90 приведено построение проекций  $e', e$  и  $f', f$  точек пересечения прямой с проекциями  $m'n', mn$  с боковыми гранями пирамиды. Пирамида задана проекциями  $S', S$  вершины и  $a'b'c', abc$  основания. Прямая  $MN$  заключена во вспомогательную фронтально-проецирующую плоскость  $T$  ( $T_v$ ). Горизонтальные проекции  $e$  и  $f$  искомых точек построены в пересечении проекции  $mn$  с горизонтальными проекциями 1-2 и 2-3 отрезков, по которым плоскость  $T$  пересекает боковые грани пирамиды. Фронтальные проекции  $e'$  и  $f'$  определены по линиям связи.

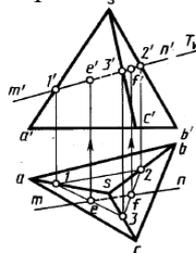


Рис. 1.90

### Развертка гранных поверхностей

Разверткой поверхности многогранника называют плоскую фигуру, полученную при совмещении с плоскостью всех его граней. Развертывание гранных поверхностей выполняют для проведения раскроя листового материала при изготовлении деталей или определения площади поверхности деталей, покрываемых различными материалами.

Построение развертки боковой поверхности пирамиды можно проводить в следующей последовательности: определить длину ребер и сторон основания пирамиды; выполнить чертеж развертки последовательным построением треугольников - граней пирамиды.

Пример построения развертки поверхности треугольной пирамиды  $SABC$  приведен на рисунках 1.91 и 1.92. Для удобства построения на рисунке 1.91 боковые ребра пирамиды продолжены до пересечения с плоскостью  $\Pi_1$ . Это позволило определить на горизонтальной проекции длину отрезков 1-2, 2-3, 3-4 нового основания пирамиды. Длина боковых ребер  $S-1, S-2, S-3$  найдена вращением их вокруг вертикальной оси - отрезки  $5'1_1, 52_1, 53_1$ . На них найдены отрезки  $S'1'_1, S'2'_1, S'3'_1$ . По найденным отрезкам на рисунке 1.92 построена развертка боковой поверхности  $S_01_02_03_01_0$  и затем  $S_0A_0B_0C_0A_0$ . На отрезке  $A_0C_0$  построена натуральная величина треугольника  $A_0B_0C_0$  по сторонам  $A_0B_0$  и  $C_0B_0$ , найденным способом прямоугольного треугольника.

Построение развертки призматической поверхности можно производить несколькими способами - нормального сечения, треугольников. При способе нормального сечения построение развертка призматической поверхности целесообразно выполнять в следующем порядке (рис. 1.93): пересечь призматическую поверхность вспомогательной плоскостью, перпендикулярной к ее ребрам ( $P \perp 1-2$ ; нормальное сечение); развернуть построенную ломаную линию ( $A_0B_0 C_0B_0$ ) пересечения вспомогательной плоскости с призматической поверхностью, определив длину ее отрезков ( $A_0B_0, B_0C_0, C_0B_0$ ); на перпендикулярах к развернутой линии пересечения ( $A_0B_0$ ) отложить длину отрезков ребер призматической поверхности ( $A_02_0, B_03_0, B_04_0, C_05_0, C_06_0, D_07_0, D_08_0$ ) соединить их концы отрезками прямых.

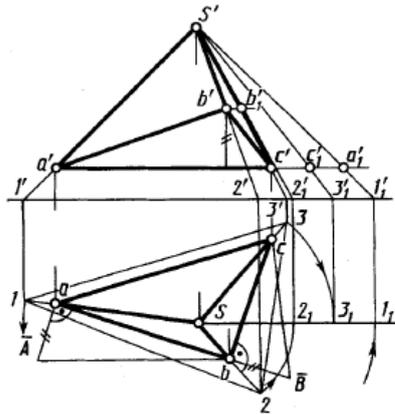


Рис. 1.91

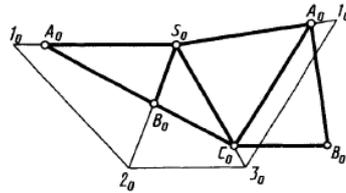


Рис. 1.92

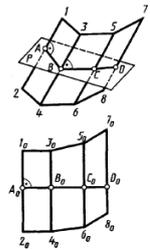


Рис. 1.93

*Пересечение цилиндрической поверхности плоскостью. Построение развертки*

Для построения линии пересечения цилиндрической поверхности плоскостью в общем случае находят точки пересечения образующих с секущей плоскостью. При необходимости не исключается применение и вспомогательных секущих плоскостей, пересекающих поверхность и плоскость. Заметим, что любую цилиндрическую поверхность плоскостью, расположенная параллельно образующей этой поверхности, пересекает по прямым линиям (образующим).

Вид линии, образованной при пересечении плоскостью прямого кругового цилиндра, определяется положением плоскости относительно оси. Эта линия - окружность, если плоскость перпендикулярна оси; две прямые (проекции  $1'2'$  и  $3'4'$  на рис. 1.94) или одна прямая (касательная), если плоскость параллельна оси (след  $P_W$ ); эллипс ( $1-2-3-4$  на рис. 1.95), если плоскость расположена под углом к оси. Образование выреза на цилиндре двумя плоскостями  $P (P_V)$  и  $T (T_W) \parallel \Pi_2$  показано на рисунке 1.96.

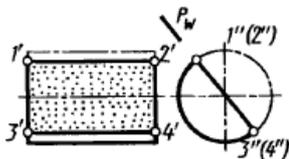


Рис. 1.94

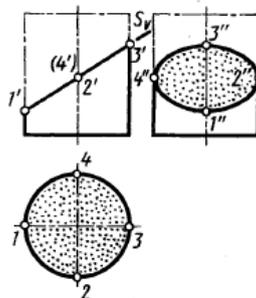


Рис. 1.95

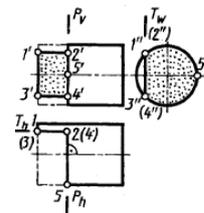


Рис. 1.96

Рассмотрим построение чертежа цилиндра со срезом проецирующей плоскостью под некоторым углом к его оси (не равным  $0^\circ$  и  $90^\circ$ ), натуральной величины среза и развертки цилиндра (рис. 1.97, 1.98). Ось цилиндра и вся цилиндрическая поверхность перпендикулярны плоскости  $\Pi_1$ . Следовательно, все точки цилиндрической поверхности, в

том числе и линия Пересечения ее с плоскостью  $P$  ( $P_v$ ) проецируются на плоскость  $\Pi_1$  в окружность. На ней отмечают горизонтальные проекции точек 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 и 12 эллипса, расположив их равномерно по окружности. В проекционной связи строят фронтальные проекции  $1', 2', 3', 4', 5', 6', 7', 8', 9', 10', 11', 12'$  отмеченных точек на фронтальном следе  $P_v$  секущей плоскости. Профильные проекции тех же точек строят по их горизонтальной и фронтальной проекциям на линиях связи. Профильная проекция линии пересечения цилиндра с секущей плоскостью - эллипс, большая ось  $10''4''$  которого в данном случае равна диаметру цилиндра, а малая  $1''7''$  - профильная проекция отрезка 1-7.

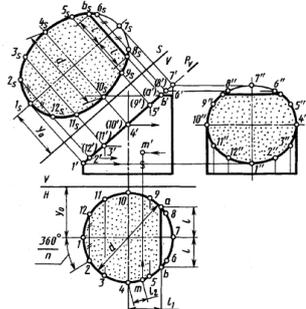


Рис. 1.97

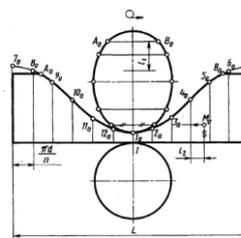


Рис. 1.98

Натуральный вид фигуры сечения цилиндра плоскостью  $P$  построен способом перемены плоскостей проекций на плоскости  $S$ , перпендикулярной плоскости  $\Pi_2$ .

Рассмотрим построение развертки (рис. 1.98). Полная развертка состоит из четырех частей: развертки боковой поверхности, ограниченной пятью отрезками прямой линии и кривой  $A_0I_0B_0$  - синусоидой; натурального вида фигуры сечения; круга основания цилиндра; сегмента, полученного на верхнем основании.

Полная развертка боковой поверхности цилиндра - прямоугольник с высотой, равной высоте цилиндра, а длиной  $L = \pi d$ , где  $d$  - диаметр основания цилиндра. Для построения на развертке точек линии среза развертку основания цилиндра делят на такое же число частей, как и при построении проекций линий среза. Проводят через точки деления образующие и, пользуясь фронтальной проекцией, отмечают на них высоту, до точек эллипса среза - точки  $1_0, 2_0$  и  $12_0, 3_0$  и  $11_0, 4_0$  и  $10_0, 5_0, 9_0, 6_0$  и  $8_0, 7_0$ . Соединяют построенные точки плавной кривой - синусоидой. Натуральный вид фигуры среза цилиндра плоскостью выполнен ранее ( $1_s, 2_s, 3_s, \dots, 12_s$ ), и его по координатам строят на развертке.

### *Пересечение конической поверхности плоскостью. Построение развертки*

При пересечении конической поверхности вращения плоскостью получают различные линии - прямые, замкнутые кривые - окружности и эллипсы, незамкнутые кривые - параболы и гиперболы, а также точка. Вид указанных линий определяется положением секущей плоскости относительно вершины конической поверхности и соотношением между величинами углов наклона секущей плоскости и образующей конической поверхности к ее оси.

Если секущая плоскость  $P$  ( $P_v$ ) проходит через вершину (рис. 1.99, а), то пересечение плоскости с конической поверхностью в зависимости от угла  $\alpha$  наклона плоскости к оси поверхности образует: при  $\beta < \alpha < (180^\circ - \beta)$  - точку; при  $\alpha = \beta$  - прямую, по которой плоскость касается конической поверхности; при  $0 < \alpha < \beta$  - две прямые (образующие).

Если плоскость пересекает коническую поверхность и при этом не проходит через вершину, то в их пересечении имеют место (рис. 1.99, б, в): при  $\alpha = 90^\circ$  - окружность (плоскость, перпендикулярная оси, окружность  $A_0M_0B_0$  ( $a_0m_0b_0$ ) в пересечении с плоскостью  $P(P_v)$  (рис. 1.99, б);

при  $\beta < \alpha < (180^\circ - \beta)$  - эллипс (эллипс  $C_0M_0D_0$  ( $c_0m_0d_0$ ) в пересечении с плоскостью  $Q(Q_v)$  - рис. 1.99, б - плоскость пересекающая все образующие конической поверхности);

при  $\alpha < \beta$  - гипербола (плоскость параллельна двум образующим и пересекает коническую поверхность по обе стороны от вершины, например гипербола с вершинами E (e') и F(f') в пересечении с плоскостью T (T<sub>v</sub>) или с вершинами 1 (1') и 2 (2') в пересечении с плоскостью T<sub>1</sub> (T<sub>1v</sub>) - рис. 1.99, в).

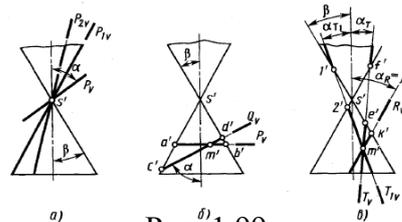


Рис. 1.99

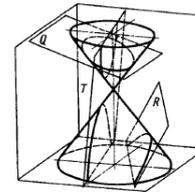


Рис. 7.100

при  $\alpha = \beta$  - парабола (плоскость, параллельная одной из образующих, например парабола с вершиной K (K') в пересечении с плоскостью R (R<sub>v</sub>) - рис. 1.99, в). Наглядное изображение кривых - эллипса, гиперболы, параболы, получающихся при пересечении конической поверхности плоскостями Q, T, R, приведено на рисунке 1.100.

Для построения кривой линии, получаемой при пересечении конической поверхности плоскостью, в общем случае находят точки пересечения прямолинейных или круговых образующих конической поверхности с секущей плоскостью.

Соответствующий пример - в случае пересечения фронтально-проецирующей плоскостью P (P<sub>v</sub>) конуса с вершиной S приведен на рисунке 1.101. Построение линии пересечения плоскости с конической поверхностью обычно выполняют в следующем Порядке. Основание конуса делят на несколько равных частей (обычно 12), проводят горизонтальные проекции 3-1, 3-2, ..., 3-12 образующих и строят их фронтальные проекции. На фронтальной проекции отмечают фронтальные проекции точек пересечения построенных образующих на видимой поверхности конуса с секущей плоскостью P (P<sub>v</sub>). Горизонтальные проекции строят в проекционной связи на соответствующих проекциях образующих.

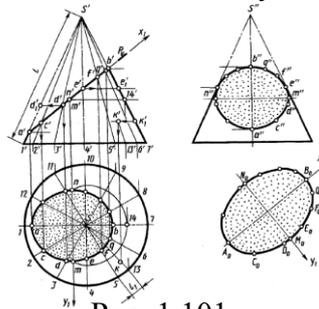


Рис. 1.101

Развертка боковой поверхности прямого кругового конуса представляет собой круговой сектор с углом  $\varphi = 180^\circ$  при вершине, где  $1$  - диаметр основания,  $l$  - длина образующей конуса. Построение сектора (рис. 1.102) выполняют с разбивкой его на равные части соответственно разметке образующих на чертеже (см. рис. 1.101 конуса). Используя положение образующих на чертеже и на развертке, находят положение точек на развертке при помощи натуральных величин отрезков от вершины до соответствующих точек линии пересечения на чертеже.

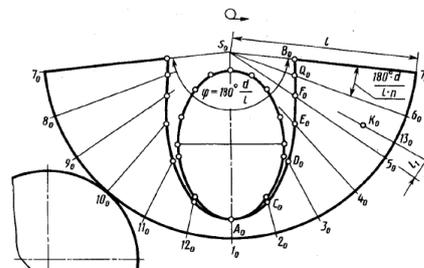


Рис. 1.102

При этом расстояния  $S_0A_0$  и  $S_0B_0$  соответствуют фронтальным проекциям  $s'a'$ ,  $s'b'$ . Отрезки образующих от вершины до других точек проецируются на фронтальную плоскость проекций с искажениями. Поэтому их натуральную величину находят вращением вокруг оси конуса до положения, параллельного фронтальной плоскости

проекций. Например, положение точки  $D_0$  на развертке найдено при помощи отрезка  $s'd_1$  - натуральной величины образующей от вершины  $S$  до точки  $D$ , точки  $E_0$  - при помощи отрезка  $s'e$  (или  $s''e''$ ).

Пример построения точек на поверхности сферы и пересечение ее проецирующей плоскостью приведены на рисунках 1.103 и 1.104.

Плоскость всегда пересекает сферу по окружности, которая проецируется в виде отрезка прямой, в виде эллипса или в виде окружности в зависимости от положения секущей плоскости по отношению к плоскости проекции. Так, на рисунке 1.103 изображены проекции линий пересечения сферы и плоскостей горизонтальной  $P$  ( $P_v$ ) и фронтальной  $S$  ( $S_h$ ).

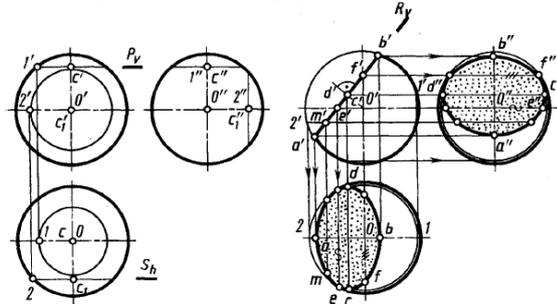


Рис. 1.103

Рис. 1.104

Линию пересечения тора плоскостью в общем случае строят при помощи вспомогательных плоскостей, пересекающих тор и секущую плоскость. При этом подбирают плоскости, пересекающие тор по окружности, т. е. расположенные перпендикулярно оси тора или проходящие через его ось.

Кривые пересечения тора с плоскостью, параллельной оси, приведены на рисунке 1.105. Они имеют общее название кривые Персея (Персей - геометр Древней Греции). Это кривые 4-го порядка. Вид кривых зависит от расстояния секущей плоскости до оси тора.

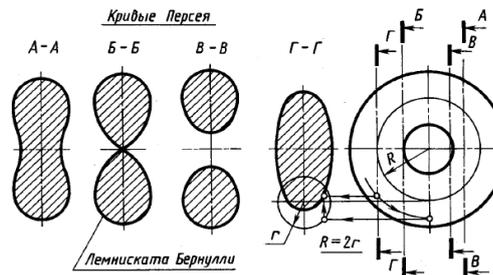


Рис. 1.105

*Пересечение прямой линии с поверхностью.*

Для построения точки пересечения прямой линии ( $AB$  на рис. 1.106) с кривой поверхностью ( $O$ ) выполняют следующие построения: заключают прямую линию во вспомогательную проецирующую плоскость, например плоскость  $T$ , строят линию пересечения ( $CB$ ) вспомогательной проецирующей плоскости  $T$  с заданной поверхностью; определяют точку пересечения ( $Ю$  прямой ( $AB$ ) с построенной линией пересечения ( $CB$ ).

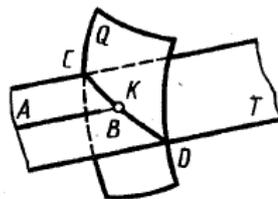


Рис. 1.106

С замкнутой поверхностью прямая пересекается в двух и более точках. Если прямая пересекает поверхность в одной точке, то она обычно является касательной к поверхности. Вспомогательную проецирующую плоскость, проводимую через прямую при построении точек пересечения прямой с поверхностью, стремятся выбрать так, чтобы она пересекала

поверхность по линии, простейшей для построения на чертеже. Желательно, чтобы это были прямые или окружности.

Для построения точек пересечения прямой АВ общего положения с поверхностью наклонного кругового цилиндра (рис. 1.107) выберем вспомогательную плоскость, параллельную оси цилиндра. Эта плоскость пересекает цилиндр по прямой – образующим параллельным оси.

Чертеж конуса с проекциями вершин  $s$  и  $s'$  и прямой с проекциями  $a$  и  $a'$ ,  $b$  и  $b'$  приведен на рисунке 1.108, а. Для построения точек пересечения прямой и конуса используют вспомогательную плоскость. Плоскость, проходящая через вершину конуса и заданную прямую (плоскость Р на рис. 1.108, в), пересекает конус по образующим. Плоскость Р пересекает плоскость основания конуса по прямой ВЕ, являющейся в данном случае горизонталью. Образующие, по которым плоскость Р пересекает конус, определяются вершиной S и точками 1 и 2. На этих образующих получают точки М и N в которых прямая пересекает поверхность конуса.

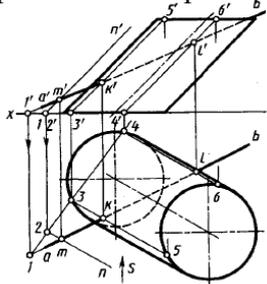


Рис. 1.107

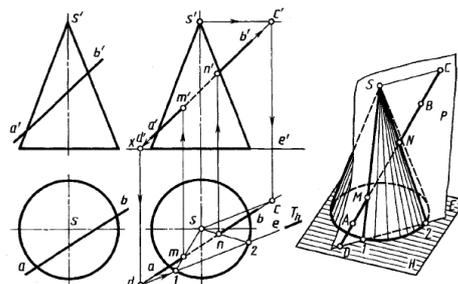


Рис. 1.108

Построение точки пересечения прямой линии со сферой показано на рис. 1.109. Используя вспомогательную секущую плоскость, проходящую через данную прямую, получают окружность. Искомые точки К и L получаются при пересечении этой окружности прямой линией. На рисунке 1.109 построения выполнены способом перемены плоскостей проекций. Дополнительную плоскость проекций S выбирают параллельной вспомогательной, например горизонтально-проецирующей плоскости R ( $R_H$ ). В этом случае линия пересечения вспомогательной плоскости с поверхностью сферы проецируется на плоскость S в окружность с центром  $s_s$  с которой проекция  $a_s b_s$  прямой линии пересекается в точках  $k_s$  и  $l_s$ . По ним строят горизонтальные k и l фронтальные  $k'$  и  $l'$  проекции искомых точек пересечения ab.

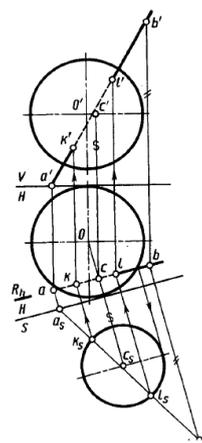


Рис. 1.109

### Тема 1.8. Пересечение поверхностей. Метод секущих плоскостей и метод сфер. (0,5 часа)

Форма большинства сложных и ответственных деталей приборов и машин образована комбинацией различных элементарных тел, расположенных в пространстве так, что поверхности их пересекаются между собой. Поэтому важным этапом конструирования таких деталей является определение границ исходных поверхностей, которыми и являются линии их взаимного пересечения.

В общем случае линию пересечения двух поверхностей между собой строят по точкам, которые находят с помощью вспомогательных секущих поверхностей (или плоскостей). Две криволинейные поверхности А и В (рис. 1.110) пересекаются третьей секущей вспомогательной поверхностью Q. Находят линии пересечения KL и MN вспомогательной поверхности с каждой из заданных. Точка Т пересечения построенных линий KL и MN принадлежит линии пересечения заданных поверхностей А и В.

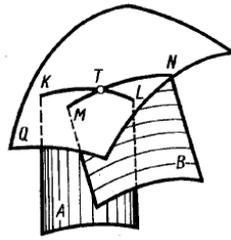


Рис. 1.110

Повторяя такие построения многократно с помощью аналогичных вспомогательных поверхностей, находят необходимое число общих точек двух поверхностей для проведения линии их пересечения. Сформулируем общее правило построения линии пересечения поверхностей: выбирают вид вспомогательных поверхностей; строят линии пересечения вспомогательных поверхностей с заданными поверхностями; находят точки пересечения построенных линий и соединяют их между собой плавной кривой.

В качестве вспомогательных поверхностей выбирают такие, линии пересечения которых с заданными поверхностями проецируются на чертеж в графически простые линии - прямые, окружности. В качестве вспомогательных поверхностей можно, например, использовать плоскости или сферы. Рассмотрим их применение. Заметим, что если одна из исходных поверхностей линейчатая, то задача построения линии пересечения в этом случае может быть сведена к построению точки пересечения прямой (образующей линейчатой поверхности) со второй заданной поверхностью. При построениях применяют способы преобразования чертежа, если это упрощает и уточняет построения. При построении точек линии пересечения поверхностей вначале находят те точки, которые называют характерными или опорными.

*Способ вспомогательных секущих плоскостей*

Рассмотрим применение вспомогательных секущих плоскостей на примере построения линии пересечения сферы с конусом вращения (рис 1.111). Для построения линии пересечения заданных поверхностей удобно в качестве вспомогательных поверхностей использовать совокупность горизонтальных плоскостей, перпендикулярных оси конуса, которые пересекают сферу и конус по окружностям. На пересечении этих окружностей находят точки искомой линии пересечения.

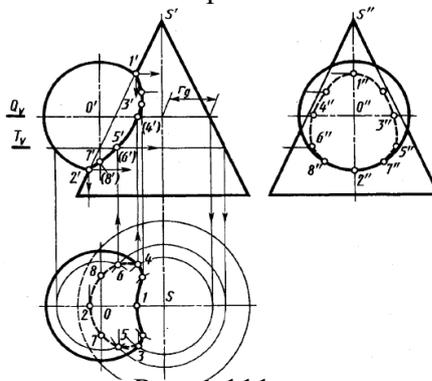


Рис. 1.111

Построение начинают обычно с отыскания проекций характерных точек. Проекции 1' - высшей и 2' - нижней точек являются точками пересечения фронтальных проекций очерков, так как центр сферы и ось конуса лежат в плоскости, параллельной плоскости  $\Pi_2$ . Их горизонтальные 1'' 2'' и профильные 1''' 2''' проекции находят в проекционной связи. Проекции 3', 3'', 3''' и 4', 4'', 4''', лежащие на экваторе сферы, находят с помощью горизонтальной плоскости Q ( $Q_v$ ), проходящей через центр сферы O ( $O'$ ). Она пересекает сферу по экватору и конус по окружности радиуса  $r_q$  в пересечении горизонтальных проекций которых и находят горизонтальные проекции 3 и 4 точек искомой линии пересечения. Горизонтальные проекции 3 и 4 этих точек являются границами видимости участков линии пересечения на этой проекции. Проекции промежуточных точек, например 5', 5'', 5''' и 6', 6'', 6''', находят с помощью вспомогательной горизонтальной плоскости T ( $T_v$ ). Их построение ясно из чертежа. Аналогично построены другие точки. Профильные

проекции точек линии пересечения строят по их фронтальной и горизонтальной проекциям. Точки с проекциями  $7'$ ,  $7$ ,  $7''$  и  $8'$ ,  $8$ ,  $8''$  являются границами видимости участков профильной проекции линии пересечения. Ниже проекций  $7''$  и  $8''$  профильная проекция линии пересечения видима.

### Способ вспомогательных сфер с постоянным центром

Известно, что если ось поверхности вращения проходит через центр сферы и сфера пересекает эту поверхность, то линия пересечения сферы и поверхности вращения окружность, плоскость которой перпендикулярна оси поверхности вращения. При этом, если ось поверхности вращения параллельна плоскости проекций, то линия пересечения на эту плоскость проецируется в отрезок прямой линии. На рисунке 1.112 показана фронтальная про-

екция пересечения сферой радиуса  $K$  поверхностей вращения - конуса, тора, цилиндра, сферы, оси которых проходят через центр сферы радиуса  $K$  и параллельны плоскости  $U$ . Окружности, по которым пересекаются указанные поверхности вращения с поверхностью сферы, проецируются на плоскость  $U$  в виде отрезков прямых. Это свойство используют для построения линии взаимного пересечения двух поверхностей вращения с помощью вспомогательных сфер. При этом могут быть использованы концентрические и неконцентрические сферы. В данном параграфе рассмотрим применение вспомогательных концентрических сфер с постоянным центром. Способ секущих сфер с постоянным центром для построения линии пересечения двух поверхностей применяют при следующих условиях: 1) обе пересекающиеся поверхности - поверхности вращения; 2) оси поверхностей вращения пересекаются; точку пересечения принимают за центр вспомогательных (концентрических) сфер; 3) плоскость, образованная осями поверхностей (плоскость симметрии), должна быть параллельна плоскости проекций. В случае, если это условие не соблюдается, то, чтобы его обеспечить, прибегают к способам преобразования чертежа. Способ вспомогательных сфер с постоянным центром, показанный Рис. 1.112

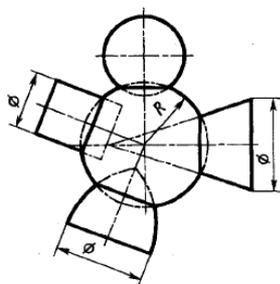


Рис. 1.112

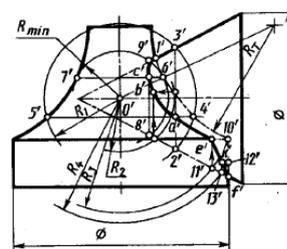


Рис. 1.113

Построение линии пересечения конуса с тором методом сфер приведено на Рис. 1.113. Заметим, что линия пересечения конуса с тором в данном случае симметрична относительно фронтальной плоскости, проходящей через оси пересекающихся поверхностей. Фронтальные проекции видимого и невидимого участков линии пересечения совпадают. Поэтому в дальнейшем изложении будут указываться построения проекций только видимых точек линии пересечения.

Характерными точками искомой линии пересечения являются высшая с проекцией  $1'$ , низшая с проекцией  $e''$  и ближайшая к оси тора с проекцией  $c''$ . Проекция  $1'$  определяется точкой пересечения фронтальных проекций очерков тора и конуса. Проекция  $e''$  построена с помощью сферы  $R_3$ . Она пересекает тор и цилиндр по окружности, проецирующейся в отрезок прямой, проходящей через проекцию  $10''$  перпендикулярно их оси, и конус по окружности, проецирующейся в отрезок прямой, проходящей через проекцию  $11''$  перпендикулярно оси конуса.

Проекция  $c''$  построена с помощью вспомогательной сферы минимального радиуса  $R_{min}$ . Её находят как радиус сферы, касательной к одной из поверхностей вращения и пересекающей другую. В данном случае радиус такой сферы определен проекцией  $6''$ , в

которой проекция образующей окружности  $R_T$  тора пересекает линию  $o'o'_1$ . Сфера радиуса  $R_{min}$  касается тора по окружности с проекцией  $6'7'$  и пересекает конус по окружности с проекцией  $8'9'$ .

Для построения проекции  $a'$  произвольной точки линии пересечения конуса и тора пересечем их сферой  $R_1$ , с центром в точке с проекцией  $o'$ . Эта сфера пересекает конус по окружности с проекцией в виде отрезка  $2'3'$ , тор по окружности с проекцией в виде отрезка  $4'5'$ . В пересечении этих проекций находим проекцию  $a_1'$ . Аналогично строят проекцию любых других точек линии пересечения, например проекцию  $b'$  с помощью вспомогательной сферы радиуса  $R_2$ .

### Тема 1.9. Аксонометрические проекции. (0,25 часа)

Способ аксонометрического проецирования состоит в том, что данная фигура вместе с осями прямоугольных координат, к которым она отнесена в пространстве, проецируется параллельно на некоторую плоскость, принятую за плоскость аксонометрических проекций (эту плоскость называют также картинной плоскостью). При параллельном проецировании, если направление проецирования перпендикулярно к аксонометрической плоскости проекций, аксонометрическую проекцию называют прямоугольной, если направление проецирования не перпендикулярно к плоскости проекций, аксонометрическую проекцию называют косоугольной. В прямоугольной аксонометрической проекции оси присоединенных прямоугольных координат располагают не параллельно плоскости аксонометрических проекций.

Применяемые в России конструкторской документации аксонометрические проекции стандартизованы в ГОСТ 2.317-69. Рассмотрим образование аксонометрической проекции на примере изображения параллелепипеда с квадратным основанием (рис. 1.114) путем последовательного преобразования его ортогональных проекций вместе с осями. При повороте параллелепипеда (рис. 1.114, а) с осями  $x$  и  $y$  вокруг оси  $z$  по стрелке А на  $45^\circ$  получаем его изображение (рис. 1.114, б) с повернутыми осями  $x_1$  и  $y_1$  и сохранившейся вертикальной осью  $z$ .

При повороте изображения на профильной проекции с осями  $z''$ ,  $x_1''$ ,  $y_1''$  по стрелке Б на угол  $30^\circ$  получаем изображение (рис. 1.114, в) с осями  $z_1''$ ,  $x_2''$ ,  $y_2''$ , расположенными под некоторыми углами к картинной плоскости  $P$  ( $P_w$ ). Параллельная проекция (рис. 1.114, г) по стрелке В на плоскости  $P$  и является аксонометрической проекцией параллелепипеда с осями на плоскости  $P$ . Аксонометрическую плоскость при этом не обозначают (ею является плоскость бумаги). Проекции осей координат  $x_p$ ,  $y_p$ ,  $z_p$  на плоскости аксонометрических проекций называют аксонометрическими осями (в дальнейшем индекс «р» будет опускаться).

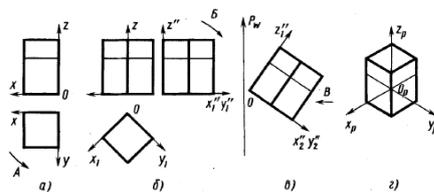


Рис. 1.114

При различном взаимном расположении осей координат в пространстве и плоскости аксонометрической проекции и при разных направлениях проецирования можно получить множество аксонометрических проекций, отличающихся друг от друга направлением аксонометрических осей и масштабами по ним. Это положение доказано теоремой К. Польке, которая утверждает: три отрезка произвольной длины, лежащие в одной плоскости и выходящие из одной точки под произвольными углами друг к другу, представляют параллельную проекцию трех равных отрезков, отложенных на прямоугольных осях координат от начала.

Рассмотрим направление аксонометрических осей и масштабы по ним для направления проецирования, перпендикулярного аксонометрической плоскости проекций, т. е. для прямоугольной аксонометрической проекции.

На рисунке 1.115 изображена пространственная система ортогональных координат  $O_x, O_y, O_z$ , единичные отрезки  $e$  на осях координат и их проекции в направлении  $S$  на некоторую плоскость  $P$ , являющуюся аксонометрической плоскостью проекций. Проекции  $e_x, e_y, e_z$ : отрезка  $e$  на соответствующих аксонометрических осях  $O_p x_p, O_p y_p, O_p z_p$ , в общем случае не равны отрезку  $e$  и не равны между собой. Отрезки  $e_x, e_y, e_z$  являются единицами измерения по аксонометрическим осям - аксонометрическими единицами (аксонометрическими масштабами). Отношения  $e_x/e = k, e_y/e = m, e_z/e = n$  называют коэффициентами искажения по аксонометрическим осям. В частном случае положение картинной плоскости можно выбрать таким, что аксонометрические единицы - отрезки  $e_x, e_y, e_z$  будут все равны между собой или будет равна между собой пара этих отрезков.

При  $e_x = e_y = e_z$  ( $k = m = n$ ) аксонометрическую проекцию называют изометрической; искажения по всем осям в ней одинаковы. При равенстве аксонометрических единиц по двум осям, обычно при  $e_x = e_y \neq e_z$  ( $k = m \neq n$ ) имеем диметрическую проекцию. Если  $e_x \neq e_y \neq e_z$ , то проекцию называют триметрической.

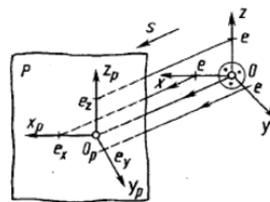


Рис. 1.115

При построении изометрической проекции размеры предмета, откладываемые по аксонометрическим осям, умножают на 0,82. Такой перерасчет размеров неудобен. Поэтому изометрическую проекцию для упрощения, как правило, выполняют без уменьшения размеров (искажения) по осям  $x, y, z$ , т. е. используют приведенный коэффициент искажения, который принимают равным 1. Получаемое при этом изображение предмета в изометрической проекции имеет несколько большие размеры, чем в действительности. Увеличение в этом случае составляет 22% (выражается числом  $1,22 = 1 : 0,82$ ). Каждый отрезок, направленный по осям  $x, y, z$  или параллельно им, сохраняет свою величину. Расположение осей изометрической проекции показано на рисунке 1.116. На рисунках 1.117, а, 1.118, а показаны ортогональные, а на рисунках 1.117, б, 1.118, б - изометрические проекции точки  $A$  и отрезка  $AB$ .

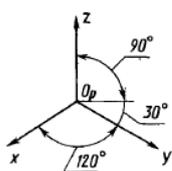


Рис. 1.116

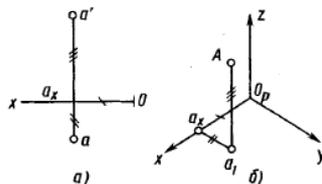


Рис. 1.117

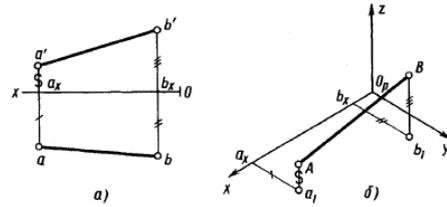


Рис. 1.118

Построение шестигранной призмы по данному чертежу в системе ортогональных проекций приведено на рисунке 1.119.

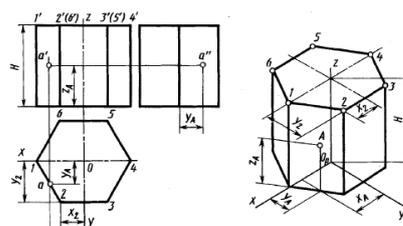


Рис. 1.119

Коэффициенты искажения в диметрической проекции выбирают следующими:  $k = n, m = 0.5k$ . В целях упрощения построений, как и в изометрических проекциях, приведенный

коэффициент искажения по осям  $x$  и  $z$  принимают равным 1; по оси  $y$  коэффициент искажения равен 0,5. По осям  $x$  и  $z$ : или параллельно им все размеры откладывают в натуральную величину 1:1 по оси  $y$  размеры уменьшают в 2 раза. Расположение осей  $O_x$  и  $O_y$  в диметрической проекции показано на рисунке 1.120.

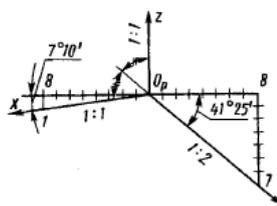


Рис. 1.120

Примеры построения окружности в аксонометрической проекции приведены на рисунке 1.121, в диметрической – на рисунке 1.122 с указанием соответствующих значений величин осей эллипсов для приведенных коэффициентов искажения, равных 1. Большая ось эллипсов расположена под углом  $90^\circ$  для эллипсов, лежащих: в плоскости  $xoz$  - к оси  $y$ , в плоскости  $yoz$  - к оси  $x$ , в плоскости  $xoy$  - к оси  $z$ .

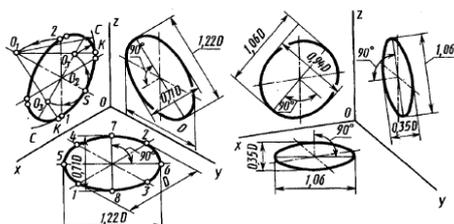


Рис. 1.121

Рис. 1.122

Аксонометрические изображения цилиндра определяются аксонометрическими изображениями окружностей его оснований. Построение в изометрии цилиндра высотой  $H$  по ортогональному чертежу (рис. 1.123 слева) и точки  $C$  на его боковой поверхности показано на рисунке 1.123 справа.

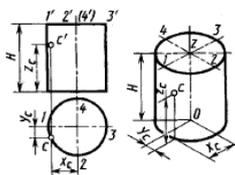


Рис. 1.123

## Раздел 2. ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

### Тема 2.1. Правила выполнения видов. (0,25 часа)

Предметы на технических чертежах изображают по методу прямоугольного проецирования на взаимно перпендикулярные плоскости проекций. При этом предполагается, что изображаемый предмет расположен между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций (рис. 2.1). Такой метод проецирования называют также методом первого угла (метод Е). За основные плоскости проекций принимают шесть граней куба; грани (плоскости проекций) совмещают с плоскостью, как показано на рисунке 2.2. Грань 6 допускается располагать рядом с гранью 4. Изображением является любой чертеж, который может быть видом, разрезом или сечением, выполненный установленным способом проецирования, как правило, в определенном масштабе, и служащий для выявления формы и всех необходимых размеров предмета.

Изображение на фронтальной плоскости проекций принимается на чертеже в качестве главного. Предмет располагают относительно фронтальной плоскости проекций

так, чтобы изображение на ней - главное изображение - давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета.

Предметы следует изображать в функциональном положении или в положении, удобном для их изготовления. Предметы, состоящие из нескольких частей, следует изображать в функциональном положении. Предметы, используемые в любом положении, изображают в положении, удобном для их изготовления. Предметы, функциональное положение которых наклонное, изображают в вертикальном или горизонтальном положении. Длинные (высокие) предметы, функциональное положение которых вертикальное (мачты, колонны, столбы), можно изображать в горизонтальном положении, причем нижнюю часть предмета следует помещать справа.

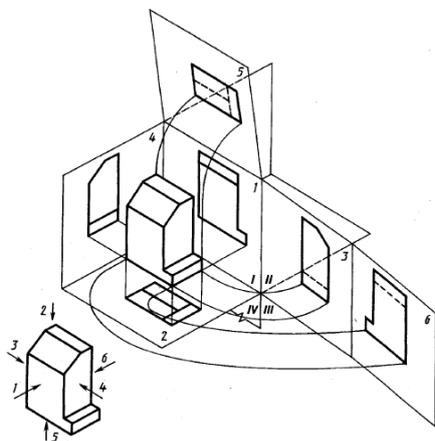


Рис. 2.1

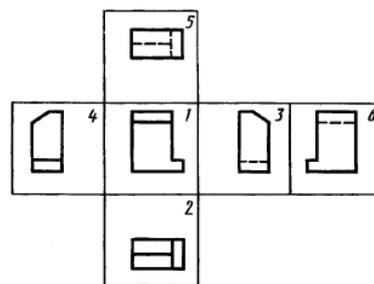


Рис. 2.2

Согласно ГОСТ 2.305 – 2008 вид - ортогональная проекция обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета, расположенного между ним и плоскостью проецирования. Названия основных видов. Для видов, получаемых на основных плоскостях проекций (основные виды, см. рис. 2.2), установлены следующие названия: 1 - вид спереди (главный вид); 2 - вид сверху; 3 - вид слева; 4 - вид справа; 5 - вид снизу; 6- вид сзади.

## Тема 2.2. Правила выполнения разрезов. (0,25 часа)

Разрез - изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями; при этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета.

На разрезе показывают то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней. Плоскости мысленного рассечения предмета (мнимые плоскости) называют секущими плоскостями. Секущую плоскость разреза выбирают так, чтобы можно было наиболее полно показать внутренние формы предмета. Наглядное представление о разрезах и изображениях деталей с разрезом в системе трех ортогональных плоскостей проекций приведено на рисунке 2.3-2.5. Секущая плоскость изображена виде прозрачной пластины, пересекающей деталь.

Разрезы разделяют в зависимости от положения секущей плоскости на горизонтальные, вертикальные и наклонные, от числа секущих плоскостей - на простые (при одной секущей плоскости) и сложные (при нескольких секущих плоскостях), а также на местные (или частичные) и развернутые.

В зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций простые разрезы разделяют на: горизонтальные - секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций (см., например, разрез А-А на рис. 2.3); вертикальные - секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций (см., например, разрез на рис. 2.4); наклонные - секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого, или секущая плоскость которого не параллельна ни одной из основных плоскостей. Вертикальный разрез называют

фронтальным, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций (см., например, разрез на рис. 2.4), и профильным, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций (например, на рис. 2.5).

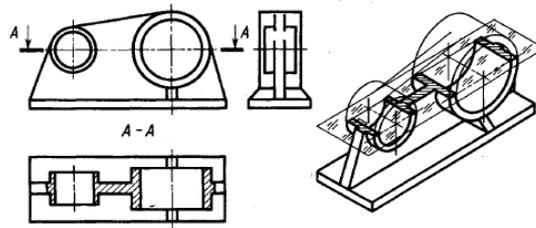


Рис. 2.3

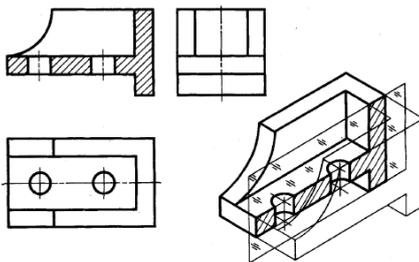


Рис. 2.4

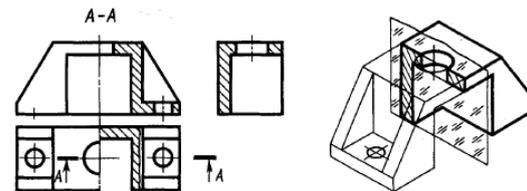


Рис. 2.5

Часть детали, расположенная между секущей плоскостью и наблюдателем, мысленно удалена, а образованное секущей плоскостью сечение заштриховано. На чертежах положение секущей плоскости разреза обозначают разомкнутой линией со стрелками и прописными буквами русского алфавита. Стрелки указывают направление взгляда при проецировании. Над разрезом делают надпись по типу А-А (см. рис.2.3).

*Сложные разрезы.* В зависимости от положения секущих плоскостей различают ступенчатые и ломаные разрезы. Ступенчатыми называют разрезы, когда секущие плоскости параллельны (см. рис.2.6). *Ломаными* называют разрезы, когда секущие плоскости пересекаются (например, разрез А-А на рис. 2.7). При ломаных разрезах секущие плоскости условно поворачивают до совмещения в одну плоскость. Если совмещенные секущие плоскости окажутся параллельными одной из основных плоскостей проекций, то ломаный разрез допускается помещать на месте соответствующего вида. Разрез, служащий для выявления формы предмета лишь в отдельном, ограниченном месте, называют *местным*. Местный разрез отделяют от вида сплошной волнистой линией. Эта линия не должна совпадать с какими-либо другими линиями изображения (рис. 2.8).

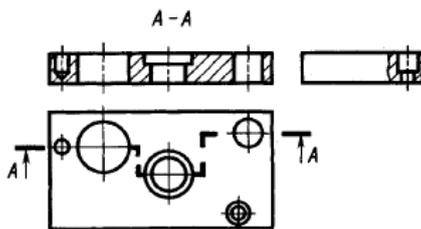


Рис. 2.6

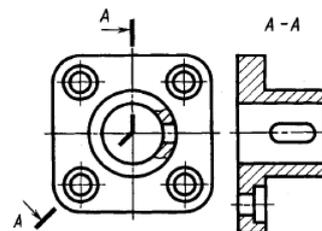


Рис. 2.7

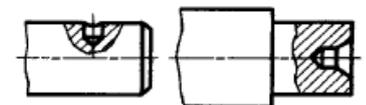


Рис. 2.8

### Тема 2.3. Правила выполнения сечений. (0,25 часа)

*Сечение* - изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На сечении показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости. Если секущая плоскость проходит через некруглое отверстие и сечение получается состоящим из отдельных самостоятельных частей, то следует применять разрезы. Пример сечения предмета секущей фронтально-проецирующей плоскостью приведен на рисунке 2.9. Оно несколько смещено вправо относительно положения на фронтальной проекции. На чертежах сечения обозначают так же, как и

разрезы: секущую плоскость - разомкнутой линией со стрелками и буквами, построенное сечение - надписью над ним типа А-А. Координатные оси, с помощью которых строят сечение, на чертежах не обозначают.

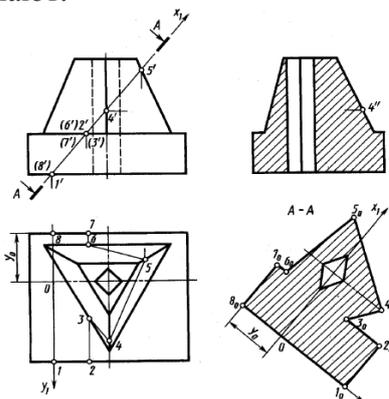


Рис. 2.9

Сечения, не входящие в состав разреза, разделяют на *вынесенные* (рис. 2.10, а) и *наложенные* (рис. 2.10, б). Вынесенные сечения являются предпочтительными, и их допускается располагать в разрыве между частями одного и того же вида (рис. 2.10, в). Контур вынесенного сечения, а также сечения, входящего в состав разреза, изображают сплошными основными линиями, а контур наложенного сечения (рис. 2.10, б) – сплошными тонкими линиями, причем контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают. Для несимметричных сечений линию сечения обозначают разомкнутой линией с указанием стрелками направления взгляда. При этом для вынесенного сечения ее обозначают одинаковыми прописными буквами русского алфавита, а изображение сечения надписывают (рис. 2.10, а).

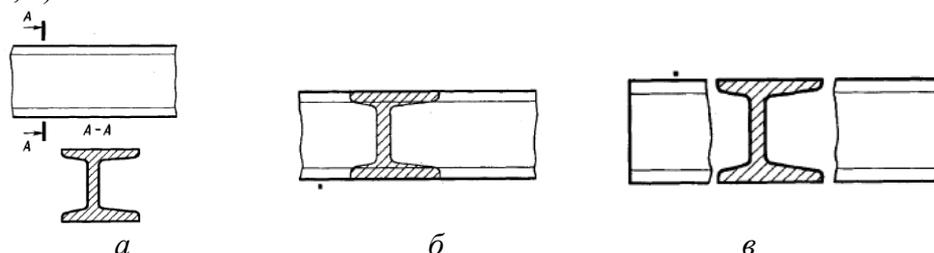


Рис. 2.10

В соответствии с ГОСТ 2.305 – 2008 количество изображений (видов, разрезов, сечений) должно быть наименьшим, но обеспечивающим полное и однозначное представление о предмете при применении установленных в соответствующих стандартах условных обозначений, знаков и надписей.

#### Тема 2.4. Изображение и обозначение резьбы. (0,25 часа)

Многие детали машин и приборов имеют резьбу. Поверхность резьбы образует плоский контур при винтовом движении по цилиндрической или конической поверхности. Наибольшее распространение получили цилиндрические и конические резьбы, т. е. резьбы, образованные на цилиндрических или конических поверхностях (деталей). *Резьбовое соединение* - это соединение деталей с помощью резьбы, обеспечивающее их относительную неподвижность или перемещение одной детали относительно другой. В резьбовом соединении одна из деталей имеет наружную резьбу, другая внутреннюю.

*Наружная резьба* - это резьба, образованная на наружной цилиндрической или конической поверхности. В резьбовом соединении наружная резьба является охватываемой поверхностью, а имеющая ее деталь носит название болт (винт и др.). На чертеже деталей наружную резьбу показывают условно: сплошными основными линиями по наружному диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями по внутреннему диаметру.

*Внутренняя резьба* - это резьба, образованная на внутренней цилиндрической или конической поверхности. В резьбовом соединении внутренняя резьба является охватывающей поверхностью.

Примеры изображения наружной цилиндрической и конической резьбы на всей длине детали приведены на рисунке 2.11, *а,б* внутренней цилиндрической и конической резьбы - на рисунке 2.11, *а,б*. Фаску, размер которой совпадает с глубиной резьбы, в проекции на плоскость, перпендикулярную оси резьбы, не изображают. Невидимую резьбу изображают штриховыми линиями одинаковой толщины по наружному и внутреннему диаметрам. Линию, определяющую границу резьбы, наносят в конце полного профиля резьбы (до начала сбега).

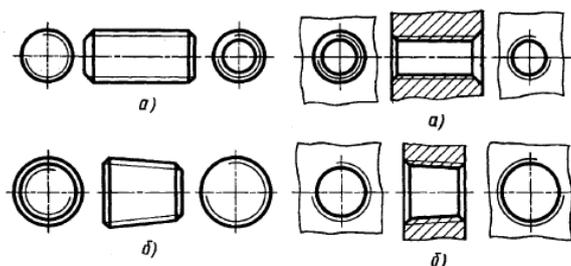


Рис. 2.11

Штриховку в разрезах и сечениях доводят до сплошной толстой линии, т. е. до линии наружного диаметра наружной резьбы и до линии внутреннего диаметра внутренней резьбы. Границу резьбы проводят всегда до линии наружного диаметра резьбы и изображают, когда она видима, сплошной основной линией (см. рис. 2.12).

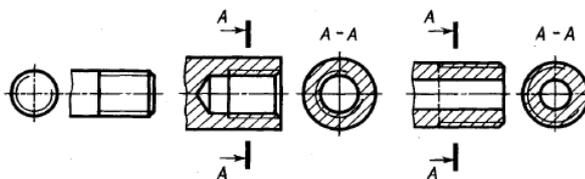


Рис. 2.12

Примеры обозначений резьбы на чертежах приведены на рисунке 2.13. Условное изображение *метрической* резьбы с крупным шагом состоит из буквы «М» и номинального диаметра, для резьбы с мелким шагом добавляется величина шага. Например, на рисунке 2.13, *а* показано обозначение метрической резьбы номинальным диаметром 24 мм с крупным шагом 3 мм на стержне, а на рисунке 2.13, *б* метрической резьбы номинальным диаметром 24 мм с мелким шагом 2 мм в отверстии. Для левой резьбы после условного обозначения ставят «LH», например М 24 х 2LH.

Условное обозначение *трубной цилиндрической* резьбы состоит из буквы G, условного размера внутреннего диаметра трубы в дюймах и буквенного обозначения класса точности А и В. Примеры обозначения приведены на рисунке 2.13, *в* - на трубе, на рисунке 2.13, *г* - в отверстии.

Условное обозначение *трапецидальной* резьбы состоит из букв «Tr», наружного диаметра и шага резьбы, например «Tr 36х6» - на рисунке 2.13, *д*.

Условное обозначение *упорной* резьбы состоит из буквы «S», наружного диаметра и шага резьбы, например «S 80 х 16» - на рисунке 2.13, *е*.

На рисунке 2.13, *ж* и *з* показаны примеры обозначения *конической дюймовой* резьбы левого направления (R3/4LH) на стержне и конической дюймовой резьбе - правой в отверстии (Rc1).

Для обозначения параметров нестандартной резьбы показывают все ее основные размеры. Например, на рисунке 2.13, *и* показана резьба *прямоугольного* профиля. Рекомендуется показывать в масштабе увеличения профиль данной резьбы и все ее

размеры:  $d$  - диаметр резьбы по выступам,  $d_1$  - диаметр резьбы по впадинам,  $p$  - шаг резьбы,  $a$  – величина выступа.

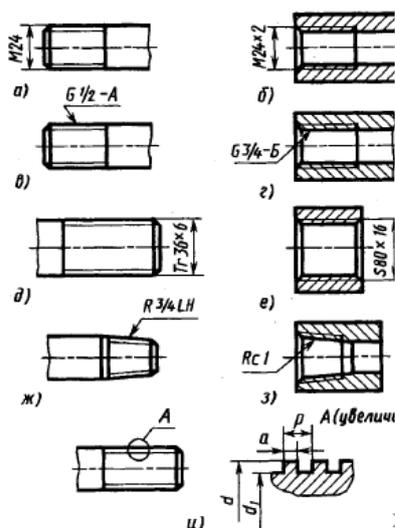


Рис. 2.13

### Тема 2.5. Изображение соединений деталей. Соединение болтом. (0,25 часа)

Резьбовые соединения разделяют на два типа: а) соединения, осуществляемые непосредственным свинчиванием соединяемых деталей, без применения специальных соединительных частей; б) соединения, осуществляемые с помощью специальных соединительных деталей, таких, как болты, винты, шпильки, фитинги и др.

*Болтовое соединение.* В комплект болтового соединения (рис. 2.14) входят следующие крепежные детали (крепежные изделия): 1 - болт, 2 - гайка, 3 - шайба. Указанные крепежные детали имеют различную форму и размеры. При конструировании приборов и машин применяют, как правило, только стандартизованные крепежные детали.

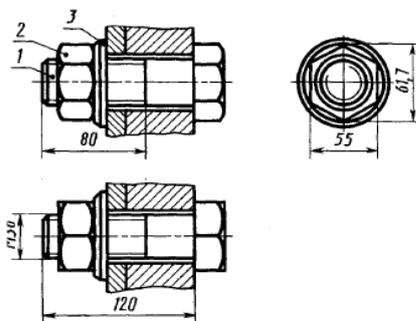


Рис. 2.14

### Тема 2.6. Изображение соединений деталей. Соединение шпилькой. (0,25 часа)

Если болт нельзя пропустить насквозь через обе детали (одна из них, например, имеет очень большую толщину), вместо него применяют шпильку, представляющую собой цилиндрический стержень с резьбой на обоих концах. Конструктивное (действительное) и упрощенное изображение соединения двух деталей при помощи шпильки, гайки, шайбы и шплинта показано на рис.2.15. Наибольшее распространение получили шпильки общего применения, конструкция и размеры которых даны в ГОСТ 22032–76 и в ГОСТ 22040–76. Резьбовой конец шпильки  $L_1$  называется ввинчиваемым, или посадочным резьбовым концом. Он предназначен для завинчивания в резьбовое отверстие (гнездо под шпильку), сделанное в одной из соединяемых деталей. Длина  $L_1$  ввинчиваемого резьбового конца определяется материалом детали, в которую он должен ввинчиваться, и в зависимости от этого берется по соответствующему ГОСТу на шпильки. Другой конец

шпильки называется гаечным концом и предназначен для навинчивания на него гайки при соединении скрепляемых деталей.

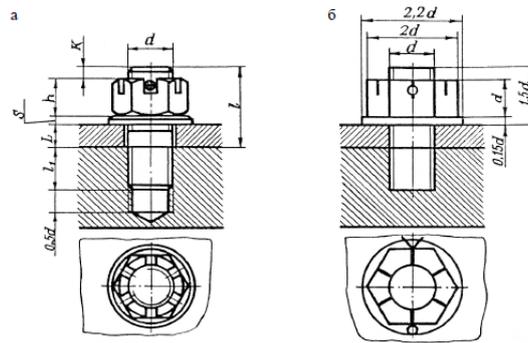


Рис. 2.15

Для соединения деталей шпильку ввинчиваемым концом завинчивают до упора в деталь, имеющую резьбовое гнездо. На другой конец шпильки устанавливают скрепляемую деталь, шайбу и навинчивают гайку. Номинальная длина шпильки  $L$  (без резьбового ввинчиваемого конца  $L_1$ ) зависит от толщины  $L$  присоединяемой детали (фланца 2) и предварительно рассчитывается как  $L_{ор}$  (ориентировочная) по формуле

$$L_{ор} \geq L + S_{ш} + h + k ,$$

где  $L$  – толщина присоединяемой детали;  $S_{ш}$  – толщина шайбы;  $h$  – высота гайки;  $k$  – величина выхода конца шпильки из гайки ( $k = 0,25-0,3d$ ). Рассчитанная  $L_{ор}$  округляется до большей величины, и ближайшее значение этой величины определяется из ГОСТ.

### Тема 2.7. Изображение соединений деталей. Соединение винтом. (0,25 часа)

Винтовые соединения. Варианты конструктивного расположения головок винтов относительно привинчиваемой детали достаточно разнообразны. Некоторые типовые примеры из них приведены на рисунке 2.16. В конструкциях на рисунке 2.16, *а, б, в* винт предотвращается от самоотвинчивания пружинной шайбой, располагаемой под цилиндрической или сферической головкой. В конструкциях *г* и *д* винтов с потайной и полупотайной головками такого стопорения не предусмотрено.

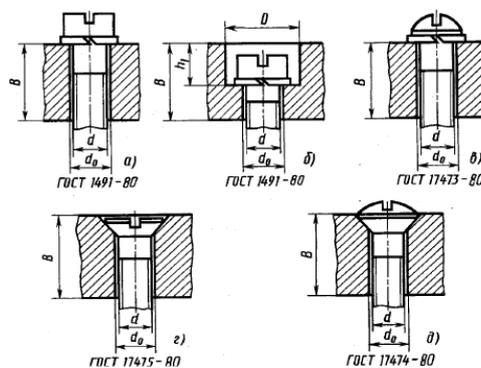


Рис. 2.16

### Раздел 3. КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

#### Тема 3.1. Электронная конструкторская документация. Чертежи и модели изделий. (0,25 часа)

Согласно ГОСТ 2.102 – 68 к конструкторским документам относят графические и текстовые документы, которые в отдельности или в совокупности определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта. Документы подразделяют на виды, указанные в табл. 1.

Таблица 1

Некоторые виды конструкторских документов

Вид документа	Определение
1. Рабочий чертёж детали	Документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля
2. Сборочный чертёж	Документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля. К сборочным чертежам также относят чертежи, по которым выполняют гидромонтаж и пневмомонтаж
3. Чертёж общего вида	Документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы изделия
5. Теоретический чертёж	Документ, определяющий геометрическую форму (обводы) изделия и координаты расположения составных частей
6. Габаритный чертёж	Документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами
7. Электромонтажный чертёж	Документ, содержащий данные, необходимые для выполнения электрического монтажа изделия
8. Монтажный чертёж	Документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия, а также данные, необходимые для его установки (монтажа) на месте применения. К монтажным чертежам также относят чертежи фундаментов, специально разрабатываемых для установки изделия
9. Упаковочный чертёж	Документ, содержащий данные, необходимые для выполнения упаковывания изделия
10. Схема	Документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними
11. Спецификация	Документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта

При определении комплектности конструкторских документов на изделия следует различать:

- основной конструкторский документ;
- основной комплект конструкторских документов;
- полный комплект конструкторских документов.

Основной конструкторский документ изделия полностью и однозначно определяют данное изделие и его состав. За основные конструкторские документы принимают: для деталей -

чертеж детали; для сборочных единиц, комплексов и комплектов – сборочный чертёж и спецификацию.

### *Рабочий чертёж детали.*

Согласно ГОСТ 2.102 – 68 чертёж детали – это конструкторский документ, содержащий изображение, размеры и другие данные, необходимые для её изготовления и контроля. Чертёж детали должен соответствовать требованиям производства, так как по нему разрабатывается технологический процесс её изготовления и должен содержать следующую информацию:

согласно ГОСТ 2.305 - 2008 минимальное, но достаточное количество изображений (видов, разрезов, сечений), полностью отражающих форму детали. При этом необходимо учесть, что деталь, изображаемая на чертеже должна иметь рациональную и технологичную форму. Под рациональностью понимается образование её из элементарных геометрических тел, а под технологичностью – возможность изготовления и обработки её поверхностей с применением минимального количества производственных операций;

согласно ГОСТ 2.307 - 68 все необходимые размеры с учётом полной метрической характеристики геометрических форм, составляющих деталь, и технологии её изготовления;

согласно ГОСТ 2.309 - 73 шероховатость - совокупность микронеровностей, образующих рельеф поверхности детали. Основные параметры, определяющие шероховатость: Ra – среднее арифметическое отклонение профиля; Rz – высота неровностей профиля по десяти точкам;

согласно ГОСТ 2.316 – 68 технические требования - данные, относящиеся к процессу изготовления детали, которые невозможно на чертеже отобразить графически. К техническим требованиям относятся: требования к материалу детали и термической обработке; требования к качеству поверхности детали, покрытию, отделке; предельные отклонения размеров от номинальных; отклонения формы и взаимного расположения поверхностей;

согласно ГОСТ 2.306 - 68 материал, из которого будет изготовлена деталь. На чертеже обозначение материала помещают в основной надписи. Оно состоит из названия материала, его марки и номера стандарта.

### *Сборочный чертёж*

В соответствии с Государственным стандартом, определяющим виды и комплектность конструкторских документов 2.102 – 68, сборочный чертеж - это документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для её сборки (изготовления) и контроля.

Согласно ГОСТ 2.109 – 73 «Основные требования к чертежам» сборочный чертёж должен содержать: изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивающее возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы; размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу. Различают размеры: габаритные, определяющие внешние или внутренние очертания изделия; установочные, по которым изделие устанавливается на месте монтажа; присоединительные, по которым изделие присоединяется к другим изделиям; указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается не заданными предельными отклонениями размеров, а подбором или пригонкой; указания о выполнении неразъёмных соединений (сварных, паяных, клёпанных, клееных и др.); номера позиций составных частей, входящих в изделие.

На сборочном чертеже все составные части сборочной единицы нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации этой сборочной единицы. Номера позиций наносят на полках линий-выносок, проводимых от изображений составных частей, и располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения

при этом группируют в колонку или строчку по возможности на одной линии. Размер шрифта номеров позиций должен быть на один-два номера больше, чем размер шрифта, принятого для размерных чисел на том же чертеже; техническую характеристику изделия (при необходимости). координаты центра масс (при необходимости).

#### Спецификация.

Согласно ГОСТ 2. 106 – 96 *спецификация* – это конструкторский документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта. В спецификацию вносят составные части, входящие в специфицируемое изделие, а также конструкторские документы, относящиеся к этому изделию и к его неспецифицируемым составным частям. Спецификация выполняется и оформляется на отдельных листах формата А4. Допускается совмещение спецификации со сборочным чертежом при условии их размещения на листе формата А4. При этом ее располагают над основной надписью и заполняют в том же порядке и по той же форме, что и спецификацию, выполненную на отдельных листах.

Спецификация в общем случае состоит из разделов, которые располагают в определённой последовательности: документация, комплексы, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, прочие изделия, материалы, комплекты.

В раздел «Документация» включают документы, составляющие основной комплект конструкторских документов специфицируемого изделия. Документы внутри раздела располагают в такой последовательности: документы на специфицируемое изделие; документы на неспецифицируемые составные части.

В разделы «Комплексы», «Сборочные единицы», «Детали» вносят комплексы, сборочные единицы и детали, непосредственно входящие в специфицируемое изделие. Их запись рекомендуется производить в алфавитном порядке сочетания букв кодов организаций-разработчиков.

В раздел «Стандартные изделия» в алфавитном порядке записывают изделия, примененные по стандартам: межгосударственным, государственным, отраслевым.

В раздел «Материалы» включают все материалы, входящие в специфицируемое изделие.

### Тема 3.2. Электронная модель и чертеж детали. (0,25 часа)

Общие требования к выполнению электронных моделей изделий устанавливает ГОСТ 2.052 – 2006. *Электронная модель изделия (модель)* – электронная модель детали или сборочной единицы по ГОСТ 2.101.

В компьютерной среде ЭМИ представляется в виде набора данных, которые вместе определяют геометрию изделия и иные свойства, необходимые для изготовления, контроля, приемки, сборки, эксплуатации, ремонта и утилизации изделия. ЭМИ используется для: интерпретации всего составляющего модель набора данных в автоматизированных системах; визуального отображения конструкции изделия в процессе выполнения проектных работ. ЭМИ, как правило, состоит из геометрической модели изделия, произвольного количества атрибутов модели и может включать технические требования (рис.3.1.).



Рис. 3.1.

Государственный стандарт устанавливает совокупность базовых понятий, являющихся нормативными при разработке электронных моделей изделий машиностроения и приборостроения:

*атрибут модели* – размер, допуск, текст или символ, требуемый для определения геометрии изделия или его характеристики;

*электронная геометрическая модель (геометрическая модель), (ЭГМ)* – электронная модель изделия, описывающая геометрическую форму, размеры и иные свойства изделия, зависящие от его формы и размеров;

*геометрия модели* – совокупность геометрических элементов, которые являются элементами геометрической модели изделия;

*вспомогательная геометрия* – совокупность геометрических элементов, которые используются в процессе создания геометрической модели изделия, но не являются элементами этой модели;

*геометрический элемент* – идентифицированный (именованный) геометрический объект, используемый в наборе данных;

*модельное пространство* – пространство в координатной системе модели, в котором выполняется геометрическая модель изделия;

*плоскость обозначений и указаний (ПОУ)* – плоскость в модельном пространстве, на которую выводится визуально воспринимаемая информация, содержащая значения атрибутов модели, технические требования, обозначения и указания;

*данные расположения* – данные, определяющие размещение и ориентацию изделия и его составных частей в модельном пространстве в указанной системе координат.

Электронный конструкторский документ, выполненный в виде модели, должен соответствовать следующим основным требованиям:

- а) атрибуты (модели), обозначения и указания, приведенные в модели, должны быть необходимыми и достаточными для указанной цели выпуска (например, изготовления изделия или построения чертежа в бумажной и/или электронной форме);
- б) все значения размеров должны получаться из модели;
- в) определенные в модели связанные геометрические элементы, атрибуты, обозначения и указания должны быть согласованы;
- г) атрибуты, обозначения и указания, определенные и/или заданные в модели и изображенные на чертеже, должны быть согласованы;
- д) если в модели не содержатся все конструкторские данные изделия, то это должно быть указано;
- е) не допускается давать ссылки на нормативные документы, определяющие форму и размеры конструктивных элементов (отверстия, фаски, канавки и т.п.), если в них нет геометрического описания этих элементов. Все данные для их изготовления должны быть приведены в модели;
- ж) разрядность при округлении значений линейных и угловых размеров должна задаваться разработчиком;

Модель должна содержать полный набор конструкторских, технологических и физических параметров согласно ГОСТ 2.109 – 73, необходимых для выполнения расчетов, математического моделирования, разработки технологических процессов и др. Полнота и подробность модели на различных стадиях разработки должны соответствовать требованиям стандартов Единой системы конструкторской документации.

При отображении в модельном пространстве ЭМИ должна иметь одну координатную систему, изображаемую тремя взаимно перпендикулярными линиями с началом координат, расположенным в пересечении трех осей, при этом должны соблюдаться следующие условия: задание положительного направления и обозначения каждой оси; использование правосторонней координатной системы модели, если не оговорена другая координатная система (рис.3.2).

При разработке ЭМИ используют следующие типы представления формы изделия: каркасное, поверхностное, и твердотельное.

*Каркасная модель* – трёхмерная электронная геометрическая модель, представленная пространственной композицией точек, отрезков и кривых, определяющих в пространстве форму изделия; *Поверхностная модель* – трёхмерная электронная геометрическая модель, представленная множеством ограниченных поверхностей, определяющих в пространстве форму изделия; *Твёрдотельная модель* – трёхмерная электронная геометрическая модель, представляющая форму изделия как результат композиции заданного множества геометрических элементов с применением операций булевой алгебры к этим геометрическим элементам.

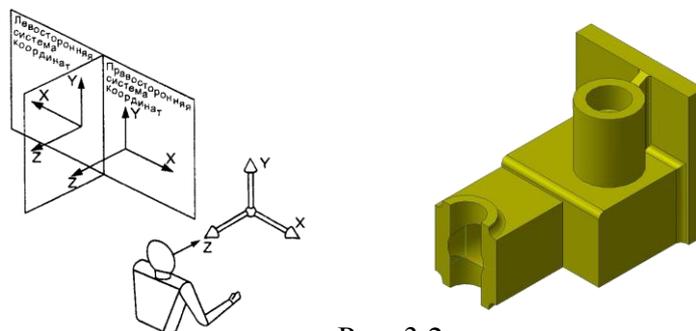


Рис. 3.2.

При отображении модели на электронном устройстве (например, монитор) должны соблюдаться следующие требования (рис. 3.3.):

- а) размеры, предельные отклонения и указания (в т.ч. технические требования) необходимо показывать в основных плоскостях проекций по ГОСТ 2.305, аксонометрических проекциях по ГОСТ 2.317 или иных удобных для визуального восприятия отображаемой информации плоскостях проекций;
- б) текст должен быть определен в одной или более ПОУ;
- в) отображение информации в любой ПОУ не должно накладываться на отображение любой другой информации в той же самой ПОУ;

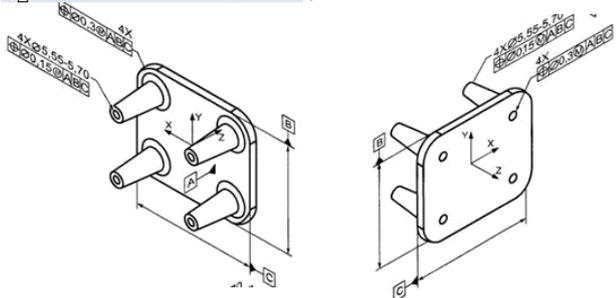


Рис. 3.3.

- г) текст требований, обозначений и указаний в пределах любой ПОУ не должен помещаться поверх геометрии модели, когда он расположен перпендикулярно к плоскости отображения модели;
- д) для аксонометрических проекций ориентация ПОУ должна быть параллельна, перпендикулярна или совпадать с поверхностью, к которой она применяется;
- е) при повороте модели должно быть обеспечено необходимое направление чтения в каждой ПОУ.

### Тема 3.3. Электронная модель сборочной единицы. Сборочный чертеж. (0,25 часа).

*Электронная модель детали (ЭМД)* разрабатывают на все детали, входящие в состав изделия, если техническим заданием предусмотрено выполнение документации только в виде ЭМИ. ЭМД необходимо разрабатывать по размерам, которым изделие должно соответствовать перед сборкой. Условные обозначения материала записывают в ЭМД в соответствии с ГОСТ 2.109.

*Электронная модель сборочной единицы (ЭМСЕ)* должна давать представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых в сборочную единицу, и

содержать необходимую и достаточную информацию для осуществления сборки и контроля. Электронные модели деталей, входящие в состав ЭМСЕ, рекомендуется включать в сборочную модель как самостоятельные модели, размещая их в координатной системе ЭМСЕ и задавая данные расположения.

ЭМСЕ должна содержать:

- а) номера позиций составных частей, входящих в изделие;
- б) установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры;
- в) техническую характеристику изделия (при необходимости);
- г) указания о характере сопряжения элементов ЭМСЕ и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается не заданными предельными отклонениями размеров, а подбором, пригонкой и т.п.;
- д) указания о выполнении неразъемных соединений (сварных, паяных и др.)

Все составные части сборочной единицы нумеруют. Номера позиций должны соответствовать указанным в спецификации и/или электронной структуре изделия этой сборочной единицы.

### 4.3 Лабораторные работы

Учебным планом не предусмотрено.

### 4.4. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1.	1.	Метод проекций. Центральное и параллельное проецирование.	0,25	тренинг в малой группе -
2.		Проецирование прямой линии	0,25	тренинг в малой группе
3.		Комплексный чертеж плоскости. Прямые и точки в плоскости.	0,5	тренинг в малой группе
4.		Главные позиционные задачи для прямой и плоскости, двух плоскостей	1	-
5.		Способы преобразования чертежа, замена плоскостей проекций, способ вращения.	0,25	-
6.		Поверхности.	0,5	тренинг в малой группе
7.		Пересечение поверхностей плоскостью и прямой, развёртки.	0,5	тренинг в малой группе
8.		Пересечение поверхностей. Метод секущих плоскостей и метод сфер.	0,5	тренинг в малой группе
9.		АксонOMETрические проекции.	0,25	
10.	2.	Правила выполнения видов.	0,25	-
11.		Правила выполнения разрезов.	0,25	-
12.		Правила выполнения сечений.	0,25	
13.		Изображение и обозначение резьбы.	0,25	-
14.		Изображение соединений деталей. Соединение болтом.	0,25	
15.		Изображение соединений деталей. Соединение шпилькой.	0,5	тренинг в малой группе -
16.		Изображение соединений деталей. Соединение винтом.	0,25	-

17.	3.	Электронная конструкторская документация. Чертежи и модели изделий. Общие сведения.	1	-
18.		Электронная модель и чертеж детали	0,5	тренинг в малой группе
19.		Электронная модель сборочной единицы. Сборочный чертеж.	0,5	тренинг в малой группе
<b>ИТОГО</b>			<b>8</b>	<b>4</b>

#### 4.5. Контрольные мероприятия: контрольная работа

##### 2 курс

Контрольная работа (кр)

*Тема.* Правила выполнения и оформления конструкторской документации.

*Цель работы.* Сформировать знания, умения и навыки разработки конструкторской документации с использованием современных систем автоматизированного проектирования. Выявить уровень соответствия теоретических знаний, практических умений и навыков требованиям образовательного стандарта.

*Содержание* четырнадцати графических заданий соответствует содержанию разделов 9-12 дисциплины.

*Структура, объём.* Контрольная работа оформляется на ватмане формата А4 в виде альбома из 14 чертежей с титульным листом, выполненных с использованием системы автоматизированного проектирования.

Контрольные работы по начертательной геометрии и инженерной графике рассматриваются как одна из форм итогового контроля знаний.

Защита контрольных работ назначается преподавателем для всей группы или проводится в соответствии с графиком консультаций преподавателя.

Выдача задания, прием контрольной работы проводится с календарным учебным графиком.

Оценка	Критерии оценки контрольной работы
отлично	Оценки «отлично» заслуживает обучающийся, который: способен разрабатывать конструкторскую документацию с использованием современных САПР.
хорошо	Оценки «хорошо» заслуживает обучающийся, который испытывает незначительные затруднения при разработке конструкторской документации с применением САПР.
удовлетворительно	Оценки «удовлетворительно» заслуживает обучающийся, который недостаточно эффективно использует систему автоматизированного проектирования для разработки различных типов конструкторской документации.
неудовлетворительно	Оценки «неудовлетворительно» заслуживает обучающийся, который и не владеет основными алгоритмами и процедурами разработки технической документации при использовании САПР. Оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не способны самостоятельно продолжить изучение предусмотренного контрольной работой учебного материала дисциплины без дополнительной консультации преподавателя.
зачтено	«Зачтено» заслуживает обучающийся который в совершенстве владеет системой знаний, умений и навыков разработки конструкторской документации с использованием современных систем автоматизированного проектирования.
не зачтено	«Не зачтено» заслуживает обучающийся который не владеет системой знаний, умений и навыков разработки конструкторской документации с использованием современных систем автоматизированного проектирования.

**5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>		<i>Σ комп.</i>	<i>t<sub>ср</sub>, час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>ОПК-2</i>	<i>ПК-5</i>				
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
1. Начертательная геометрия	72	+	+	2	36	Лк,ПЗ, СР	Экзамен, зачет с оценкой
2. Инженерная графика	44	+	+	2	22	ЛК,ПЗ, СР	Экзамен, зачет с оценкой
3. Компьютерная графика	51	+	+	2	25,5	ЛК,ПЗ, СР	Экзамен, зачет с оценкой
<i>всего часов</i>	<b>167</b>	<b>83,5</b>	<b>83,5</b>	<b>2</b>	<b>83,5</b>		

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Иващенко Г.А. Начертательная геометрия. Инженерная графика: курс лекций / Г. А. Иващенко, Л. А. Киргизова. - Братск : БрГУ, 2009. - 143 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Иващенко%20Г.А.Начертательная%20геометрия.Инженерная%20графика.2009.pdf>

2. Правила выполнения разрезов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Л. П. Григорьевская и др. - Братск : БрГУ, 2003. - 98 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Правила%20выполнения%20разрезов.Уч.%20пособие.2003.pd>

3. Правила выполнения сечений [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. П. Григорьевская, Г. А. Иващенко [и др.]. - Братск : БрГТУ, 2003. - 77 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Правила%20выполнения%20сечений.Уч.%20пособие.2003.pdf>

4. Машинная графика. Простановка размеров. Трехмерное моделирование поверхностей : учебное пособие / Л. П. Григорьевская, Г. А. Иващенко, Л. Б. Григорьевский и др. - Братск: БрГУ, 2007. - 202 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Машинная%20графика.Простановка%20размеров.Трехмерное%20моделирование%20поверхностей.Уч.%20пособие.2007.pdf>

5. Григорьевский Л.Б. Неразъемные соединения. САПР технологии. Построение трехмерных моделей и разработка чертежей неразъемных сборочных единиц в системах автоматизированного проектирования КОМПАС 3D и T-FLEX CAD: учебное пособие / Л. Б. Григорьевский. - Братск : БрГУ, 2012. - 84 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Григорьевский%20Л.Б.Неразъёмные%20соединения.САПР-технологии.Построение%20трехмерных%20моделей...Учеб.пособие.2012.pdf>

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	<i>Наименование издания</i>	<i>Вид занятия</i>	<i>Количество экземпляров в библиотеке, шт.</i>	<i>Обеспеченность, (экз./чел.)</i>
1	2	3	4	5
<b>Основная литература</b>				
1.	Чекмарев А.А. Инженерная графика : учебник для вузов / А. А. Чекмарев. - 10-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2008. - 382 с.	Лк, ПЗ,	200	1
<b>Дополнительная литература</b>				
1.	Гордон В. О. Курс начертательной геометрии: учебное пособие для вузов / В. О. Гордон, М. А. Семенцов-Огиевский. - 27-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2007. - 272 с.	ПЗ, СР	50	0,5
2.	Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение : учебник / А. А. Чекмарев. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 471 с.	ПЗ, СР	15	0,3

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ [http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=](http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=).
2. Электронная библиотека БрГУ <http://ecat.brstu.ru/catalog>.
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» <http://biblioclub.ru>.
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com>.
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru>
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>.
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ) <https://uisrussia.msu.ru/>.
8. Национальная электронная библиотека НЭБ <http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/>.

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Приступая к изучению новой учебной дисциплины, обучающиеся должны ознакомиться с учебной программой, учебной, научной и методической литературой, имеющейся в библиотеке ФГБОУ ВО «БрГУ», получить в библиотеке рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, завести новую тетрадь для конспектирования лекций и работы с первоисточниками.

В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

В ходе подготовки к практическим занятиям изучить основную литературу. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой.

В ходе практических занятий принимать активное участие в обсуждении учебных вопросов.

С целью более глубокого усвоения изучаемого материала задавать вопросы преподавателю. После подведения итогов практического занятия устранить недостатки, отмеченные преподавателем.

При подготовке к экзамену и зачету повторять пройденный материал в строгом соответствии с учебной программой, примерным перечнем учебных вопросов, выносящихся на зачет и содержащихся в данной программе. Использовать конспект лекций и литературу, рекомендованную преподавателем. Обратит особое внимание на темы учебных занятий, пропущенных студентом по разным причинам. При необходимости обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется обучающимся по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Содержание внеаудиторной самостоятельной определяется в соответствии с рекомендуемыми видами заданий согласно примерной и рабочей программ учебной дисциплины.

Видами заданий для внеаудиторной самостоятельной работы являются:

- *для овладения знаниями*: чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы), составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста, работа со словарями и справочниками, ознакомление с нормативными документами, учебно-исследовательская работа, использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и Интернета и др.

- *для закрепления и систематизации знаний*: работа с конспектом лекции, обработка текста, повторная работа над учебным материалом (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей, составление плана, составление таблиц для систематизации учебно материала, ответ на контрольные вопросы, заполнение рабочей тетради, аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, конспект-анализ и др), подготовка мультимедиа сообщений/докладов к выступлению на семинаре (конференции), подготовка реферата, составление библиографии, тематических кроссвордов, тестирование и др.

- *для формирования умений*: решение задач и упражнений по образцу, решение вариативных задач, выполнение чертежей, схем, выполнение расчетов (графических работ), решение ситуационных (профессиональных) задач, подготовка к деловым играм, проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности, опытно экспериментальная работа, рефлексивный анализ профессиональных умений с использованием аудио- и видеотехники и др.

Самостоятельная работа осуществляется индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

### **Алгоритм проведения интерактивного занятия в форме тренинга в малой группе:**

#### *1. Подготовка к занятиям*

Преподаватель знакомит обучающихся с тематикой предстоящих занятий заранее для того, чтобы они самостоятельно могли выбрать соответствующие темы в зависимости от профессиональных интересов каждого. Определившись с выбором темы обучающиеся подготавливают сообщения (доклады), форма которых определяется каждым обучающимся самостоятельно, например, слайд-презентация, видео- или раздаточный материал по теме.

#### *2. Вступление*

Сообщается тема и цель занятия. Производится информирование участников о правилах и принципах работы в малой группе: быть активными, уважать мнения участников, быть доброжелательными, пунктуальными, ответственными, открытыми для взаимодействия, проявлять свою заинтересованность и способность придерживаться регламента.

#### *3. Основная часть*

Обучающийся докладывает аудитории подготовленную им информацию со ссылками на нормативно-технические источники, на учебную и дополнительную литературу.

При этом у обучающихся в ходе обсуждения в малых группах развиваются аналитические способности, комплексное видение проблемы, толерантность к разным точкам зрения, что позволяет вовлечь в обсуждение менее активных участников тренинга.

#### *4. Заключение*

Напоминание темы и цели занятия. Подведение итогов в виде фронтальной беседы и ответов на ключевые вопросы темы.

## 9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ

### Практическое занятие № 1

#### Метод проекций. Центральное и параллельное проецирование.

Цель работы: Научиться строить чертеж точки по методу прямоугольного проецирования

Задание: Построить три проекции точки. Построить недостающие проекции точек.

Порядок выполнения:

Приводится в дополнительной литературе [1] стр.10-19.

Форма отчетности:

Отчет оформляется на листе формата А3 бумага-ватман согласно ГОСТ 2.104-2006

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Иващенко Г.А. Начертательная геометрия. Инженерная графика: курс лекций / Г. А. Иващенко, Л. А. Киргизова. - Братск : БрГУ, 2009. - 143 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Иващенко%20Г.А.Начертательная%20геометрия.Инженерная%20графика.2009.pdf>

#### Основная литература

1. Чекмарев А.А. Инженерная графика: учебник для вузов / А. А. Чекмарев. - 10-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2008. - 382 с.

#### Дополнительная литература

1. Гордон В. О. Курс начертательной геометрии: учебное пособие для вузов / В. О. Гордон, М. А. Семенцов-Огиевский. - 27-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2007. - 272 с.
2. Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение : учебник / А. А. Чекмарев. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 471 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Способы проецирования.
2. Метод Монжа.
3. Точка в системе трех плоскостей проекций.

### Практическое занятие № 2 Проецирование прямой линии

Цель работы: Научиться строить чертеж прямой линии в ортогональных проекциях и по построенным изображениям определять ее положение относительно плоскостей проекций.

Задание: Построить проекции отрезка прямой линии и определить ее положение в пространстве.

Порядок выполнения:

Приводится в дополнительной литературе [1] стр. 25-29.

Форма отчетности:

Отчет оформляется на листе формата А3 бумага-ватман согласно ГОСТ 2.104-2006

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Иващенко%20Г.А.Начертательная%20геометрия.Инженерная%20графика.2009.pdf>

Иващенко Г.А. Начертательная геометрия. Инженерная графика: курс лекций / Г. А. Иващенко, Л. А. Киргизова. - Братск : БрГУ, 2009. - 143 с.

Основная литература

1. Чекмарев А.А. Инженерная графика: учебник для вузов / А. А. Чекмарев. - 10-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2008. - 382 с.

Дополнительная литература

1. Гордон В. О. Курс начертательной геометрии: учебное пособие для вузов / В. О. Гордон, М. А. Семенцов-Огиевский. - 27-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2007. - 272 с.
2. Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение : учебник / А. А. Чекмарев. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 471 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Задание прямой линии.
2. Прямые общего и частного положения.
3. Следы прямой.

### **Практическое занятие № 3**

#### **Комплексный чертеж плоскости. Прямые и точки в плоскости.**

Цель работы: Научиться задавать плоскость на комплексном чертеже и решать основные позиционные задачи.

Задание: В точке А задать плоскость общего положения  $\alpha(A,B,C)$  и построить точку принадлежащую  $\alpha$ .

Порядок выполнения:

Приводится в дополнительной литературе [1] стр. 44-45.

Форма отчетности:

Отчет оформляется на листе формата А3 бумага-ватман согласно ГОСТ 2.104-2006

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Иващенко%20Г.А.Начертательная%20геометрия.Инженерная%20графика.2009.pdf>

Иващенко Г.А. Начертательная геометрия. Инженерная графика: курс лекций / Г.

А. Иващенко, Л. А. Киргизова. - Братск : БрГУ, 2009. - 143 с.

#### Основная литература

1. Чекмарев А.А. Инженерная графика: учебник для вузов / А. А. Чекмарев. - 10-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2008. - 382 с.

#### Дополнительная литература

1. Гордон В. О. Курс начертательной геометрии: учебное пособие для вузов / В. О. Гордон, М. А. Семенцов-Огиевский. - 27-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2007. - 272 с.
2. Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение : учебник / А. А. Чекмарев. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 471 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Способы задания плоскости на чертеже.
2. Признак принадлежности прямой плоскости.
3. Признак принадлежности точки плоскости.

### Практическое занятие № 4

#### Главные позиционные задачи для прямой и плоскости, двух плоскостей

Цель работы: Научиться решать главные позиционные задачи для прямой и плоскости: пересечение прямой и плоскости; пересечение двух плоскостей.

Задание: Построить точку пересечения прямой общего положения MN с плоскостью общего положения Z(A,B,C). Построить линию пересечения двух плоскостей общего положения  $\varphi(D,E,F)$  и  $\Lambda(M,L,K)$ .

#### Порядок выполнения:

Приводится в дополнительной литературе [1] стр. 64-72;

#### Форма отчетности:

Отчет оформляется на листе формата А3 бумага-ватман согласно ГОСТ 2.104-2006

#### Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Иващенко%20Г.А.Начертательная%20геометрия.Инженерная%20графика.2009.pdf>

Иващенко Г.А. Начертательная геометрия. Инженерная графика: курс лекций / Г. А. Иващенко, Л. А. Киргизова. - Братск : БрГУ, 2009. - 143 с.

#### Основная литература

1. Чекмарев А.А. Инженерная графика: учебник для вузов / А. А. Чекмарев. - 10-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2008. - 382 с.

#### Дополнительная литература

1. Гордон В. О. Курс начертательной геометрии: учебное пособие для вузов / В. О. Гордон, М. А. Семенцов-Огиевский. - 27-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2007. - 272 с.
2. Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение : учебник / А. А. Чекмарев. - 4-е

изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 471 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Классификация позиционных задач в зависимости от положения ГО в пространстве.
2. Общий алгоритм решения задач на взаимное пересечение ГО.
3. Определение видимости проекций ГО при решении задач на взаимное пересечение.

### **Практическое занятие № 5**

#### **Способы преобразования чертежа, замена плоскостей проекций, способ вращения.**

Цель работы: Научиться использовать методы преобразования чертежа для решения позиционных задач.

Задание: Методом замены плоскостей проекций определить натуральную величину отрезка прямой общего положения. Используя метод вращения определить истинную величину плоскости общего положения.

#### Порядок выполнения:

Приводится в дополнительной литературе [1] стр.81-90;

#### Форма отчетности:

Отчет оформляется на листе формата А3 бумага-ватман согласно ГОСТ 2.104-2006

#### Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Иващенко%20Г.А.Начертательная%20геометрия.Инженерная%20графика.2009.pdf>

Иващенко Г.А. Начертательная геометрия. Инженерная графика: курс лекций / Г. А. Иващенко, Л. А. Киргизова. - Братск : БрГУ, 2009. - 143 с.

#### Основная литература

1. Чекмарев А.А. Инженерная графика: учебник для вузов / А. А. Чекмарев. - 10-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2008. - 382 с.

#### Дополнительная литература

1. Гордон В. О. Курс начертательной геометрии: учебное пособие для вузов / В. О. Гордон, М. А. Семенцов-Огиевский. - 27-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2007. - 272 с.
2. Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение : учебник / А. А. Чекмарев. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 471 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Основные задачи преобразования.
2. Метод замены плоскостей проекций.
3. Метод вращения.

### **Практическое занятие № 6**

#### **Поверхности.**

Цель работы: Научиться задавать гранные и кривые поверхности на чертеже. Решать задачи на принадлежность точки поверхности.

Задание: Построить проекции точек А,В,С,Д принадлежащих конической поверхности  $\Phi(S,m)$ . Построить проекции точек Е,Ф,S,L принадлежащих поверхности прямой треугольной призмы.

Порядок выполнения:

Приводится в дополнительной литературе [1] стр.107-111,137-156.

Форма отчетности:

Отчет оформляется на листе формата А3 бумага-ватман согласно ГОСТ 2.104-2006

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Иващенко%20Г.А.Начертательная%20геометрия.Инженерная%20графика.2009.pdf>

Иващенко Г.А. Начертательная геометрия. Инженерная графика: курс лекций / Г. А. Иващенко, Л. А. Киргизова. - Братск : БрГУ, 2009. - 143 с.

#### Основная литература

1. Чекмарев А.А. Инженерная графика: учебник для вузов / А. А. Чекмарев. - 10-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2008. - 382 с.

#### Дополнительная литература

1. Гордон В. О. Курс начертательной геометрии: учебное пособие для вузов / В. О. Гордон, М. А. Семенцов-Огиевский. - 27-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2007. - 272 с.
2. Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение : учебник / А. А. Чекмарев. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 471 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Задание многогранников на чертеж.
2. Кривые поверхности и их задание на чертеже.
3. Пересечение многогранников и кривых поверхностей прямой и плоскостью.

### Практическое занятие № 7

#### Пересечение поверхностей плоскостью и прямой, развёртки.

Цель работы: Научиться: определять проекции точки или линии пересечения прямой с кривыми и гранными поверхностями; строить развертки.

Задание: Построить проекции точек пересечения прямой  $l$  с конической поверхностью  $\Phi(S,m)$ . Построить линию пересечения плоскости общего положения  $\alpha(AB \cap BM)$  и наклонной трехгранной призмы.

Порядок выполнения:

Приводится в дополнительной литературе [1] стр.107-111,137-156.

Форма отчетности:

Отчет оформляется на листе формата А3 бумага-ватман согласно ГОСТ 2.104-2006

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Иващенко%20Г.А.Начертательная%20геометрия.Инженерная%20графика.2009.pdf>

Иващенко Г.А. Начертательная геометрия. Инженерная графика: курс лекций / Г. А. Иващенко, Л. А. Киргизова. - Братск : БрГУ, 2009. - 143 с.

Основная литература

1. Чекмарев А.А. Инженерная графика: учебник для вузов / А. А. Чекмарев. - 10-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2008. - 382 с.

Дополнительная литература

1. Гордон В. О. Курс начертательной геометрии: учебное пособие для вузов / В. О. Гордон, М. А. Семенцов-Огиевский. - 27-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2007. - 272 с.
2. Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение : учебник / А. А. Чекмарев. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 471 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Общий алгоритм решения задачи на пересечение прямой с поверхностью.
2. Общий алгоритм решения задачи на пересечение поверхности проецирующей плоскостью.
3. Разрешаемые и не разрешаемые поверхности.

**Практическое занятие № 8**

**Пересечение поверхностей. Метод секущих плоскостей и метод сфер.**

Цель работы: Научиться строить линию пересечения многогранников и кривых поверхностей.

Задание: Методом секущих плоскостей построить линию пересечения конуса и цилиндра вращения. Используя метод сфер построить линию пересечения конусов вращения.

Порядок выполнения:

Приводится в дополнительной литературе [1] стр. 194-207.

Форма отчетности:

Отчет оформляется на листе формата А3 бумага-ватман согласно ГОСТ 2.104-2006

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Иващенко%20Г.А.Начертательная%20геометрия.Инженерная%20графика.2009.pdf>

Иващенко Г.А. Начертательная геометрия. Инженерная графика: курс лекций / Г. А. Иващенко, Л. А. Киргизова. - Братск : БрГУ, 2009. - 143 с.

Основная литература

1. Чекмарев А.А. Инженерная графика: учебник для вузов / А. А. Чекмарев. - 10-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2008. - 382 с.

#### Дополнительная литература

1. Гордон В. О. Курс начертательной геометрии: учебное пособие для вузов / В. О. Гордон, М. А. Семенцов-Огиевский. - 27-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2007. - 272 с..
2. Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение : учебник / А. А. Чекмарев. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 471 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Метод секущих плоскостей.
2. Метод сфер.
3. Общий алгоритм построения линии пересечения двух поверхностей.

### **Практическое занятие № 9**

#### **Аксонметрические проекции**

Цель работы: Научиться выполнять чертеж прямоугольной изометрии и диметрии.

Задание: Построить прямоугольную изометрию цилиндра и диметрию призмы.

#### Порядок выполнения:

Приводится в дополнительной литературе [2] стр. 143-153.

#### Форма отчетности:

Отчет оформляется на листе формата А3 бумага-ватман согласно ГОСТ 2.104-2006

#### Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Иващенко%20Г.А.Начертательная%20геометрия.Инженерная%20графика.2009.pdf>

Иващенко Г.А. Начертательная геометрия. Инженерная графика: курс лекций / Г. А. Иващенко, Л. А. Киргизова. - Братск : БрГУ, 2009. - 143 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Григоревская%20Л.П.%20Правила%20выполнения%20видов.Уч.пособие.2003.pdf>

Правила выполнения видов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. П. Григоревская, Г. А. Иващенко [и др.]. - Братск : БрГУ, 2003. - 84 с

#### Основная литература

1. Чекмарев А.А. Инженерная графика: учебник для вузов / А. А. Чекмарев. - 10-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2008. - 382 с.

#### Дополнительная литература

1. Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение: учебник / А. А. Чекмарев. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 471 с.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Виды аксонометрических проекций.
2. Суть способа аксонометрического проецирования.
3. Определение изометрической, диметрической и триметрической проекций.

## **Практическое занятие № 10**

### **Правила выполнения видов.**

Цель работы: Научиться выполнять чертеж трех и шести видов предмета. Строить недостающую проекцию предмета.

Задание: Используя наглядное изображение предмета построить в его 6 проекций.

### Порядок выполнения:

Приводится в дополнительной литературе [2] стр. 155-157.

### Форма отчетности:

Отчет оформляется на листе формата А3 бумага-ватман согласно ГОСТ 2.104-2006

### Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Иващенко%20Г.А.Начертательная%20геометрия.Инженерная%20графика.2009.pdf>

Иващенко Г.А. Начертательная геометрия. Инженерная графика: курс лекций / Г. А. Иващенко, Л. А. Киргизова. - Братск : БрГУ, 2009. - 143 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Григорьевская%20Л.П.%20Правила%20выполнения%20видов.Уч.пособие.2003.pdf>

Правила выполнения видов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. П. Григорьевская, Г. А. Иващенко [и др.]. - Братск : БрГУ, 2003. - 84 с

### Основная литература

2. Чекмарев А.А. Инженерная графика: учебник для вузов / А. А. Чекмарев. - 10-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2008. - 382 с.

### Дополнительная литература

2. Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение: учебник / А. А. Чекмарев. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 471 с.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Типы изображений в соответствии с ГОСТ ЕСКД.
2. Определение понятия «вид».
3. Получения вида предмета на чертеже методом первого угла.

## Практическое занятие № 11

### Правила выполнения разрезов.

Цель работы: Научиться выполнять простые и сложные разрезы предмета.

Задание: Выполнить фронтальный и профильный разрезы предмета.

Порядок выполнения:

Приводится в дополнительной литературе [2] стр. 163-167.

Форма отчетности:

Отчет оформляется на листе формата А3 бумага-ватман согласно ГОСТ 2.104-2006

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Иващенко%20Г.А.Начертательная%20геометрия.Инженерная%20графика.2009.pdf>

Иващенко Г.А. Начертательная геометрия. Инженерная графика: курс лекций / Г. А. Иващенко, Л. А. Киргизова. - Братск : БрГУ, 2009. - 143 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Правила%20выполнения%20разрезов.Уч.%20пособие.2003.pdf>

Правила выполнения разрезов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. П. Григорьевская и др. - Братск : БрГУ, 2003. - 98 с.

#### Основная литература

1. Чекмарев А.А. Инженерная графика: учебник для вузов / А. А. Чекмарев. - 10-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2008. - 382 с.

#### Дополнительная литература

1. Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение : учебник / А. А. Чекмарев. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 471 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Классификация разрезов.
2. Разрезы простые.
3. Разрезы сложные.

## Практическое занятие № 12

### Правила выполнения сечений.

Цель работы: Научиться выполнять вынесенные и наложенные сечения предмета.

Задание: Выполнить изображения наложенного сечения двутаврового профиля и вынесенные сечения вала.

Порядок выполнения:

Приводится в дополнительной литературе [2] стр. 167-169.

Форма отчетности:

Отчет оформляется на листе формата А3 бумага-ватман согласно ГОСТ 2.104-2006

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Иващенко%20Г.А.Начертательная%20геометрия.Инженерная%20графика.2009.pdf>

Иващенко Г.А. Начертательная геометрия. Инженерная графика: курс лекций / Г. А. Иващенко, Л. А. Киргизова. - Братск : БрГУ, 2009. - 143 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Правила%20выполнения%20сечений.Уч.%20пособие.2003.pdf>

Правила выполнения сечений [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. П. Григорьевская, Г. А. Иващенко [и др.]. - Братск : БрГТУ, 2003. - 77 с.

Основная литература

1. Чекмарев А.А. Инженерная графика: учебник для вузов / А. А. Чекмарев. - 10-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2008. - 382 с.

Дополнительная литература

1. Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение : учебник / А. А. Чекмарев. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 471 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Классификация сечений.
2. Сечения наложенные.
3. Сечения вынесенные.

**Практическое занятие № 13**

**Изображение и обозначение резьбы.**

Цель работы: Научиться изображать и обозначать резьбу на наружной и внутренней поверхности.

Задание: Изобразить и обозначить стандартную метрическую наружную и внутреннюю резьбу и на цилиндрической и конической поверхностях.

Порядок выполнения:

Приводится в дополнительной литературе [2] стр. 205-208.

Форма отчетности:

Отчет оформляется на листе формата А3 бумага-ватман согласно ГОСТ 2.104-2006

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Иващенко%20Г.А.Начертательная%20геометрия.Инженерная%20графика.2009.pdf>

Иващенко Г.А. Начертательная геометрия. Инженерная графика: курс лекций / Г. А. Иващенко, Л. А. Киргизова. - Братск : БрГУ, 2009. - 143 с.

#### Основная литература

1. Чекмарев А.А. Инженерная графика: учебник для вузов / А. А. Чекмарев. - 10-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2008. - 382 с.

#### Дополнительная литература

1. Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение : учебник / А. А. Чекмарев. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 471 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Классификация резьб.
2. Изображение, обозначение наружной и внутренней резьбы.
3. Резьбовые соединения и их детали.

### **Практическое занятие № 14**

#### **Изображение соединений деталей. Соединение болтом.**

Цель работы: Научиться выполнять чертеж болтового соединения.

Задание: Используя условные соотношения размеров, выполнить конструктивное соединение болтом (фронтальный разрез и вид сверху). Размер  $l$  подобрать в соответствии с ГОСТ 7798 – 70, так чтобы обеспечить указанное значение свободного конца  $k$ .

#### Порядок выполнения:

Приводится в дополнительной литературе [2] стр. 210-215.

#### Форма отчетности:

Отчет оформляется на листе формата А4 бумага-ватман согласно ГОСТ 2.104-2006

#### Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Иващенко%20Г.А.Начертательная%20геометрия.Инженерная%20графика.2009.pdf>

Иващенко Г.А. Начертательная геометрия. Инженерная графика: курс лекций / Г. А. Иващенко, Л. А. Киргизова. - Братск : БрГУ, 2009. - 143 с.

#### Основная литература

1. Чекмарев А.А. Инженерная графика: учебник для вузов / А. А. Чекмарев. - 10-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2008. - 382 с.

#### Дополнительная литература

1. Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение: учебник / А. А. Чекмарев. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 471 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Состав болтового соединения.
2. Основные параметры и расчет болтового соединения.
3. Классификация болтовых соединений в зависимости от типа крепежных изделий.

## Практическое занятие № 15

### Изображение соединений деталей. Соединение шпилькой.

Цель работы: Научиться выполнять чертеж соединения шпилькой.

Задание: По приведённым условным соотношениям размеров, выполнить конструктивное и упрощённое соединения шпилькой (фронтальный разрез и вид сверху). Размер  $l$  подобрать в соответствии с ГОСТ 22032 – 76, так чтобы обеспечить указанное значение свободного конца  $k$ .

Порядок выполнения:

Приводится в дополнительной литературе [2] стр. 216-217.

Форма отчетности:

Отчет оформляется на листе формата А4 бумага-ватман согласно ГОСТ 2.104-2006

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Иващенко%20Г.А.Начертательная%20геометрия.Инженерная%20графика.2009.pdf>

Иващенко Г.А. Начертательная геометрия. Инженерная графика: курс лекций / Г. А. Иващенко, Л. А. Киргизова. - Братск : БрГУ, 2009. - 143 с.

#### Основная литература

1. Чекмарев А.А. Инженерная графика: учебник для вузов / А. А. Чекмарев. - 10-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2008. - 382 с.

#### Дополнительная литература

1. Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение: учебник / А. А. Чекмарев. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 471 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Состав соединения шпилькой.
2. Основные параметры и расчет соединения шпилькой.
3. Зависимость параметров соединения шпилькой от материала соединяемых деталей.

## Практическое занятие № 16

### Изображение соединений деталей. Соединение винтом.

Цель работы: Научиться выполнять чертеж соединения винтом.

Задание: Пользуясь приведёнными условными соотношениями размеров, выполнить конструктивное и упрощённое соединения винтом (фронтальный разрез и вид сверху).

Порядок выполнения:

Приводится в дополнительной литературе [2] стр. 216-219.

Форма отчетности:

Отчет оформляется на листе формата А4 бумага-ватман согласно ГОСТ 2.104-2006

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Иващенко%20Г.А.Начертательная%20геометрия.Инженерная%20графика.2009.pdf>

Иващенко Г.А. Начертательная геометрия. Инженерная графика: курс лекций / Г. А. Иващенко, Л. А. Киргизова. - Братск : БрГУ, 2009. - 143 с.

Основная литература

1. Чекмарев А.А. Инженерная графика: учебник для вузов / А. А. Чекмарев. - 10-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2008. - 382 с.

Дополнительная литература

1. Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение: учебник / А. А. Чекмарев. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 471 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Состав винтового соединения.
2. Основные параметры и расчет соединения винтом.
3. Зависимость параметров соединения винтом от материала соединяемых деталей.

**Практическое занятие № 17**

**Электронная конструкторская документация. Чертежи и модели изделий. Общие сведения.**

Цель работы: Изучить требования ГОСТ 2.051-2006 и ГОСТ 2.052-2006.

Задание: Выполнить электронные конструкторские документы: рабочий чертеж и электронная модель детали.

Порядок выполнения:

Приводится в дополнительной литературе [2] стр. 427- 465.

Форма отчетности:

Отчет оформляется на листе формата А3 бумага-ватман согласно ГОСТ 2.104-2006

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Иващенко%20Г.А.Начертательная%20геометрия.Инженерная%20графика.2009.pdf>

Иващенко Г.А. Начертательная геометрия. Инженерная графика: курс лекций / Г.

А. Иващенко, Л. А. Киргизова. - Братск : БрГУ, 2009. - 143 с.

#### Основная литература

2. Чекмарев А.А. Инженерная графика: учебник для вузов / А. А. Чекмарев. - 10-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2008. - 382 с.

#### Дополнительная литература

2. Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение: учебник / А. А. Чекмарев. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 471 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Состав модели.
2. Виды электронной документации.
3. Требования к разработке электронных конструкторских документов

### **Практическое занятие № 18** **Электронная модель и чертеж детали**

Цель работы: Научиться с помощью современных графических редакторов разрабатывать электронные модели и чертежи различных типов деталей.

Задание: Используя систему автоматизированного проектирования разработать твердотельные модели и чертежи деталей «Втулка» и «Штуцер».

#### Порядок выполнения:

Приводится в дополнительной литературе [2] стр. 235-280.

#### Форма отчетности:

Отчет оформляется на листе формата А4 бумага-ватман согласно ГОСТ 2.104-2006

#### Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Иващенко%20Г.А.Начертательная%20геометрия.Инженерная%20графика.2009.pdf>

Иващенко Г.А. Начертательная геометрия. Инженерная графика: курс лекций / Г. А. Иващенко, Л. А. Киргизова. - Братск : БрГУ, 2009. - 143 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Машинная%20графика.Простановка%20размеров.Трехмерное%20моделирование%20поверхностей.Уч.%20пособие.2007.pdf>

Машинная графика. Простановка размеров. Трехмерное моделирование поверхностей: учебное пособие / Л. П. Григорьевская, Г. А. Иващенко, Л. Б. Григорьевский и др. - Братск: БрГУ, 2007. - 202 с.

#### Основная литература

1. Чекмарев А.А. Инженерная графика: учебник для вузов / А. А. Чекмарев. - 10-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2008. - 382 с.

#### Дополнительная литература

1. Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение: учебник / А. А. Чекмарев. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 471 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Электронные конструкторские документы.
2. Требования стандартов ЕСКД к выполнению электронных моделей и чертежей деталей.
3. Особенности выполнения конструкторских документов в среде САПР.

### **Практическое занятие № 19**

#### **Электронная модель сборочной единицы. Сборочный чертеж.**

Цель работы: Научиться с помощью современных графических редакторов разрабатывать электронные модели и чертежи сборочных единиц.

Задание: Используя систему автоматизированного проектирования разработать твердотельную модель и чертеж сборочной единицы «Кронштейн».

#### Порядок выполнения:

Приводится в дополнительной литературе [2] стр. 294-307.

#### Форма отчетности:

Отчет оформляется на 2 листах формата А4 бумага-ватман согласно ГОСТ 2.104-2006

#### Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Иващенко%20Г.А.Начертательная%20геометрия.Инженерная%20графика.2009.pdf>

Иващенко Г.А. Начертательная геометрия. Инженерная графика: курс лекций / Г. А. Иващенко, Л. А. Киргизова. - Братск : БрГУ, 2009. - 143 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Григоревский%20Л.Б.Неразъемные%20соединения.САПР-%20технологии.Построение%20трехмерных%20моделей...Учеб.пособие.2012.pdf>

Григоревский Л.Б. Неразъемные соединения. САПР технологии. Построение трехмерных моделей и разработка чертежей неразъемных сборочных единиц в системах автоматизированного проектирования КОМПАС 3D и T-FLEX CAD: учебное пособие / Л. Б. Григоревский. - Братск : БрГУ, 2012. - 84 с.

#### Основная литература

1. Чекмарев А.А. Инженерная графика: учебник для вузов / А. А. Чекмарев. - 10-е изд., стереотип. - Москва: Высшая школа, 2008. - 382 с.

#### Дополнительная литература

1. Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение: учебник / А. А. Чекмарев. - 4-е изд., испр. и доп. - М.: Юрайт, 2012. - 471 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Сборочная единица. Сборочный чертеж.
2. Способы разработки документа спецификации в среде САПР.

3. Требования к разработке моделей сборочных единиц в соответствии с ГОСТ 2.052-2006.

## 9.2 Методические указания по выполнению курсовой и контрольной работы

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Иващенко%20Г.А.Начертательная%20геометрия.Инженерная%20графика.2009.pdf>

Иващенко Г.А. Начертательная геометрия. Инженерная графика: курс лекций / Г. А. Иващенко, Л. А. Киргизова. - Братск : БрГУ, 2009. - 143 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Инженерная%20графика/Машинная%20графика.Простановка%20размеров.Трехмерное%20моделирование%20%20поверхностей.Уч.%20пособие.2007.pdf>

Машинная графика. Простановка размеров. Трехмерное моделирование поверхностей: учебное пособие / Л. П. Григорьевская, Г. А. Иващенко, Л. Б. Григорьевский и др. - Братск: БрГУ, 2007. - 202 с.

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) – преподаватель использует для:

- получения информации при подготовке к занятиям;
- создания презентационного сопровождения лекций;
- создания тематических веб-сайтов;
- интерактивного общения;
- участия в онлайн-конференциях;
- работы в электронной информационной среде;
- ОС Windows 7 Professional;
- Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level;
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security;
- ПО «Антиплагиат»;
- Компас 3D V13

## 11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ПЗ</i>
1	2	3	4
Лк	лекционная аудитория (мультимедийный класс)	компьютеры, принтер, ноутбук (преподавателя)	Лк 1-19
ПЗ	лекционная аудитория (мультимедийный класс)	16-Монитор 17"LG L1753-SF,16-Системный блок AMD 690G,Seagate 250Gb, DIMM 2*512Mb, DVDRV,FDD, Принтер лазерный HP Laser Jet P2015 A4, учебная мебель	ПЗ 1-19
СР	Читальный зал №1	Оборудование 10-ПК i5-2500/H67/4Gb (монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D, учебная мебель	-
кр	Читальный зал №1	Оборудование 10-ПК i5-2500/H67/4Gb (монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D, учебная мебель	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-2	Способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	1. Начертательная геометрия	1.1 Метод проекций. Центральное и параллельное проецирование. 1.2 Проецирование прямой линии 1.3 Комплексный чертеж плоскости. Прямые и точки в плоскости. 1.4 Главные позиционные задачи для прямой и плоскости, двух плоскостей 1.5 Способы преобразования чертежа, замена плоскостей проекций, способ вращения. 1.6 Поверхности. 1.7 Пересечение поверхностей плоскостью и прямой, развёртки. 1.8 Пересечение поверхностей. Метод секущих плоскостей и метод сфер. 1.9 Аксонометрические проекции.	Экзаменационные вопросы 1...9
		2. Инженерная графика	2.1 Правила выполнения видов. 2.2 Правила выполнения разрезов. 2.3 Правила выполнения сечений. 2.4 Изображение и обозначение резьбы. 2.5 Изображение соединений деталей. Соединение болтом. 2.6 Изображение соединений деталей. Соединение шпилькой. 2.7 Изображение соединений деталей. Соединение винтом.	Вопросы к зачету 1...7
		3. Компьютерная графика	3.1 Электронная конструкторская документация. Чертежи и модели изделий. Общие сведения. 3.2 Электронная модель и чертеж детали. 3.3 Электронная модель сборочной единицы. Сборочный чертеж. Приемы работы с документом «Спецификация».	Вопросы к зачету 8...10
ПК-5	способность принимать участие в работах по расчету деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями использованием стандартных средств автоматизации проектирования	1. Начертательная геометрия	1.1 Метод проекций. Центральное и параллельное проецирование. 1.2 Проецирование прямой линии 1.3 Комплексный чертеж плоскости. Прямые и точки в плоскости. 1.4 Главные позиционные задачи для прямой и плоскости, двух плоскостей 1.5 Способы преобразования чертежа, замена плоскостей проекций, способ вращения. 1.6 Поверхности. 1.7 Пересечение поверхностей плоскостью и прямой, развёртки. 1.8 Пересечение поверхностей. Метод секущих плоскостей и метод	Экзаменационные вопросы 1...9

			сфер. 1.9 Аксонометрические проекции.	
		2. Инженерная графика	2.1 Правила выполнения видов. 2.2 Правила выполнения разрезов. 2.3 Правила выполнения сечений. 2.4 Изображение и обозначение резьбы. 2.5 Изображение соединений деталей. Соединение болтом. 2.6 Изображение соединений деталей. Соединение шпилькой. 2.7 Изображение соединений деталей. Соединение винтом.	Вопросы к зачету 1...7
		3. Компьютерная графика	3.1 Электронная конструкторская документация. Чертежи и модели изделий. Общие сведения. 3.2 Электронная модель и чертеж детали. 3.3 Электронная модель сборочной единицы. Сборочный чертеж. Приемы работы с документом «Спецификация».	Вопросы к зачету 8...10

## 2. Экзаменационные вопросы

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ОПК-2	Способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	1.1 Метод проекций. Центральное и параллельное проецирование. 1.2 Проецирование прямой линии 1.3 Комплексный чертеж плоскости. Прямые и точки в плоскости. 1.4 Главные позиционные задачи для прямой и плоскости, двух плоскостей	1.Начертательная геометрия
2.	ПК-5	способность принимать участие в работах по расчету деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями использованием стандартных средств автоматизации проектирования	1.5 Способы преобразования чертежа, замена плоскостей проекций, способ вращения. 1.6 Поверхности. 1.7 Пересечение поверхностей плоскостью и прямой, развёртки. 1.8 Пересечение поверхностей. Метод секущих плоскостей и метод сфер. 1.9 Аксонометрические проекции.	

## Вопросы к зачету

№ п/п	Компетенции		ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ОПК-2	Способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	2.1 Правила выполнения видов. 2.2 Правила выполнения разрезов. 2.3 Правила выполнения сечений. 2.4 Изображение и обозначение резьбы. 2.5 Изображение соединений деталей. Соединение	2.Инженерная графика

			болтом. 2.6 Изображение соединений деталей. Соединение шпилькой. 2.7 Изображение соединений деталей. Соединение винтом.	
2.	ПК-4	способность принимать участие в работах по расчету деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями использованием стандартных средств автоматизации проектирования	3.1 Электронная конструкторская документация. Чертежи и модели изделий. Общие сведения. 3.2 Электронная модель и чертеж детали 3.3 Электронная модель сборочной единицы. Сборочный чертеж. Приемы работы с документом «Спецификация»	3.Компьютерная графика

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать:</b> <b>ОПК-2</b> - способы задания точки, прямой, плоскости и многогранников на чертеже; позиционных и метрических задач; кривых линий; поверхностей вращения; линейчатых винтовых, циклических поверхностей; построение разверток поверхностей, касательных линий и плоскостей к поверхности; аксонометрических проекций.</p> <p><b>ПК-5</b> - требования к оформлению конструкторской, технологической и эксплуатационной документации.</p> <p><b>Уметь:</b> <b>ОПК-2</b> -выполнять графические построения деталей и сборочных единиц. <b>ПК-5</b></p>	<b>отлично</b>	Оценки «отлично» заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой
	<b>хорошо</b>	Оценки «хорошо» заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе практические задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Оценка «хорошо»выставляется обучающимся, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.
	<b>удовлетворительно</b>	Оценки «удовлетворительно» заслуживает обучающийся, обнаруживший знание основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой. Оценки «удовлетворительно» выставляется обучающимся, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя
	<b>неудовлетворительно</b>	Оценки «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий. Оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся,

<p>- использовать конструкторскую и технологическую документацию в объеме, достаточном для решения эксплуатационных задач.</p>		<p>которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании образовательного учреждения без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине</p>
--	--	--

#### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина Инженерная направлена на развитие пространственного представления и воображения; конструктивно-геометрического мышления; способностей к анализу и синтезу пространственных форм и отношений на основе графических моделей пространства; выработка знаний, умений и навыков, необходимых для разработки и чтения машиностроительных чертежей различного назначения.

Изучение дисциплины Инженерная графика предусматривает:

- лекционные занятия;
- практические занятия;
- самостоятельная работа;
- контрольную работу;
- экзамен, зачет с оценкой

В ходе освоения раздела **1 Начертательная геометрия:** студенты должны изучить: способы получения различных графических моделей пространства, построение изображений которых, основано на ортогональном проецировании; методы решения задач, связанных с пространственными формами и отношениями.

В ходе освоения раздела **2 Инженерная графика:** студенты должны уяснить понятия: об основных типах изображений: видах, разрезах, сечениях; о видах соединений деталей; о правилах выполнения чертежей изделий.

В ходе освоения раздела **3 Компьютерная графика:** студенты должны уяснить способы разработки конструкторской документации – чертежей и моделей деталей и сборочных единиц средствами современных графических информационных технологий.

Необходимо овладеть навыками и умениями применения изученных методов для проектно-конструкторского применения и реализации тех или иных проектов в конкретных ситуациях.

В процессе изучения дисциплины рекомендуется на первом этапе обратить внимание на особенности научной терминологии по инженерно графикае.

При подготовке к экзамену рекомендуется особое внимание уделить следующим вопросам: формулировке основных положений теории; умение применять теорию для решения основных позиционных и метрических задач.

В процессе проведения практических занятий происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков реализации представления о решении задач по разделам Начертательная геометрия, Инженерная графика, Компьютерная графика.

Самостоятельную работу необходимо начинать с ознакомления с теоретической учебно-научной информацией в учебной и учебно-методической литературе.

В процессе консультации с преподавателем разобраться с наиболее сложными вопросами теории и методикой решения типовых задач.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно в сети

Интернет.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой.

## **АННОТАЦИЯ рабочей программы дисциплины**

### **Инженерная графика**

#### **1. Цель и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины является развитие пространственного представления и воображения; конструктивно-геометрического мышления; способностей к анализу и синтезу пространственных форм и отношений на основе графических моделей пространства; выработка знаний, умений и навыков, необходимых для разработки и чтения машиностроительных чертежей различного назначения.

Задачей изучения дисциплины является: формирование у обучающегося системы знаний о способах получения определенных геометрических моделей пространства, основанных на ортогональном и центральном проецировании; умение решать задачи, связанные с пространственными формами и отношениями.

#### **2. Структура дисциплины**

2.1 Общая трудоемкость дисциплины составляет 180 часов, 5 зачетных единиц

2.2 Основные разделы дисциплины:

- 1 – начертательная геометрия
- 2 – инженерная графика
- 3 – компьютерная графика

#### **3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-2 - владением достаточными для профессиональной деятельности навыками работы с персональным компьютером;

ПК-5 - способность принимать участие в работах по расчету деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями использованием стандартных средств автоматизации проектирования.

#### **4. Вид промежуточной аттестации: Экзамен, зачет с оценкой**

**Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе**

**на 20\_\_-20\_\_ учебный год**

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

\_\_\_\_\_

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

\_\_\_\_\_

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,  
*(разработчик)*

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

*(подпись)*

\_\_\_\_\_

*(Ф.И.О.)*

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО  
КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-2	Способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	1. Начертательная геометрия	1.10 Метод проекций. Центральное и параллельное проецирование. 1.11 Проецирование прямой линии 1.12 Комплексный чертеж плоскости. Прямые и точки в плоскости. 1.13 Главные позиционные задачи для прямой и плоскости, двух плоскостей 1.14 Способы преобразования чертежа, замена плоскостей проекций, способ вращения. 1.15 Поверхности. 1.16 Пересечение поверхностей плоскостью и прямой, развёртки. 1.17 Пересечение поверхностей. Метод секущих плоскостей и метод сфер. 1.18 Аксонометрические проекции.	Экзаменационные вопросы 1...9
		2. Инженерная графика	2.8 Правила выполнения видов. 2.9 Правила выполнения разрезов. 2.10 Правила выполнения сечений. 2.11 Изображение и обозначение резьбы. 2.12 Изображение соединений деталей. Соединение болтом. 2.13 Изображение соединений деталей. Соединение шпилькой. 2.14 Изображение соединений деталей. Соединение винтом.	Вопросы к зачету 1...7
		3. Компьютерная графика	3.4 Электронная конструкторская документация. Чертежи и модели изделий. Общие сведения. 3.5 Электронная модель и чертеж детали. 3.6 Электронная модель сборочной единицы. Сборочный чертеж. Приемы работы с документом «Спецификация».	Вопросы к зачету 8...10
ПК-5	способность принимать участие в работах по расчету деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями использованием стандартных средств автоматизации проектирования	1. Начертательная геометрия	1.1 Метод проекций. Центральное и параллельное проецирование. 1.2 Проецирование прямой линии 1.3 Комплексный чертеж плоскости. Прямые и точки в плоскости. 1.4 Главные позиционные задачи для прямой и плоскости, двух плоскостей 1.5 Способы преобразования чертежа, замена плоскостей проекций, способ вращения. 1.6 Поверхности. 1.7 Пересечение поверхностей плоскостью и прямой, развёртки. 1.8 Пересечение поверхностей. Метод секущих плоскостей и метод сфер. 1.9 Аксонометрические проекции.	Экзаменационные вопросы 1...9

		2. Инженерная графика	2.7 Правила выполнения видов. 2.8 Правила выполнения разрезов. 2.9 Правила выполнения сечений. 2.10 Изображение и обозначение резьбы. 2.11 Изображение соединений деталей. Соединение болтом. 2.12 Изображение соединений деталей. Соединение шпилькой. 2.7 Изображение соединений деталей. Соединение винтом.	Вопросы к зачету 1...7
		3. Компьютерная графика	3.4 Электронная конструкторская документация. Чертежи и модели изделий. Общие сведения. 3.5 Электронная модель и чертеж детали. 3.6 Электронная модель сборочной единицы. Сборочный чертеж. Приемы работы с документом «Спецификация».	Вопросы к зачету 8...10

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать:</b> <b>ОПК-2</b> - способы задания точки, прямой, плоскости и многогранников на чертеже; позиционных и метрических задач; кривых линий; поверхностей вращения; линейчатых винтовых, циклических поверхностей; построение разверток поверхностей, касательных линий и плоскостей к поверхности; аксонометрических проекций.</p> <p><b>ПК-5</b> - требования к оформлению конструкторской, технологической и эксплуатационной документации.</p> <p><b>Уметь:</b> <b>ОПК-2</b> - выполнять графические построения деталей и сборочных единиц. <b>ПК-5</b> - использовать</p>	<b>отлично</b>	Оценки «отлично» заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой
	<b>хорошо</b>	Оценки «хорошо» заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе практические задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Оценка «хорошо» выставляется обучающимся, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.
	<b>удовлетворительно</b>	Оценки «удовлетворительно» заслуживает обучающийся, обнаруживший знание основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой. Оценки «удовлетворительно» выставляется обучающимся, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя
	<b>неудовлетворительно</b>	Оценки «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий. Оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании образовательного

конструкторскую и технологическую документацию в объеме, достаточном для решения эксплуатационных задач.	учреждения без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине
--	---

**Перечень и краткая характеристика оценочных средств  
для контрольной работы**

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Контрольная работа	Проверка умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий

**2 семестр**

Контрольная работа (2кр)

*Тема.* Правила выполнения и оформления конструкторской документации.

*Цель работы.* Сформировать знания, умения и навыки разработки конструкторской документации с использованием современных систем автоматизированного проектирования. Выявить уровень соответствия теоретических знаний, практических умений и навыков требованиям образовательного стандарта.

*Содержание* четырнадцати графических заданий соответствует содержанию разделов 2-3 дисциплины.

*Структура, объём.* Контрольная работа оформляется на ватмане формата А4 в виде альбома из 14 чертежей с титульным листом, выполненных с использованием системы автоматизированного проектирования.

Контрольные работы по начертательной геометрии и инженерной графике рассматриваются как одна из форм итогового контроля знаний.

Защита контрольных работ назначается преподавателем для всей группы или проводится в соответствии с графиком консультаций преподавателя.

Оценка	Критерии оценки контрольной работы
отлично	Оценки «отлично» заслуживает обучающийся, который: умеет решать позиционные, метрические задачи; способен разрабатывать конструкторскую документацию с использованием современных САПР.
хорошо	Оценки «хорошо» заслуживает обучающийся, который усвоил основной алгоритм решения различных типов задач, но периодически допускает ошибки при их решении; испытывает незначительные затруднения разработке конструкторской документации с применением САПР.
удовлетворительно	Оценки «удовлетворительно» заслуживает обучающийся, который систематически допускает ошибки при решении главных позиционных задач; недостаточно эффективно использует систему автоматизированного проектирования для разработки различных типов конструкторской документации.
неудовлетворительно	Оценки «неудовлетворительно» заслуживает обучающийся, который не знает алгоритмы решения главных позиционных, метрических задач и не владеет основными алгоритмами и процедурами разработки технической документации при использовании САПР. Оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не способен самостоятельно продолжить изучение предусмотренного контрольной работой учебного материала дисциплины без дополнительной консультации преподавателя.

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование от «20» октября 2015 г. № 1170  
для набора 2014 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «03» июля 2018 г. № 413;  
для набора 2015 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «04» декабря 2015 г. № 769;  
для набора 2016 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «06» июня 2016 г. № 429;  
для набора 2017 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «06» марта 2017 г. № 125;  
для набора 2018 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «12» марта 2018 г. № 130.

**Программу составил:**

Григоревский Л.Б. доцент, к.п.н. \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры ММ и ИГ  
от «14» декабря 2018 г., протокол № 3

Заведующий кафедрой ММ и ИГ \_\_\_\_\_ Л.П. Григоревская

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой ВиПЛР \_\_\_\_\_ В.А. Иванов

Директор библиотеки \_\_\_\_\_ Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией механического факультета  
от «14» декабря 2018 г., протокол № 4

Председатель методической комиссии МФ \_\_\_\_\_ Г.Н.Плеханов

СОГЛАСОВАНО:

Начальник  
учебно-методического управления \_\_\_\_\_ Г.П. Нежевец

Регистрационный № \_\_\_\_\_