

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Вологодский государственный университет

**А. Г. ГУДКОВ**

---

**АВТОМАТИЗАЦИЯ  
ПРОЕКТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ  
В ВОДОСНАБЖЕНИИ И ВОДООТВЕДЕНИИ**  
**Лабораторный практикум**

---

Утверждено  
редакционно-издательским советом университета  
в качестве учебного пособия

Вологда  
2014

УДК 004.92:628.1+628.2

ББК 38.761.1+38.761.2

Г93

Рецензенты:

Доктор технических наук, директор Вологодского регионального центра  
дистанционного образования *Швецов А. Н.*

Исполнительный директор МУП ЖКХ «Вологдагорводоканал»  
*Чекрышев А. В.*

**Гудков, А.Г.**

**Г93 Автоматизация проектно-графических работ в водоснабжении и водоотведении. Лабораторный практикум: учебное пособие / А.Г. Гудков.** – Вологда: ВоГУ, 2014. – 104 с.

Пособие предназначено для ознакомления с возможностями систем автоматизированного проектирования при выполнении чертежных и проектных работ в области водоснабжения и водоотведения. Даны методики проведения лабораторных работ и учебный материал.

Для студентов очной и заочной формы обучения по направлению подготовки 08.03.01, программе академического бакалавриата «Водоснабжение и водоотведение» для выполнения курса лабораторных работ по дисциплине «Компьютерная графика».

УДК 004.92:628.1+628.2

ББК 38.761.1+38.761.2

© Гудков А.Г., 2014

© ВоГУ, 2014

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>1. ОСНОВЫ РАБОТЫ В САПР .....</b>	<b>5</b>
Общие сведения о САПР AutoCAD .....	5
Лабораторная работа № 1. Начальные установки чертежа .....	6
Лабораторная работа № 2. Графические примитивы и текст .....	12
Лабораторная работа № 3. Редактирование объектов на чертеже и методы объектной привязки .....	18
Лабораторная работа № 4. Черчение плана здания .....	26
Лабораторная работа № 5. Размеры и измерение площадей .....	36
Лабораторная работа № 6. Выполнение планов и схем внутреннего водопровода и канализации .....	42
<b>2. НАРУЖНЫЕ ВОДОПРОВОДНЫЕ СЕТИ .....</b>	<b>55</b>
Общие сведения о системах подачи и распределения воды .....	55
Лабораторная работа № 7. Создание векторной карты населенного пункта .....	57
Лабораторная работа № 8. Системы координат и координатные сетки .....	68
Лабораторная работа № 9. Трассировка и гидравлический расчет водопроводной сети .....	76
Лабораторная работа № 10. Основы трёхмерной графики .....	88
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>99</b>
Точки привязки топографических карт .....	99
Повторяемость ветра по румбам, % .....	100
Отборы и подача в узлах водопроводной сети, этажность зданий .....	101
Материал труб водопроводной сети .....	101
Геодезические отметки в узлах водопроводной сети, м .....	102
Суточное водопотребление поселка, тысяч кубм .....	102
Расходы по часам суток, % от суточного потребления .....	103
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....</b>	<b>105</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Целью лабораторного практикума является изучение возможностей систем автоматизированного проектирования (САПР), а также получение базовых навыков компьютерного создания чертежей в практических примерах, ориентированных на специфику проектно-конструкторских работ в области водоснабжения и водоотведения.

Особенностью данного практикума является выполнение всех чертежно-графических работ с использованием одной из самых распространенных в нашей стране САПР – Autodesk AutoCAD.

Выполнение лабораторных работ привязано к имеющимся в компьютерном классе кафедры ВиВ ВоГУ оборудованию, программному обеспечению и ресурсам, однако с небольшими изменениями вполне может быть реализовано и для самостоятельной работы вне класса.

Пособие разделено на две главы, в первой главе содержатся лабораторные работы по основным приемам строительного черчения в САПР и проектам схем внутренних санитарно-технических систем зданий. Вторая посвящена проектированию наружных водопроводных сетей, а также основам трехмерного моделирования.

Содержание пособия включает, помимо заданий к лабораторным работам и методических указаний по их выполнению, необходимый учебный материал по пользовательскому интерфейсу и особенностям работы с указанной выше САПР. Кроме того, в отдельных работах приведен теоретический материал по проведению инженерных расчетов и гидравлическому моделированию процессов в системах водоснабжения.

Данный практикум является частью электронного учебного методического комплекса дисциплины (ЭУМКД) «Компьютерная графика», находящегося на портале дистанционного образования ВоГУ, а также на сайте кафедры водоснабжения и водоотведения по адресу: [http://www.viv.vstu.edu.ru / compgraph/](http://www.viv.vstu.edu.ru/compgraph/).

Для выполнения лабораторных работ потребуется следующее компьютерное программное обеспечение:

- САПР Autodesk AutoCAD (русский) версии 2009+ или Нанософт nanoCAD версии 3+;
- текстовый редактор и электронные таблицы из пакета Microsoft Office или OpenOffice;
- доступ к интернет-приложениям PLUMBING.WEB и WATERTANK.WEB.

Кроме того, для выполнения отдельных заданий необходимы:

- оцифрованные топографические карты населенных пунктов в масштабе 1:25 000;
- цветной плоттер или принтер.

# 1. ОСНОВЫ РАБОТЫ В САПР

## Общие сведения о САПР AutoCAD

Система автоматизированного проектирования и черчения AutoCAD, разработанная компанией Autodesk, нашла широкое применение во многих областях, связанных с техническими проектно-конструкторскими работами. В нашей стране эта САПР достаточно давно и успешно используется в строительном проектировании.

На начальном уровне AutoCAD заменяет проектанту чертежную доску, являясь своеобразным «электронным кульманом». Широкий набор инструментов двухмерного проектирования и возможности адаптации базового приложения позволяют разрабатывать чертежи любого уровня сложности и специализации.

Нужно отметить, что компанией Autodesk и сторонними разработчиками создано большое количество приложений, которые превращают AutoCAD из универсальной САПР в инструмент для выполнения специализированных проектных задач. В частности, модуль СПДС упрощает оформление чертежей в соответствии с нормативными документами, а приложения-модули MEP и GeopICS – автоматизируют проектирование внутренних и наружных инженерных коммуникаций.

В области трехмерного моделирования AutoCAD включает полный набор инструментов для создания и визуализации 3D-моделей (см. лабораторную работу № 10 в главе 2).

(Схожим интерфейсом и возможностями обладает САПР nanoCAD компании Нанософт, поэтому все задания лабораторного практикума могут быть выполнены с использованием этой системы).

**Общие указания к выполнению работ.** Целью выполнения заданий из лабораторного практикума этой главы является изучение интерфейса и возможностей базового приложения САПР на начальном уровне, а также получение основных навыков на примерах создания двухмерных строительных чертежей. Для успешного выполнения заданий учащийся должен обладать знаниями по основам информатики и инженерной графики.

Все предлагаемые задания практикума связаны в комплекс, поэтому выполнение каждой следующей работы предполагает завершенность предыдущей. Общим заданием первой главы является создание поэтажного плана жилого здания с системой внутреннего водопровода и канализации.

Отчетом о выполненной лабораторной работе является файл с ее результатами, сохраненный в формате *dwg*. После проверки преподавателем отчета, защита работы проходит в форме ответов на контрольные вопросы и демонстрации полученных навыков.

При выполнении лабораторных заданий в компьютерном классе ВоГУ учащийся обязан соблюдать технику безопасности и ознакомиться с инструкцией по охране труда для пользователей ПЭВМ.

# Лабораторная работа № 1. Начальные установки чертежа

2 часа

## ВВЕДЕНИЕ

---

**Принципы работы.** В программе AutoCAD для создания чертежей используется принцип векторной графики, согласно которому все изображения собраны из элементарных геометрических объектов, например: точек, отрезков, дуг, окружностей и др. фигур. Такие простейшие объекты называются **графическими примитивами**. Каждый объект имеет определенные **свойства** (например, толщину и цвет линии) и после его создания может быть отредактирован, перемещен или удален.

Для создания и редактирования графических примитивов существуют наборы инструментов, которые в САПР дополнены средствами для нанесения размеров, выносок, текста и т.д.

**Интерфейс.** Оформление визуальных элементов окна приложения AutoCAD может изменяться и настраиваться в соответствии с нуждами пользователя. Набор элементов интерфейса пользователя, которые сгруппированы и упорядочены для определенного вида работ, составляет т.н. **рабочее пространство**. В AutoCAD существуют предустановленные рабочие пространства: «2D рисование и аннотации», «3D моделирование», а также «Классический AutoCAD».

Главным элементом рабочего пространства (кроме классического) является **лента**, в которой размещены кнопки и другие элементы управления. Обычно она находится в верхней части окна. На ленте размещены **панели**, которые содержат кнопки-инструменты и элементы управления. Панели организованы в виде **вкладок**, названных по выполняемой задаче, например: «Главная», «Блоки и ссылки», «Аннотации», «Сервис», «Вид», «Вывод». Кроме ленты, имеется возможность использовать и традиционное меню, которое доступно через **обозреватель меню** (кнопка в левом верхнем углу окна).

Дополнительными элементами управления являются **панели инструментов, палитры, контекстные меню, строка состояния** и другие. Важное место занимает **окно команд** в нижней части экрана, в котором отображаются и вводятся текстовые команды, опции команд и инструментов, сообщения.

Центральная область рабочего окна AutoCAD называется **графическим экраном**, в котором происходит создание и редактирование чертежей (указатель мыши приобретает вид **прицела**). В нижней части экрана расположены **вкладки** для переключения между рабочими средами (пространствами модели и листа).

В самой нижней части рабочего поля размещается **строка состояния**, которая содержит текущие координаты указателя мыши и значки для быстрого доступа и управления чертежными средствами (в частности, кнопки включения/выключения режимов черчения).

**Панели инструментов** содержат кнопки инструментов или команд, собранных по их общему назначению. Многие кнопки на панелях инструментов дублируют команды на ленте или в меню.

**Палитры** – это отдельные окна, предоставляющие дополнительные функции. Главное отличие палитр от панелей инструментов – возможность работы в диалоговом режиме, кроме того, они выполняют более разнообразные действия. Можно выделить такие палитры, как «Свойства», «Слой», «Инструментальные палитры» и др.

**Пространства модели и листа.** Так называются различные рабочие среды, в которых можно создавать объекты на чертеже. *Пространство модели* является трехмерным, именно в нем обычно создается модель, состоящая из геометрических объектов. Готовый лист чертежа с определенными видами и надписями создается в двухмерном пространстве, называемом *пространством листа*. Переключение между данными пространствами осуществляется с помощью вкладок, расположенных в нижней части окна чертежа: вкладка «Модель» и одна или несколько вкладок «Лист».

Для создания двухмерного чертежа, имеющего один вид, и нанесения всех пояснительных элементов достаточно пространства модели. В пространстве листа можно размещать основную надпись, задавать размеры чертежа, а также добавлять примечания.

**Слои.** Это основное средство упорядочения на чертеже. Однотипные объекты можно группировать в слои и задавать им общие свойства (типы линий, цвета). Например, такие объекты, как вспомогательные линии, тексты, размеры и основные надписи можно разместить на отдельных слоях.

Послойная организация позволяет, например, их показывать или скрывать объекты слоя, разрешать или запрещать их вывод на печать, назначать цвет, тип и вес линий и т.д.

**Видовые экраны.** Это своего рода «окна», в которых отображается некоторая часть пространства модели чертежа. В пространстве модели видовые экраны полностью занимают все графическую область, не перекрывая друг друга. В пространстве листа можно открыть несколько видовых экранов произвольной формы. По умолчанию каждый новый лист содержит один видовой экран прямоугольной формы.

**Объекты на чертеже.** САПР AutoCAD предоставляет возможность размещать на чертеже такие объекты, как *графические примитивы, блоки, штриховки, текст, таблицы, растровые изображения*, а также внедренные объекты, созданные в других приложениях (OLE).

**Графические примитивы.** Существует около двух десятков двухмерных объектов - *примитивов*, которые используются для построения чертежа. Некоторые из них представляют собой простейшие геометрические фигуры (например, *точка, отрезок, линия, окружность, дуга, эллипс, прямоугольник, многоугольник, сплайн*), другие – составлены из этих фигур, например, *поли-*

линия, кольцо, штриховка, облако, области и др.

Как правило, построение объектов выполняется путем задания точек либо с помощью *устройства указания* (например, компьютерной мыши), либо вводом значений координат в командной строке.

*Общие свойства* примитивов включают *цвет*, толщину (*вес*), *тип* и *масштаб* линий. Помимо общих, существуют *геометрические* и свойства, присущие определенным видам примитивов.

Каждый нарисованный примитив имеет т.н. **ручки** – квадратные метки, находящиеся в характерных точках (например, в начале и конце отрезка). С помощью перетаскивания ручек можно растягивать, перемещать, поворачивать и масштабировать нарисованный объект.

Несколько графических примитивов можно «собрать» в одну группу под определенным именем, которая называется **блок**. В дальнейшем его можно многократно размещать на чертеже и редактировать.

**Режимы рисования.** Для упрощения создания чертежей в AutoCAD предусмотрено несколько средств, обеспечивающих точность построения примитивов без проведения расчетов. К ним относятся: *сетка* и *привязка*, *полярное* и *объектное отслеживание*, *режим объектной привязки*, *динамический ввод* и *панель быстрых свойств*.

Регулирование режимов рисования производится кнопками в строке статуса, которые изображаются либо в виде пиктограмм или в текстовом режиме.

Самым простым режимом является привязка графических примитивов к сетке. *Сетка* представляет собой прямоугольную комбинацию точек, она помогает выравнивать объекты и оценивать расстояние между ними. На печать сетка не выводится. **Шаговая привязка** позволяет ограничить передвижение курсора только узлами сетки.

**Объектная привязка** позволяет позиционировать новые объекты по характерным точкам (или положению) уже имеющихся на чертеже объектов, например, к конечным точкам отрезков, центрам кругов и т.д. Привязки возникают непосредственно в процессе создания объектов. **Объектное отслеживание** позволяет располагать объекты в определенной зависимости относительно других объектов чертежа.

**Полярное отслеживание** ограничивает перемещение курсора направлением под заданным углом. **Полярная привязка** задает шаг перемещения курсора в заданном направлении по воображаемым линиям. Режим **ортогонального рисования** ограничивает перемещение курсора исключительно горизонтальным и вертикальным направлениями.

**Динамический ввод** обеспечивает командный интерфейс в области курсора (рядом с ним возникают подсказки и поля ввода), позволяющий удерживать фокус в области построения.

Наконец, для точного построения объектов по **координатам** в AutoCAD можно использовать ввод значений координат в командной строке в декарто-

вой или полярной системе, привязанной к неподвижной точке или к подвижной точке, которая определена самим пользователем.

Для более детального ознакомления с возможностями САПР AutoCAD рекомендуется воспользоваться учебным пособием [1].

## **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

---

1. Ознакомление с основами и началом работы в САПР AutoCAD.
2. Изучение и применение простейших графических примитивов.

## **ЗАДАНИЕ**

---

*Стандартная сложность*

1. Нарисовать рамку чертежа и основной надписи формата А3.
2. Подготовить компоновку первого листа для печати.

*Повышенная сложность (дополнительное задание)*

Подготовить лист и рамку формата А2.

## **МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ**

---

Запустите приложение САПР, затем включите рабочее пространство «2D рисование и аннотации» командой меню **Сервис** ▶ **Рабочие пространства**.

**Подготовка первого листа чертежей формата А3.** Перейдите на первый лист чертежа (вкладка внизу **Лист 1**), переименуйте его название на «**Чертеж 1**».

На панели **Печать** (вкладка **Вывод**) откройте **Диспетчер наборов параметров листов**, затем кнопкой «**Редактировать**» откройте панель **Параметры листа**. Выберите для печати принтер/плоттер: HP Design Jet 450, формат листа: ISO A3 и ориентацию чертежа: альбомную. Удалите черную рамку видового экрана.

**Установка шага курсора, привязки, типов линий.** Включите кнопки в строке состояния: **ШАГ**, **СЕТКА**, **ОТС-ПОЛЯР**, **ВЕС**, остальные выключите.

Выполните команду меню **Сервис** ▶ **Режимы рисования**, затем во вкладке «Шаг и сетка» диалогового окна **Режимы рисования** установите шаг привязки по X и Y: 5 мм, шаг сетки по X и Y также 5 мм.

Выполните команду меню **Формат** ▶ **Типы линий**, затем в панели **Диспетчер параметров линий** загрузите новые типы линий: штриховая и штрихпунктирная. После этого просмотрите их через управляющий список **Типы линий** в панели **Свойства** (вкладка **Главная**).

**Подготовка новых слоев.** На панели **Слои** (вкладка **Главная**) кнопкой «**Свойства слоя**» откройте **Диспетчер свойств слоев**.

Кнопкой «**Создать слой**» создайте следующие слои: **ВОДОПРОВОД**, **ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ**, **КОНТУР**, **ОСИ**, **РАЗМЕРЫ**, **РАМКА**, **ТЕКСТ**, **ШТРИХОВКА**.

Для слоя **ОСИ** установите тип линии штрихпунктирная, а для слоя **ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ** – штриховая.

Установите для слоев РАМКА, КОНТУР, ВОДОПРОВОД вес линий в пределах 0,6-0,8 мм, для остальных слоев: 0,3-0,4 мм.

Для слоя ВОДОПРОВОД установите синий цвет (индекс цвета: 5).

**Рисование рамки чертежа и основной надписи.** На панели Слои раскройте список Слои и перейдите на слой РАМКА.

Нарисуйте на листе наружную и внутреннюю рамку, затем основную надпись. Для этого используйте инструменты *отрезок* или *полилиния* на панели Рисование (вкладка Главная).

Вес основных линий должен быть 0,6-0,8 мм (т.е. значение «Послою»), вспомогательных: 0,3-0,4 мм (для изменения используйте управляющий список **Веса линий** панели Свойства). Наружная рамка должна иметь размеры 400×280 мм. В процессе рисования можно изменять интервал привязки до 1 мм. Размеры рамки и основной надписи приведены на рис. 1.1 и 1.2.

**Создание видового экрана.** На панели Видовые экраны (вкладка Вид) нажмите кнопку «Многоугольный» и мышкой выделите область видового экрана по шести углам внутри рамки – рис. 1.1.

**Оформление и сдача выполненной работы.** Сохраните файл с чертежом под Вашей фамилией в Вашей папке на общем диске сервера.

СОВЕТ. Учебный видеоклип с примером выполнения данного задания приведен в разделе «Приложения» в ЭУМКД «Компьютерная графика».

**Лист А2 с рамкой (повышенная сложность).** Щелкните правой кнопкой мыши по ярлычку внизу «Чертеж 1», выберите из выпадающего меню команду **Новый лист**. Щелкните по появившейся вкладке «Лист 3» и настройте третий лист на формат А2, измените его название – «**Формат А2**».

Нарисуйте наружную рамку размерами 580×400 мм, основную надпись и видовой экран аналогично первому листу чертежей.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Чем отличается объектная привязка от шаговой?
2. Перечислите доступные в AutoCAD режимы рисования.
3. Какой принцип создания чертежей принят в САПР?
4. Что такое графические примитивы?
5. В чем состоит назначение слоев?
6. Перечислите главные элементы интерфейса AutoCAD.
7. Как называется набор элементов интерфейса, специально собранный для выполнения определенного вида работ?
8. Чем отличается палитра от панели инструментов?
9. Что такое графический экран?
10. Для чего необходимо пространство листа?
11. Перечислите объекты, которые можно размещать на чертеже.

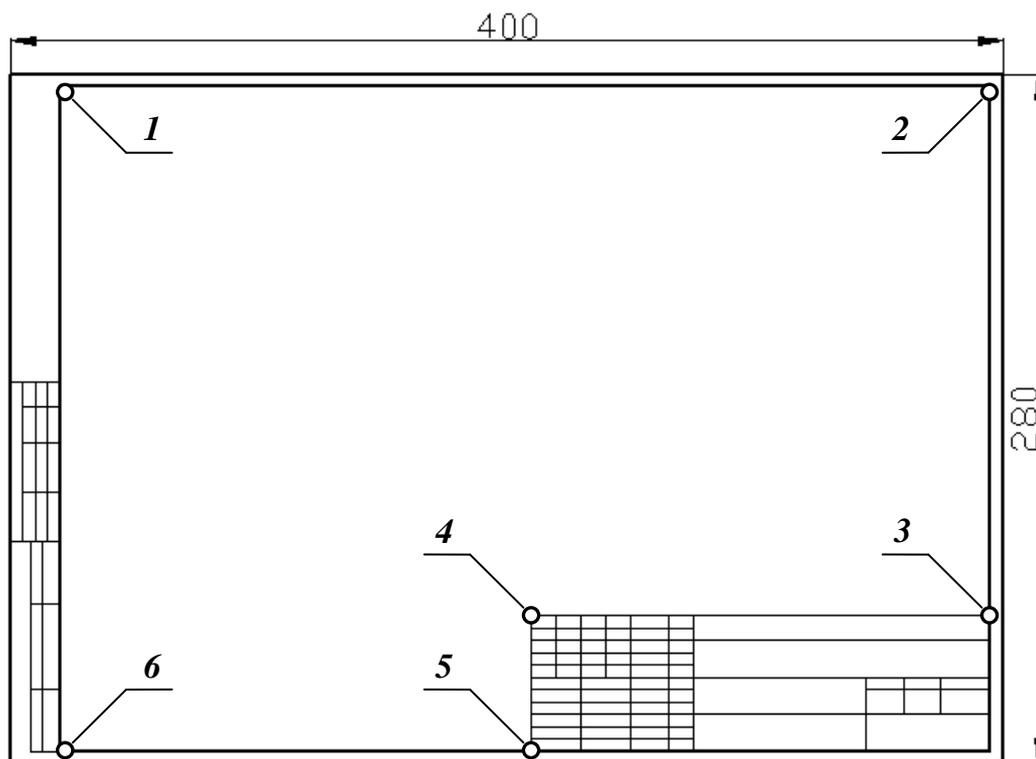


Рис. 1.1. Наружная рамка и основная надпись  
(цифрами 1–6 указаны углы видового экрана)

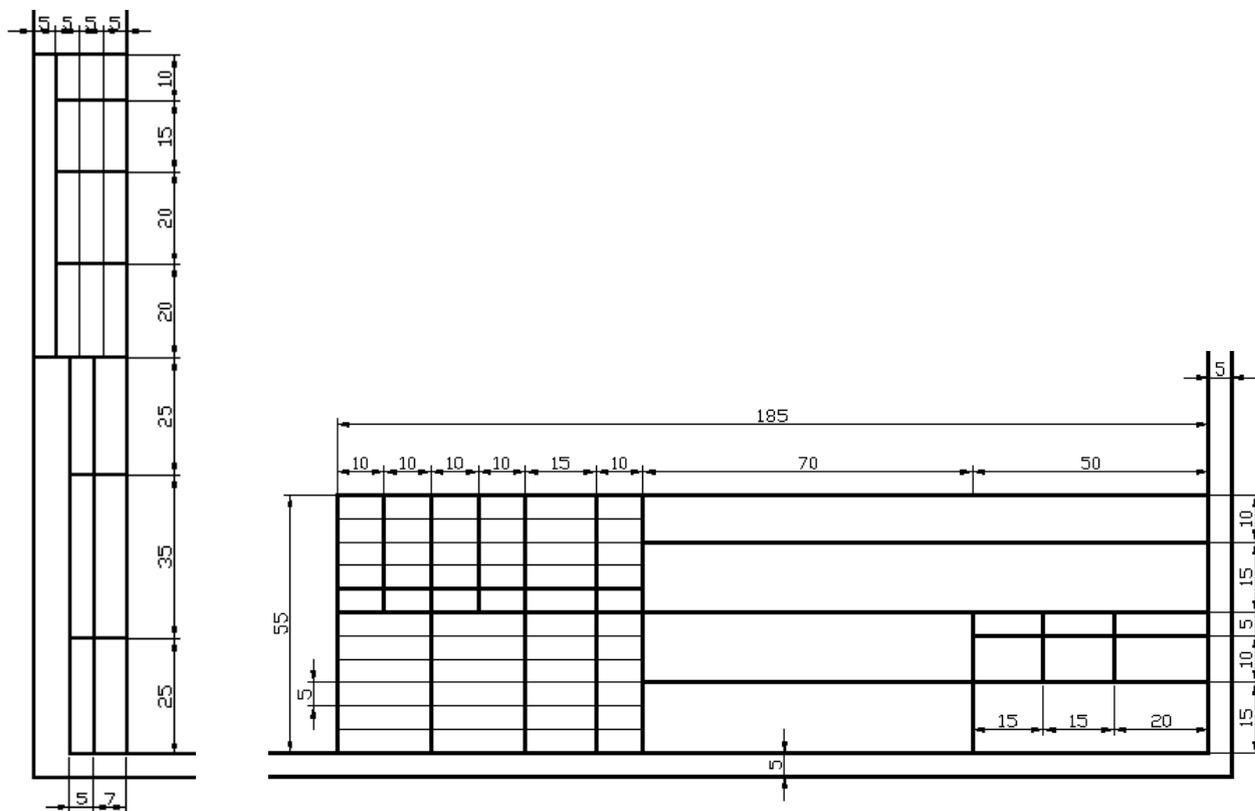


Рис. 1.2. Левая и правая часть рамки

## Лабораторная работа № 2. Графические примитивы и текст

4 часа

### ВВЕДЕНИЕ

---

**Графические примитивы и объекты.** Пользователь имеет возможность создавать различного рода графические объекты – от простейших отрезков и кругов до сплайновых кривых и эллипсов. Команды отрисовки примитивов и объектов находятся в панели «Рисование» вкладки «Главная» ленты.

Отдельные объекты (например, *точка, отрезок, линия, окружность, дуга, эллипс, прямоугольник и сплайн*) можно строить с указанием только характерных точек (начало, конец, центр и т.п.). Однако существуют другие, например, *многоугольник* и *штриховка*, который требуют от пользователя дополнительных параметров, вводимых из командной строки или диалоговой панели.

Для построения объектов можно воспользоваться одним из способов:

- вводить значения координат точек с использованием либо абсолютных, либо относительных координат;
- задать объектную привязку относительно имеющегося объекта;
- использовать шаговую привязку.

Примеры некоторых часто используемых примитивов:

**Точка** – примитив, который рекомендуется использовать в качестве геометрических опорных узлов для т.н. *объектной привязки*. Этот объект также можно применять для точного деления заданного периметра другого объекта на равные части (команда «Поделить» и «Разметить»).

**Отрезок** – простейший объект, для построения которого следует указать только его начало и конец. Кроме того, можно создать связанную последовательность отрезков – ломаную линию.

**Полилиния** – представляет собой связанную последовательность **сегментов**, причем в отличие от отрезков, все эти сегменты являются единым объектом. Полилинии могут состоять из линейных и дуговых сегментов, а также из любых их сочетаний. Опцией «*ширина*» и «*полуширина*» можно создать для каждого сегмента свою ширину.

**Многоугольник** – команда для создания правильного многоугольника, требует от пользователя ввода нескольких опций (через командную строку) в следующей последовательности: *число сторон, центр, опция размещения* (вписанный или описанный), *радиус* окружности.

**Круг** – можно строить разными способами, по умолчанию установлено построение по заданным центру и радиусу. Кроме того, можно выбрать опцию построения по диаметру, двум и трем точкам, а также по точкам касания к другим объектам.

**Дуга** – по умолчанию можно построить по трем точкам: *начальной, промежуточной и конечной*. Существуют также опции построения по таким параметрам, как *центр, угол, хорда, радиус, направление*.

**Прямоугольник** – по сути, представляет собой полилинию в форме прямоугольника. С помощью опций (например, в контекстном меню) можно управлять *углом* наклона, *фаской*, *сопряжением*, *шириной* и *длиной*.

**Эллипс** – объект, который строится путем задания двух взаимно перпендикулярных осей: длинной и короткой.

**Сплайн** – гладкая кривая, проходящая через заданный набор точек или рядом с ними. Построение сплайна производится в следующем порядке: указываются точки сплайна, задаются две касательные в начальной и конечной точках. Для замыкания сплайна после указания его точек нужно выбрать опцию «*замкнуть*» и задать касательную.

Редактировать уже построенные примитивы удобнее всего с помощью ручек.

**Штриховки.** Штриховка наносится с помощью диалогового окна «*Штриховка и градиент*». Рисунок, который будет заполнять область штриховки на чертеже, называется **образец**. Можно использовать стандартные образцы, определить простой образец штриховки из текущего типа линии или создать более сложные образцы. Тип образца, заполняющий область чистым цветом, называется *сплошным (SOLID)*. **Градиентная заливка** может состоять из оттенков одного цвета или представлять собой плавный переход из одного цвета в другой.

Для нанесения штриховки в диалоговом окне необходимо сначала выбрать необходимый контур или область, затем выбрать образец, настроить необходимые параметры (например, *масштаб* и *угол поворота*) и нажать кнопку «ОК».

Выбирать контур можно указанием *внутренней точки* на замкнутой области или *выбором объекта*. В первом случае штриховка «разливается» изнутри по замкнутому контуру, границы которого определяются автоматически. Во втором случае заштриховывается один или несколько объектов, выбранных самим пользователем.

Образец выбирается из списка имеющихся, при этом можно настроить его масштаб или угол поворота. (Такие свойства, как цвет, вес и тип, можно настроить только через панель «Свойства» вкладки «Главная» ленты). Быстрая настройка свойств штриховки перед ее нанесением производится с помощью копирования свойств уже существующих на чертеже штриховок.

При выборе опции «*ассоциативная*» нанесенная штриховка становится «привязанной» к объектам, образующим ее контур и перемещается вместе с его границами.

Альтернативный и самый простой способ штрихования – простое перетаскивание из окна инструментальных палитр (вкладка «Штриховка») образца штриховки в нужную замкнутую область.

Редактирование уже нанесенной штриховки производится в диалоговом окне «*Редактирование штриховки*», которое открывается двойным щелчком по линиям штриховки.

**Свойства объектов.** Все объекты обладают теми или иными свойствами. Некоторые свойства являются *общими* для большинства объектов – например, слой, цвет, тип линий и стиль печати. Другие же свойства характерны только для определенных объектов – например, окружность характеризуется радиусом и площадью, а отрезок – длиной и углом наклона.

Общие свойства объекта определяются либо описанием слоя, на котором он создается, либо задаются пользователем. В первом случае объект принимает те свойства, которые установлены для всего слоя (при этом значение свойства объекта называется *ПОСЛОЮ*). Во втором случае свойство задается явно и имеет преимущество перед унаследованным от слоя. Быстрое изменение таких свойств, как цвет, тип и вес линий выделенного объекта или целой группы доступно через панель «Свойства» вкладки «Главная».

**Цвет** объекта выбирается обычно через управляющий список «Цвета», при этом доступны только 7 главных цветов. Последний пункт в этом списке «Выбор цвета» открывает диалоговое окно для выбора дополнительного цвета. Имеется возможность выбрать цвет по его номеру (*индексу*), в *палитре* цветовой модели RGB или HSL, или же из *альбома цветов* Pantone, RAL, DIC.

**Типы линий** для их использования должны быть предварительно загружены из специальных LIN-файлов, входящих в стандартный набор AutoCAD или поставляемых отдельно. Затем их можно назначать как свойство объекта через управляющий список «Выбор типа линий».

**Вес линий** (толщина) имеет особенности отражения в зависимости от пространства. Например, в пространстве модели каждому значению веса линий соответствует определенное число пикселей, поэтому видимая на экране толщина линий не зависит от зумирования. В пространстве листа, наоборот, вес линий соответствует видимой толщине при любом приближении/удалении чертежа.

**Нанесение текста.** Текст на чертеже можно создать различными способами. Более короткие фрагменты выполняются с помощью т.н. **однострочного текста**. Для длинных надписей с форматированием используется **многострочный текст**.

Каждая строка однострочного текста является отдельным объектом, который можно перемещать, форматировать или редактировать. Более широкие возможности форматирования и редактирования существуют в многострочном тексте, который создается с помощью **контекстной вкладки** или **текстового редактора**.

**Текстовые стили.** Они используются для создания надписей одного и того же внешнего вида на чертеже, и представляют набор установок с именем, который назначен пользователем. Текстовый стиль определяет *шрифт*, *размер* и *угол наклона* символов, *ориентацию*, а также другие параметры текста.

В AutoCAD существует заранее определенный стиль *СТАНДАРТ*, остальные пользователю необходимо создавать самому.

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

---

1. Изучение команд основных графических примитивов.
2. Изучение особенностей ввода и редактирования текста.

## ЗАДАНИЕ

---

*Стандартная сложность*

1. Нарисовать домик.
2. Заполнить основную надпись.
3. Подготовить три новых листа чертежей.

*Повышенная сложность (дополнительное задание)*

Добавить на чертеж спецификацию элементов домика.

## МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ

---

Командой меню **Файл** ▶ **Открыть** откройте Ваш ранее сохраненный файл.

**Рисование и штрихование домика.** Перейдите на вкладку чертежа **Модель** и на слое **КОНТУР** нарисуйте прямоугольник размером 400×280 мм, затем в нем – домик по образцу на рис. 1.3, используя инструменты создания *отрезка, полилинии, дуг, многоугольника, круга, эллипса, сплайна и облака* (панель **Рисование** вкладки **Главная**).

Обратите особое внимание на смыкание линий на углах домика (в противном случае штриховка просто не получится!). Для этого рекомендуется использовать привязку к сетке – кнопка в строке состояния **ШАГ** (интервал привязки не меньше 1 мм).

Штриховка изображается на слое **ШТРИХОВКА** инструментом с таким же названием. Можно использовать штриховку образцов **BRICK, BOX, HONEY, DASH, SOLID, FLEX** (кирпичи, прямоугольники, соты, пунктир, сплошная, кривая). Для уменьшения рисунка штриховки пользуйтесь полем **Масштаб**.

**Создание нового текстового стиля и выполнение надписей.** На панели **Текстовая** (вкладка **Аннотации**) кнопкой «**Стиль текста**» откройте диалоговое окно **Текстовые стили** и создайте новый текстовой стиль.

Для этого нажмите кнопку «**Новый**» и введите название стиля **ГОСТ**. Затем в поле **Имя шрифта** измените имя шрифта на **GOST type B**. Если в операционной системе не установлен данный шрифт, можно использовать другой, похожий – **ISOCPUR** (обратите внимание на букву **P** в названии шрифта). Включите флажок **Аннотивный**. Установите в поле **Угол наклона** значение **15°**. Нажмите кнопку «**Применить**», затем «**Заккрыть**».

Перейдите на вкладку чертежа **Чертеж 1** и в слое **РАМКА** (или **ТЕКСТ**) с помощью инструмента *многострочный текст* (панель **Текстовая**) заполните основную надпись установленным ранее стилем **ГОСТ**, согласно рис. 1.4.

**Подготовка трех новых листов чертежей.** Правой кнопкой мыши на вкладке чертежа выберите из контекстного меню команду «**Переместить/копировать**», затем в диалоговом окне включите флажок «**Создать ко-**

нию» и в списке листов выберите последний пункт «переместить в конец».

Переименуйте появившуюся вкладку нового листа в «**Чертеж 2**». Таким же образом подготовьте третий и четвертый листы. Исправьте номер чертежа в поле «*Лист*» каждой основной надписи.

**Размещение вида домика на первом листе.** Перейдите снова на первый лист **Чертеж 1**, перейдите в пространство модели двойным щелчком по центру чертежа (или кнопкой **ЛИСТ/МОДЕЛЬ** в строке состояния). Найдите на видовом экране нарисованный домик и поместите его по центру. Это можно сделать, например, зумированием через панель **Утилиты** (вкладка **Главная**) кнопкой «**Все**».

**Спецификация элементов домика (повышенная сложность).** С помощью инструмента *Таблица* добавьте на первый лист чертежей спецификацию составляющих элементов домика по форме 1. Для этого выберите имя стиля таблицы ГОСТ, затем настройте тестовой стиль ячеек данных, заголовка и названия также на ГОСТ, высотой 2,5 и 5 мм.

Форма 1

**Спецификация элементов домика**

<b>№</b>	<b>Элемент</b>	<b>Объекты</b>
1	<i>Фундамент</i>	<i>Отрезок, штриховка (BRICK, черный)</i>
2	<i>Крыльцо</i>	...
3	<i>Стены</i>	...
4	<i>Входная дверь</i>	...
5	<i>Окно 1</i>	...
6	<i>Окно 2</i>	...
7	<i>Окно 3</i>	...
8	<i>Крыша</i>	...
9	<i>Дымовая труба</i>	...
...	...	...

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Для чего необходим такой графический примитив, как точка?
2. Какие способы можно применять для построения объектов?
3. Какие объекты требуют, кроме указания точек, ввода дополнительных параметров?
4. Какие объекты представляют собой полилинию?
5. Чем отличается штриховка от заливки?
6. Перечислите общие свойства объектов.
7. Как влияет на вес линий пространства чертежа и листа?
8. Что входит в текстовый стиль?
9. Какие способы нанесения текста на чертеж можно использовать?

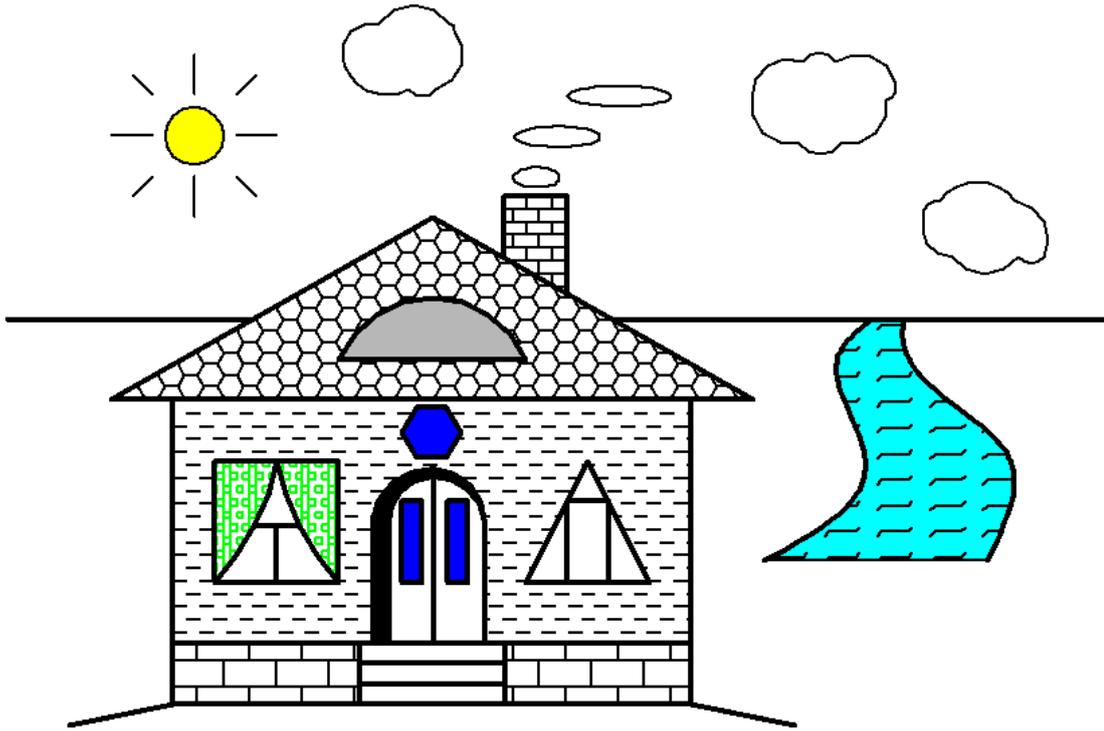


Рис. 1.3. Домик на чертеже

Согласовано:								
Взамен шлв. №								
Подпись и дата								
Ишв. № подл.								
						КР - 1.08.03.01. <i>ваш номер</i>		
						Компьютерная графика		
Изм.	К.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата	Основы САПР		
Разработ.		Фамилия				Стадия	Лист	Листов
Проверил		Фамилия				У	1	4
Т. контроль						ВоГУ,		
И. контроль						<i>ваша группа</i>		
Утв.						Копировал		
						Формат		

Рис. 1.4. Заполнение основной надписи

## Лабораторная работа № 3. Редактирование объектов на чертеже и методы объектной привязки

4 часа

### ВВЕДЕНИЕ

---

**Редактирование объектов чертежа [1].** Объекты можно редактировать, изменяя их размеры, форму и расположение. В соответствии с этим все команды редактирования делятся на три группы:

- копирования и изменения местоположения;
- изменения размеров;
- конструирования объектов.

Первая группа команд включает такие действия, как *перенос* и *копирование*, *зеркальное отражение*, *построение подобных* объектов, создание *массива* из объектов и *поворот*. Для изменения размеров можно использовать команды *масштабирования*, *растягивания*, *удлинения* и *обрезки*. Последняя группа команд позволяет вносить конструктивные изменения в объект, т.е. создавать *фаски* и *сопряжения*, *разрывать* и *соединять* объекты.

Отдельную группу составляют команды правки отдельных объектов по их типу: редактирование *полилинии*, *сплайна*, *штриховки*, *текста*.

Действия редактирования можно начинать следующими способами:

- вначале вызвать команду, а затем выбрать объекты для редактирования;
- сначала выбрать объекты, а затем вызвать команду для их редактирования;
- для контекстного меню щелкнуть правой кнопкой мыши по объекту;
- дважды щелкнуть по объекту для открытия палитры «Свойства» или (в некоторых случаях) окна редактора.

Рекомендуется на первых порах сначала вызвать команду редактирования и только потом выбирать объекты, следя за диалогом в окне команд. Этап выбора объектов завершается нажатием клавиши **Enter**.

**Выбор объектов.** Объекты можно выбирать *прицелом* последовательно или одновременно – *прямоугольной областью выбора*. Область выбора указывается мышкой по противоположным углам прямоугольника, причем направление, в котором перемещается курсор из начальной точки в противоположный угол, определяет выбор объектов:

- если курсор перемещается слева направо, то выбираются только те объекты, которые полностью заключены в прямоугольную область;
- в противоположном направлении – выбираются объекты, которые только «задеты» рамкой (а не охвачены ею полностью).

Дополнительной возможностью является отбор объектов по каким-либо свойствам (например, цвет, тип объекта и т.п.) с помощью диалогового окна «Быстрый выбор». Эта функция позволяет быстро сформировать набор объектов по заданному критерию отбора. Окно вызывается соответствующей кнопкой панели «Утилиты» вкладки «Главной». Затем в списках «Тип объектов»,

«Свойства», «Оператор» и «Значения» назначаются нужные критерии отбора.

**Команды редактирования.** Многие команды предполагают указание т. н. **базовой точки** – точки, предназначенной для определения относительного расстояния и угла при копировании, переносе и повороте объектов.

**Перенести** – команда, которая перемещает объекты на заданное расстояние в указанном направлении. Для точного переноса объектов используйте координаты, шаговую привязку, объектные привязки и другие инструменты. Вот примерная последовательность переноса: 1 – выбрать объекты и нажать **Enter**; 2 – указать базовую точку; 3 – указать положение конечной точки перемещения (или расстояние перемещения в командной строке).

**Копировать** – команда для копирования на заданное расстояние в указанном направлении. По принципам работы похожа на предыдущую команду, отличие состоит в автоматическом повторе создания копий, поэтому для завершения команды необходимо нажать **Enter**.

**Зеркало** – создает зеркальную копию (отражение) выбранных объектов. После выбора объектов необходимо указать первую и вторую точку линии оси отражения, а затем выбрать опцию удаления исходных объектов (по умолчанию опция – «нет»).

**Подобие** – создает уменьшенный или увеличенный объект, подобный выбранному. Команда выполняется только для одного объекта. Последовательность действий такова: указывается расстояние смещения; выбирает один объект; указывается любая точка внутри или снаружи объекта – для определения стороны смещения.

**Массив** – создает копии объектов, упорядоченно располагая их по окружности (*круговой массив*) или в узлах *прямоугольного массива*. Для прямоугольных массивов задается *количество рядов и столбцов*, а также *расстояние* между ними. Для круговых массивов задается *количество копий* объекта и *режим* их поворота.

Эти действия производятся в диалоговом окне «Массив». Для просмотра результатов построения массива прямо на чертеже можно воспользоваться кнопкой «Просмотр» (клавиша **Enter** после этого окончательно принимает массив, клавиша **Esc** – возврат в окно).

**Поворот** – поворачивает объекты вокруг заданной базовой точки. После выбора объектов указывается базовая точка, и затем вводится значение угла поворота (по умолчанию – против часовой стрелки).

**Масштаб** – команда увеличения или уменьшения выбранных объектов с сохранением пропорций. После выбора объектов необходимо указать базовую точку, затем задать коэффициент масштабирования. Если масштабный коэффициент больше единицы, объект увеличивается. Значения в пределах от 0 до 1 уменьшают объект.

**Растянуть** – команда для растягивания объектов, пересекаемых рамкой выбора. Расстояние и направление растягивания указываются относительно базовой точки. Растягиваются только те объекты, которые частично находятся

в текущей рамке. Не растягиваются круги, эллипсы и блоки.

**Обрезать** – команда для усечения объектов в соответствии с кромками других объектов. Сначала выбираются объекты, задающие режущие кромки, нажимается **Enter**, а затем указываются объекты, которые обрезаются. Если до первого выбора объектов нажать клавишу **Enter**, все объекты на чертеже превращаются в потенциальные режущие кромки.

**Удлинить** – команда (похожая по принципу работы на предыдущую), которая удлиняет объект до кромок других.

**Разорвать** – команда, которая разрывает объект с зазором между двух заданных точек. Разрывы не создаются в таких объектах, как блоки, размеры, мультилинии и области.

**Соединить** – соединяет несколько объектов в один. Можно соединять следующие графические примитивы: дуги, эллиптические дуги, отрезки, разомкнутые полилинии и сплайны. Первый выбранный объект называется *источником*, второй и все последующие должны иметь смыкание между собой.

**Фаска** – команда, соединяющая два объекта для их пересечения в плоском или скошенном углу. В начале работы следует задать длины фасок (которые по умолчанию равны нулю), для этого выбирается опция «длина» или «угол». Длину фаски можно задать двумя отрезками, а также отрезком и углом. Также можно выбрать опцию для снятия фасок сразу со всех углов полилинии.

**Сопряжение** – соединение двух объектов дугой определенного радиуса. Вначале необходимо обязательно задать радиус сопряжения. Команда схожа по принципам работы с предыдущей.

**Стереть** – команда для удаления объектов. Также можно использовать клавишу **Delete**.

**Расчленить** – разбивает составной объект на составляющие его объекты. Можно расчленять любые объекты, включая блоки, полилинии и области.

**Редактирование с помощью ручек.** Перетаскиванием ручек можно выполнять *растягивание, перемещение, поворот, масштабирование* и *зеркальное отображение* объектов. Выбранная операция редактирования называется *режимом ручек*.

После выбора объектов необходимо выбрать нужную базовую ручку, которая подсвечивается (выделяется красным цветом), затем нажать правую кнопку мыши и выбрать нужную опцию-команду из контекстного меню.

**Геометрические построения с использованием объектных привязок.** Использование объектных привязок необходимо для указания точных положений на объектах, например, середины отрезка или касательной к окружности.

Всего в AutoCAD существует 13 типов объектных привязок, которые будут описаны ниже в табл. 1. По умолчанию при перемещении курсора над объектной привязкой на объекте отображаются *маркер* (значок привязки) и *подсказка* (название).

## Режимы объектной привязки

Режим	Описание
Конточка	Привязка к ближайшей <u>конечной точке</u> дуги, эллиптической дуги, отрезка, мультитилинии, сегмента полилинии, сплайна, области или луча
Середина	Привязка к <u>середине</u> дуги, эллипса, эллиптической дуги, отрезка, мультитилинии, сегмента полилинии, области, фигуры, сплайна или прямой
Центр	Привязка к <u>центру</u> дуги, эллиптической дуги, эллипса или круга
Узел	Привязка к <u>объекту-точке</u> , определяющей точке размера или начальной точке размерного текста
Квадрант	Привязка к <u>точке квадранта</u> дуги, эллиптической дуги, эллипса или круга
Пересечение	Привязка к <u>пересечению</u> дуг, окружностей, эллипсов, эллиптических дуг, отрезков, мультитилиний, полилиний, лучей, границ областей, сплайнов или прямых
Продолжение	Создание временной вспомогательной линии, являющейся <u>продолжением</u> объекта, над конечной точкой которого проходит курсор
Вставка	Привязка к <u>точке вставки</u> текста, блока, формы или атрибута
Нормаль	Привязка к <u>месту пересечения нормали</u> с дугой, окружностью, эллипсом, эллиптической дугой, отрезком, мультитилинией, полилинией, лучом, границей области, фигурой, сплайном или прямой
Касательная	Привязка к <u>месту пересечения касательной</u> с дугой, эллиптической дугой, эллипсом, окружностью или сплайном. Если для создаваемого объекта требуется более одной точки привязки, автоматически включается режим привязки «задержанная касательная»
Ближайшая	Привязка к <u>ближайшей точке</u> дуги, окружности, эллипса, эллиптической дуги, отрезка, мультитилинии, объекта-точки, полилинии, луча, сплайна или прямой
Кажущееся пересечение	Привязка к <u>кажущемуся пересечению</u> двух объектов, которые не лежат в одной плоскости, но выглядят пересекающимися
Параллельно	Обеспечивает <u>параллельность</u> линейного сегмента, сегмента полилинии, луча или прямой относительно другого линейного объекта. После указания первой точки линейного объекта, укажите привязку к параллельному объекту. В отличие от других режимов привязки объектов, нужно перемещать курсор и задержать курсор над другим линейным объектом, пока не будет выдан запрос угла. Затем переместите курсор обратно к создаваемому объекту

Объектную привязку можно включать во время любого запроса указания точек. Если необходимо использовать один или несколько режимов объектной привязки более одного раза, то можно установить эти режимы в качестве *текущих*. Это устанавливается в закладке «Объектная привязка» диалогового окна «Режимы рисования».

Для временного включения нужного режима объектной привязки в процессе рисования следует воспользоваться одним из этих способов:

- командами из панели инструментов «Объектная привязка»;
- контекстным меню, которое вызывается правой кнопкой мыши при нажатой клавише **Shift**.

Объектная привязка в целом включается и отключается из строки состояния кнопкой ПРИВЯЗКА (или клавишей **F3**).

**Объектное отслеживание** расширяет и дополняет возможности объектной привязки. Этот режим можно быстро включать и отключать нажатием кнопки **ОТС-ОБЪЕКТ** в строке состояния.

Объектное отслеживание облегчает выбор точек, которые лежат на линиях отслеживания, проходящих через характерные точки объектов. Захваченная точка помечается маркером в виде маленького знака «плюс» (+). Одновременно может быть захвачено до семи точек чертежа.

После захвата по мере передвижения курсора появляются вертикальные, горизонтальные или полярные линии отслеживания, проходящие через данную точку.

---

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомление с командами редактирования AutoCAD и методами объектной привязки.

---

## ЗАДАНИЕ

*Стандартная сложность*

1. Выполнить ряд упражнений по редактированию простейших объектов.
2. Выполнить ряд упражнений по использованию методов объектной привязки.

*Повышенная сложность (дополнительное задание)*

1. Выполнить упражнения по остальным командам редактирования.
2. Выполнить упражнения по дополнительным методам объектной привязки.

---

## МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ

Откройте Ваш ранее сохраненный файл, перейдите на вкладку чертежа **Модель** и на слое КОНТУР нарисуйте еще один прямоугольник размером 400×280 мм. Поделите его вертикальной линией пополам.

В строке состояния включите кнопки **ШАГ** и **СЕТКА**.

**Редактирование объектов с помощью инструментов.** В левой части прямоугольника выполните задания по командам *Копировать*, *Зеркало*, *Подобие*, *Массив*, *Повернуть*, *Масштаб*, *Обрезать*, *Удлинить*, *Разорвать*, *Фаска*, *Сопряжение* – см. рис. 1.5. Для этого воспользуйтесь панелью **Редактирование** (вкладка **Главная**).

Перед выполнением рекомендуется разделить всю левую часть прямоугольника на два поля: «До» и «После». В первом поле объект сначала созда-

ется, затем копируется во второе поле и там изменяется.

**Выполнение упражнений на объектные привязки.** Командой меню **Сервис ▶ Режимы рисования** откройте диалоговое окно и перейдите на закладку «Объектная привязка».

Включите следующие режимы привязки: *Конточка, Середина, Центр, Квадрант, Пересечение, Продолжение, Нормаль, Касательная, Кажущееся пересечение, Параллельно.*

Включите в строке состояния кнопки **ПРИВЯЗКА**, **ОТС-ОБЪЕКТ** и **ОТС-ПОЛЯР**, обязательно отключите **ШАГ** и **СЕТКА**.

На правой части того же прямоугольника выполните задания по объектной привязке, изображенные на рис. 1.6.

**Размещение на втором листе.** Перейдите на второй лист **Чертеж 2**, двойным щелчком по центру чертежа перейдите в пространство модели. Найдите на видовом экране рамку с выполненными упражнениями и поместите по центру.

Для защиты этой лабораторной работы, кроме обычной процедуры, в дополнение требуется продемонстрировать приобретенные навыки работы с включенными десятью привязками (на примере параллельных отрезков и др.).

**Остальные команды редактирования (повышенная сложность).** Придумайте и сами выполните задания на такие команды, как: *Стереть, Растянуть, Увеличить* и *Соединить*.

**Дополнительные виды объектных привязок (повышенная сложность).** Включите оставшиеся привязки *Узел, Твставки* и *Ближайшая*. Придумайте задания на эти привязки и сами их выполните.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Какие команды редактирования требуют указания базовой точки?
2. Назовите группы команд для редактирования объектов.
3. Назовите парные команды редактирования, схожие по принципу работы.
4. Какие команды редактирования предназначены для изменения размеров?
5. В каких случаях для проведения редактирования объектов требуется нажатие клавиш? Назовите эти клавиши.
6. Что представляют текущие режимы объектной привязки?
7. Для чего необходимо объектное отслеживание?
8. Какие операции редактирования можно выполнить с помощью ручек?
9. Чем отличается режим привязки «Параллельно» от остальных?
10. Как вызывается диалоговое окно для настройки режимов привязки?

## РИСУНКИ И СХЕМЫ

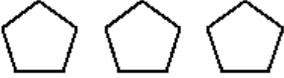
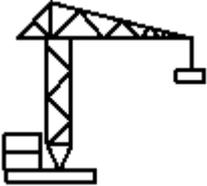
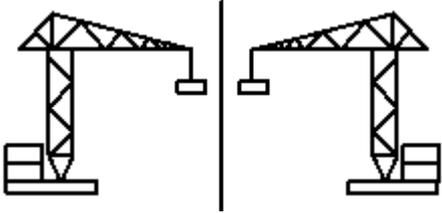
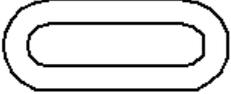
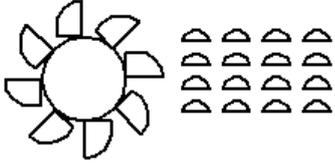
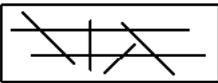
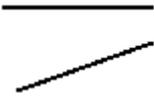
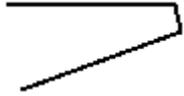
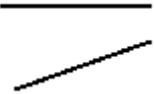
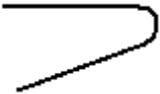
Метод	До	После
<b>1. Копировать</b> – три раза		
<b>2. Зеркало</b> – по горизонтали		
<b>3. Подобие</b> - внутри		
<b>4. Массив</b> – полярный и прямоугольный		
<b>5. Повернуть</b> - на 30°		
<b>6. Масштаб</b> – в 2 раза		
<b>7. Обрезать</b> – по границам прямоугольника		
<b>8. Удлинить</b> – до границ прямоугольника		
<b>9. Разорвать</b> – по двум точкам		
<b>10. Фаска</b> – с одинаковыми катетами		
<b>11. Сопряжение</b> – двух отрезков		

Рис. 1.5. Задания по командам редактирования

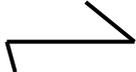
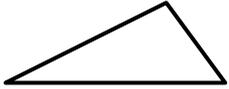
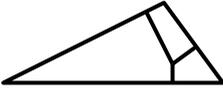
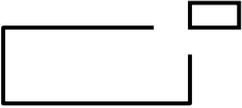
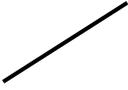
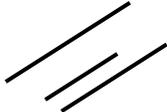
До	После
<p><b>1. Конточка</b> – начальная и конечная точки отрезка</p> 	
<p><b>2. Середина</b></p>	
	
<p><b>3. Центр</b></p>	
	
<p><b>4. Квадрант</b> – отрезки заканчиваются на квадрантах окружности</p>	
	
<p><b>5. Пересечение</b> – дуга начинается с пересечения линий</p>	
	
<p><b>6. Продолжение</b> – последняя точка дуги лежит на продолжении линии</p>	
	
<p><b>7. Нормаль</b> – перпендикуляры из одной точки к сторонам треугольника</p>	
	
<p><b>8. Касательная</b> – от точки к окружности</p>	
	
<p><b>9. Кажущееся пересечение</b> – первая точка прямоугольника начинается с пересечения двух отрезков</p>	
	
<p><b>10. Параллельно</b> – несколько параллельных отрезков</p>	
	

Рис. 1.6. Задания по методам объектной привязки

## Лабораторная работа № 4. Черчение плана здания

6 часов

### ВВЕДЕНИЕ

---

**Основы построения планов этажей жилых зданий [2].** Рабочие чертежи архитектурных решений зданий и сооружений выполняют в соответствии с ГОСТ 21.501-2011 и других стандартов СПДС.

**Координационные оси** образуют геометрическую основу плана здания. Под *привязкой* понимают расстояние от координационной оси до грани или геометрической оси конструктивного элемента здания. При непосредственном опирании на наружные несущие стены плит покрытий внутреннюю поверхность стены нужно отнести от продольной координационной оси внутрь здания на 130 мм для кирпичных стен (150 мм для стен из крупных блоков). Геометрическая ось внутренних стен обычно совмещается с координационной осью.

**Планом здания** называется изображение на горизонтальной плоскости, выполненное в виде разреза при помощи мнимой (секущей) плоскости, проведенной на уровне  $1/3$  высоты изображаемого этажа или 1 м над изображаемым уровнем.

Для планов этажей, подвалов и фундаментов, фасадов зданий, монтажных планов этажей и перекрытий применяются масштабы М 1:100, 1:200, 1:500; для планов секций, фрагментов планов и фасадов – М 1:50, 1:100.

На плане обычно слева и снизу проводят внешние размерные линии. В первой линии проставляют размеры проемов и простенков. На второй размерной линии наносят размеры между смежными координационными осями и на третьей размерной линии – размеры между крайними координационными осями.

На плане здания дается расположение отдельных помещений, оконных и дверных проемов, расположение лестниц и перегородок, а также санитарно-технического оборудования и печей. Планам дают названия, например: *План 1 этажа, План 2 этажа* и т.д. При большой длине секционных домов план всего здания выполняют в масштабе 1:200 или 1:100, который затем дополняют планами секций, выполненных в более крупном масштабе.

На планах типовых этажей наносят и указывают:

- координационные оси здания и размеры между ними и крайними осями, оси у деформационных швов;
- оконные проемы без четвертей;
- дверные проемы без полотен;
- отметки участков, расположенных на разных уровнях;
- направление и величину уклона полов;
- номера квартир;
- тип квартиры, количество в ней комнат, жилую и общую площадь в кв.м. Площадки, антресоли и другие конструкции, расположенные выше секу-

щей плоскости, изображают схематично тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками.

**Жилая секция** – несколько квартир, расположенных около лестничной клетки. На планах секций рекомендуется наносить толщину стен и перегородок и давать их привязку к координационным осям. Здесь же показывают все проемы, отверстия, борозды, ниши и гнезда в стенах и перегородках с необходимыми размерами и привязками, за исключением предусмотренных в чертежах изделий. Для проемов с четвертями размеры показывают по наименьшей величине проема.

Над изображением каждой секции помещают надпись, которая показывает, сколько квартир в секции и число комнат в каждой квартире: например, **Секция 1 (1–2–2–2)**. Площади помещений приводят в нижнем правом углу плана и подчеркивают сплошной толстой линией.

В некоторых случаях для более детального изображения всех конструктивных элементов выполняют **фрагмент плана**, изображая его в более крупном масштабе с большими подробностями (например, с размерами всех комнат и их площадями, марками дверных и оконных блоков, фрамуг и перегородок). Иногда на фрагменте плана размещают положение мебели.

Архитектурно-строительные чертежи марки АР являются основой для разработки проектов инженерных систем: систем внутреннего водопровода и канализации, отопления и вентиляции, газоснабжения и других.

**Аннотации и аннотивные объекты AutoCAD.** К **аннотациям** в терминологии AutoCAD относят примечания, поясняющие обозначения других типов, а также объекты, обычно используемые для добавления информации к чертежу. Например, аннотациями являются примечания, таблицы, размеры и допуски, штриховки и блоки.

Для создания аннотаций (т.е. *аннотирования* чертежей) существует следующий ряд объектов: *текст* (многострочный и однострочный), *размеры*, *штриховки*, *допуски*, *выноски* и *мультивыноски*, *блоки*, *атрибуты*.

Чтобы аннотации имели необходимые (или одинаковые) размеры при просмотре или печати даже в различных масштабах, для них предусмотрено свойство «*Аннотивный*». Это свойство позволяет автоматизировать процесс масштабирования аннотаций для вывода на печать или отображения в соответствии с требуемым форматом листа бумаги.

Размер аннотивных объектов, отображаемый в видовых экранах листа и пространстве модели, соответствует **масштабу аннотаций**, установленному для этих пространств. Масштаб аннотаций отображается в строке состояния приложения или чертежа, его можно изменить для каждого видового экрана листа и пространства модели.

Когда на чертеже создаются аннотивные объекты, они принимают текущий масштаб аннотаций и автоматически отображаются в правильном размере.

Кроме объектов, аннотивными могут быть также *стили*: текстовые, раз-

мерные стили и стили мультивыносок. Объекты, созданные с применением аннотивных стилей, являются аннотивными.

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

---

Закрепление полученных навыков на примере черчения плана здания.

## ЗАДАНИЕ

---

*Стандартная сложность*

Начертить план типового этажа жилого здания из двух секций.

*Повышенная сложность (дополнительное задание)*

Добавить к чертежу еще одну секцию этажа.

## МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ

---

Откройте Ваш ранее сохраненный файл, перейдите на вкладку чертежа **Модель** и на слое **КОНТУР** нарисуйте вспомогательный прямоугольник-рамку размером 40000×28000 мм.

**Черчение плана первого этажа здания.** Начертите в прямоугольнике в масштабе 1:1 план этажа здания, по рис. 1.7. Для этого установите интервал (шаг) привязки 10 мм, интервал (шаг) сетки – 100 мм.

Загрузите новый тип линий – линия сгиба (штрихпунктирная с двумя точками).

Включите в строке состояния кнопки **ШАГ** **СЕТКА** **ОТС-ПОЛЯР**. При необходимости можно использовать режимы объектной привязки кнопками **ПРИВЯЗКА** и **ОТС-ОБЪЕКТ**.

При черчении соблюдайте следующие правила:

- конструкционные (осевые) линии должны быть в слое **ОСИ**, линии стен, перегородок и т.д. – в слое **КОНТУР**;
- вес основных линий – *Послою*, вспомогательных – 0,4 мм;
- толщина стен: наружных – 510 мм, внутренних – 380 мм, комнатные перегородки изображаются основной линией;
- ширина оконных проемов – 140 см (на балконы – 100 см), ширина дверных проемов: входные и балконные – 80 см, двери в комнаты, кладовки, санузлы – 60, 70 или 80 см;
- расстояние от линии стен до кружков координационных осей – 2000 мм, диаметр кружков – 1000 мм.

Вычерчивание плана этажа происходит в несколько этапов и начинается с создания «четверти» этажа, которая затем зеркально отражается по вертикали и горизонтали.

Рекомендуется соблюдать следующий порядок черчения (рис. 1.8–1.11):

*а.* Нарисуйте вспомогательные (осевые) линии верхней половины левой секции этажа по размерам.

*б.* Начертите линии основных стен, окон и дверей.

*в.* Замените линии стен в окнах и дверях линиями половинной толщины

(т.е. сотрите линии и нарисуйте новые).

г. Начертите линии внутренних стен и комнатных перегородок.

д. Создайте внутренние оконные и дверные проемы.

е. Дорисуйте линии окон и балконов.

ж. Отразите вертикально верхнюю половину, достроив тем самым весь план.

з. Измените расположение стен в квартире №2 и достройте остальные элементы (антресоли, лестница, осевые линии, кружки для координационных осей). Удалите вспомогательные оси.

и. Отразите горизонтально левую половину здания.

**Добавление надписей на чертеж.** Надписи (заголовки, номера квартир, обозначения осей) создаются в наиболее удобном для дальнейшей печати масштабе 1:100.

Для создания надписей сделайте текущим слой ТЕКСТ.

В строке состояния с помощью управляющего списка **Масштаб аннотаций** выберите масштаб 1:100. Инструментом *многострочный текст* из панели **Текстовая** (вкладка **Аннотации**) нанесите надписи высотой 3,5 и 5 мм.

**Размещение чертежа на листе.** Перейдите на третий лист **Чертеж 3**, двойным щелчком по центру листа перейдите в пространство модели. Найдите чертеж нарисованного плана этажа и поместите его по центру.

Установите в строке состояния масштаб видового экрана 1:100 и окончательно поместите чертеж на видовом экране (при этом ни в коем случае не зумируйте). Кнопкой **ЛИСТ/МОДЕЛЬ** перейдите в пространство листа, щелкните мышкой по рамке видового экрана и снова проверьте его масштаб (в строке состояния), который должен быть 1:100.

Исправьте на основной надписи поле «Графические примитивы» на «План типового этажа М 1:100».

**Черчение дополнительной секции (повышенная сложность).** Согласно рис. 1.12, 1.13 начертите еще одну секцию этажа, затем создайте копию уже нарисованного этажа и расположите эту секцию как среднюю. Поместите готовый новый чертеж на видовом экране листа **Формат А2**.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Какие элементы чертежа наносятся на план типового этажа?
2. Что показывают на планах секций?
3. Какие размеры выносятся на план этажа?
4. Каков общий порядок выполнения задания?
5. Какие объекты на чертеже относят к аннотациям?
6. Для чего необходимы аннотивные элементы?
7. Какие объекты относятся к аннотивным?
8. Каким образом устанавливается масштаб аннотаций?

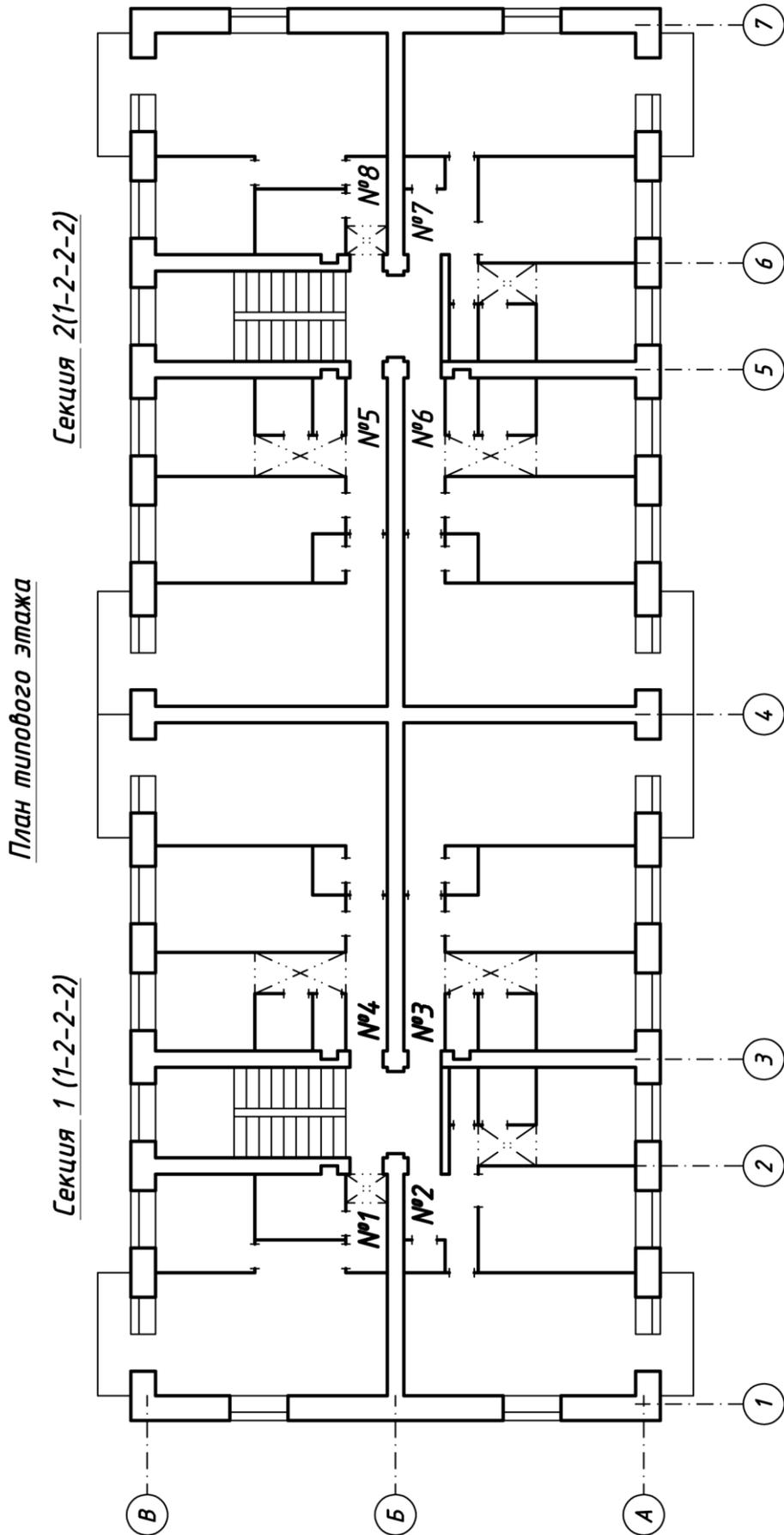
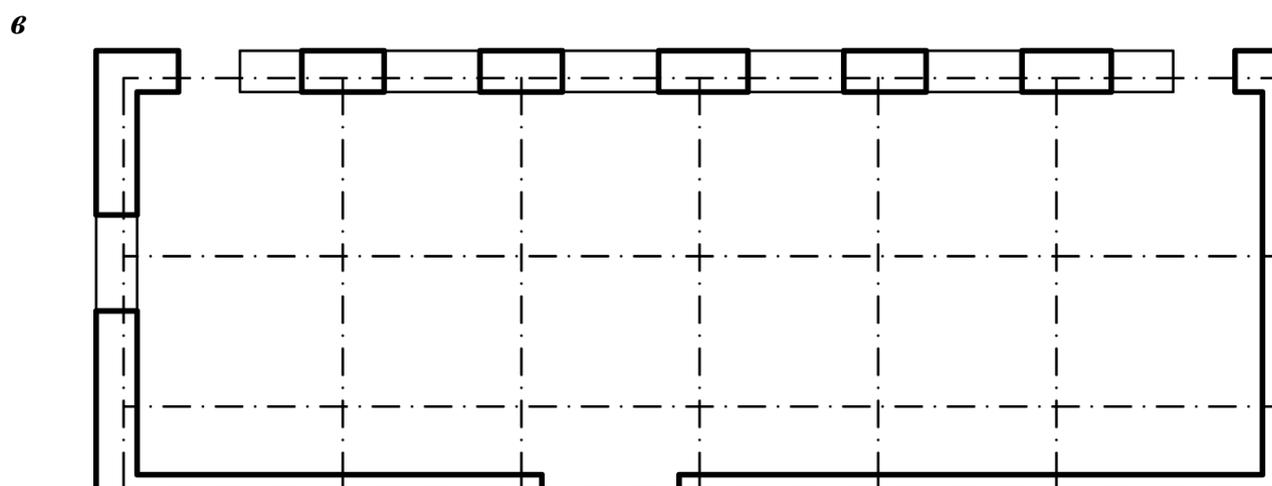
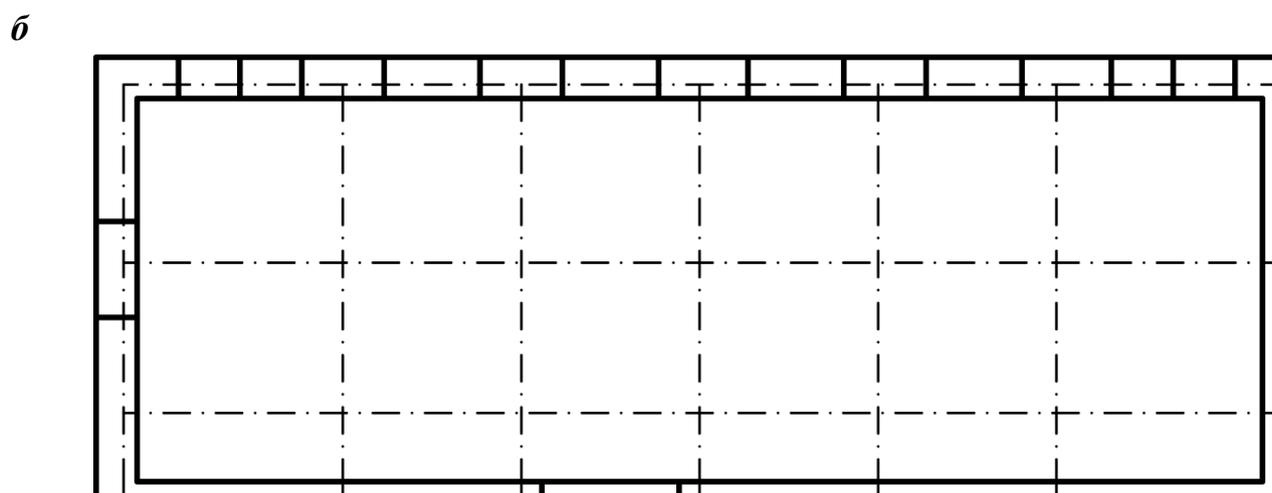
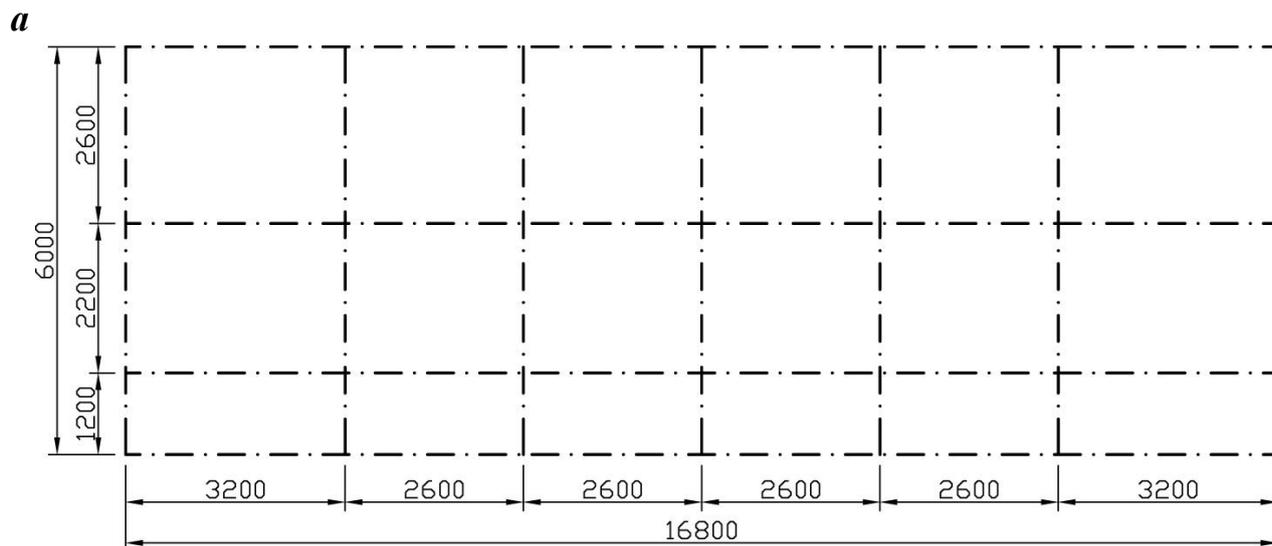


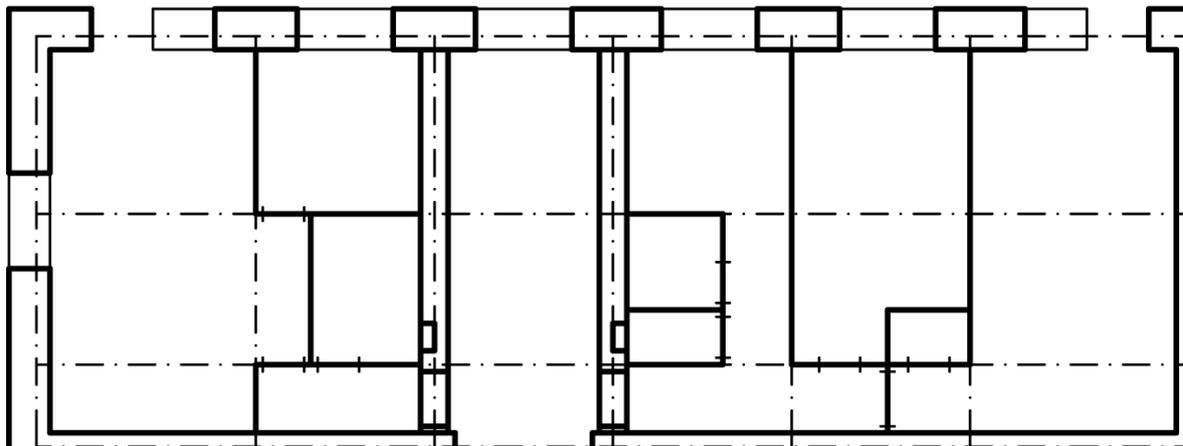
Рис. 1.7. План типового этажа жилого здания



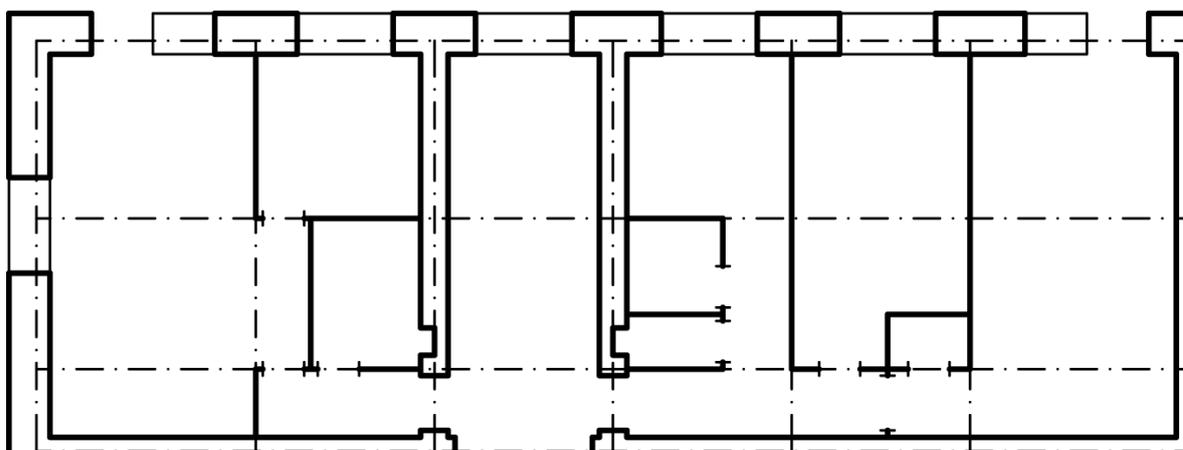
**Рис. 1.8. Выполнение задания (этапы *a, б, в*)**

*a* – вспомогательные оси, *б* – основные стены, *в* – основные проемы

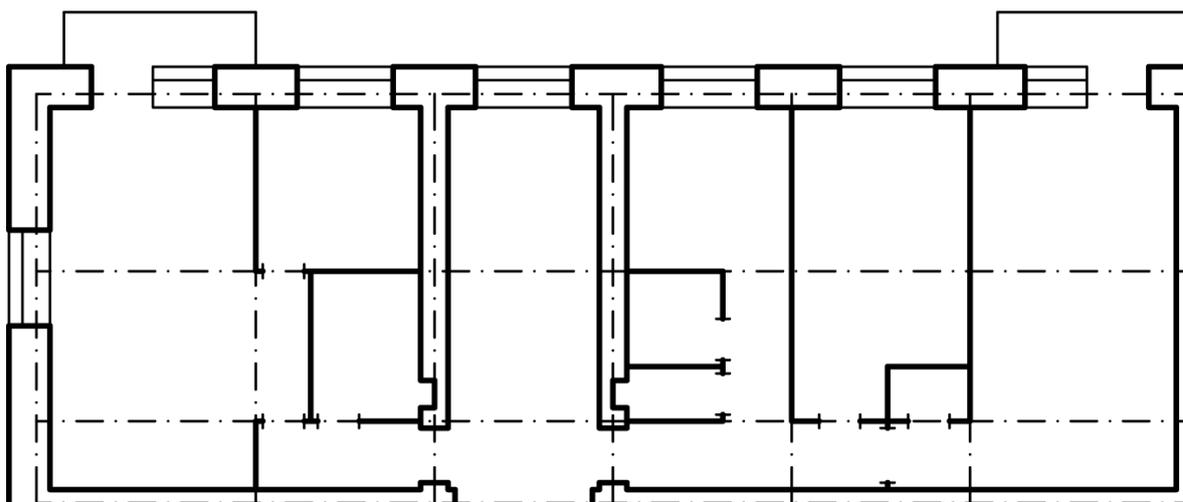
*г*



*д*



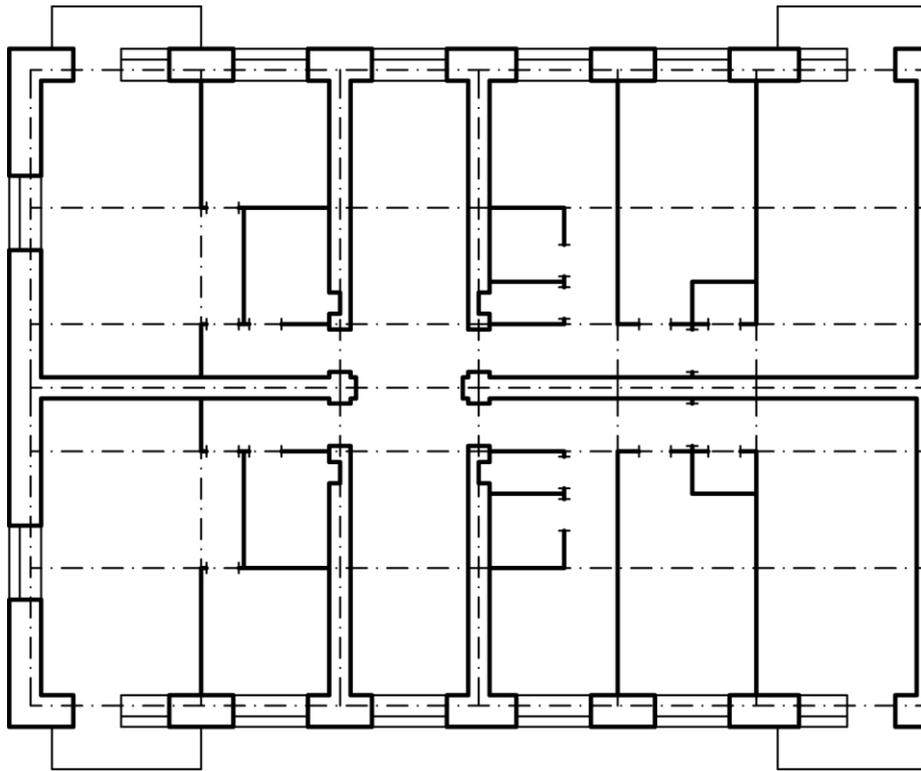
*е*



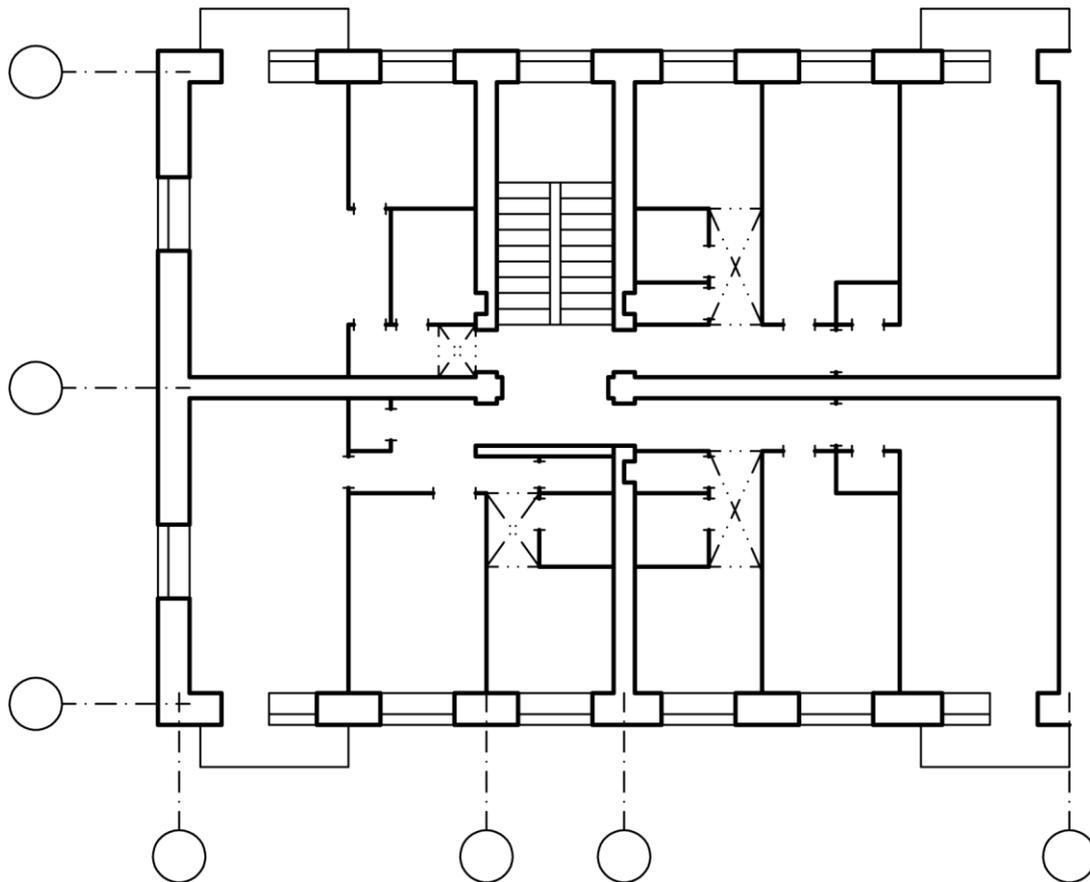
**Рис. 1.9. Выполнение задания (этапы *г*, *д*, *е*)**

*г* – внутренние стены, *д* – внутренние проемы, *е* – окна и балконы

*ж*



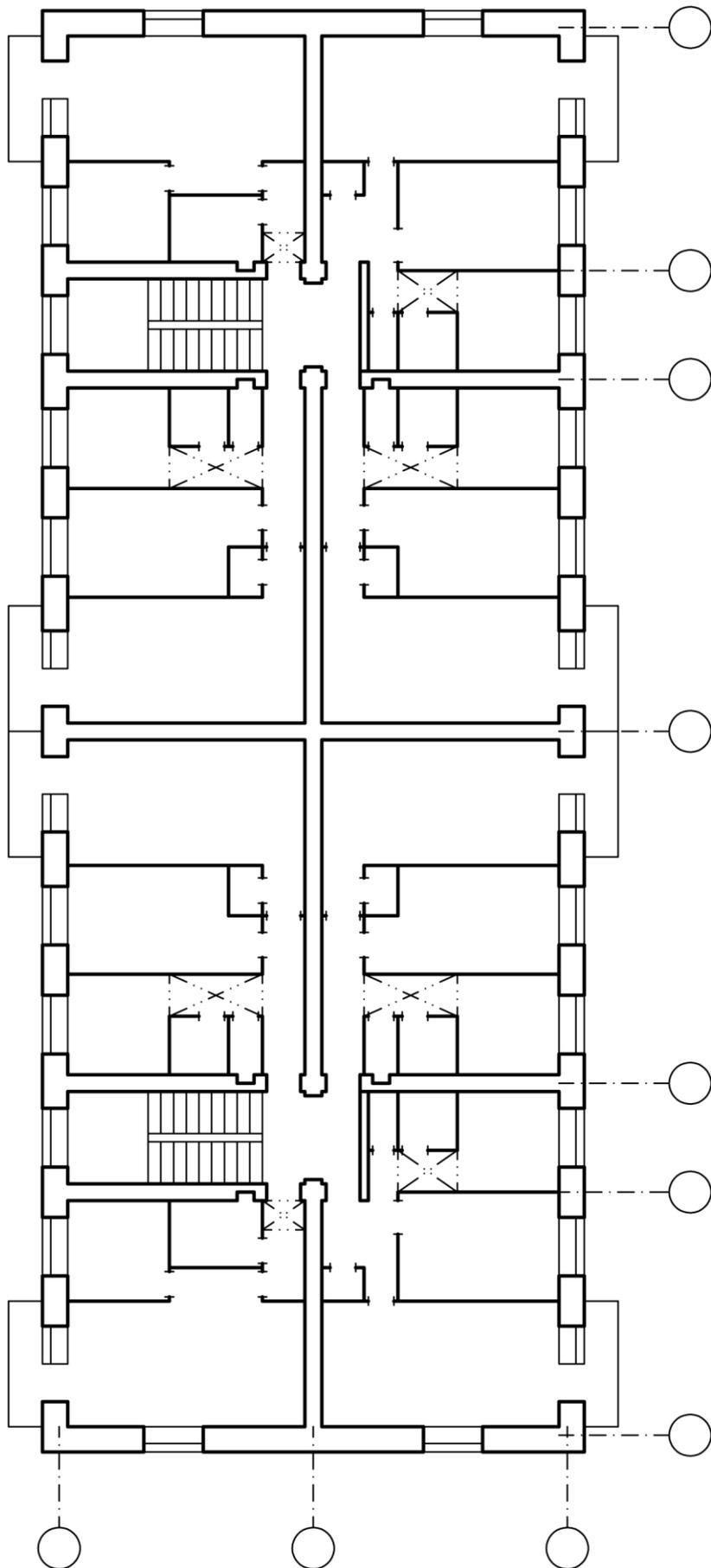
*з*



**Рис. 1.10. Выполнение задания (этапы *ж*, *з*)**

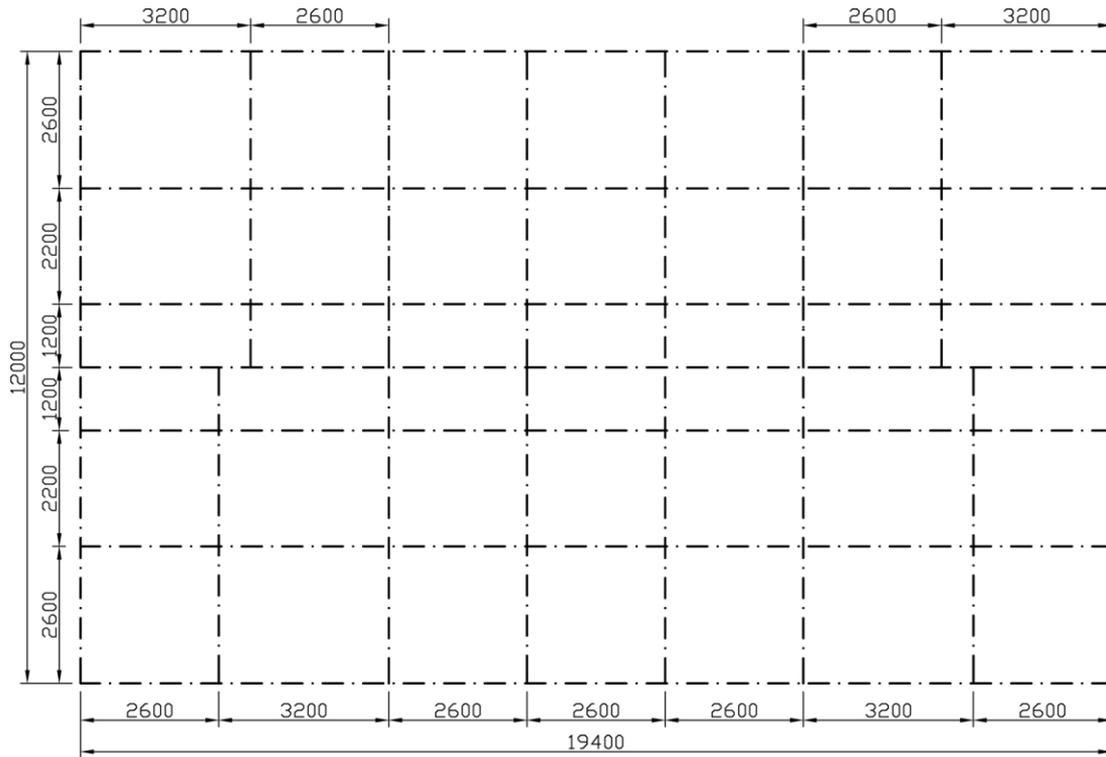
*ж* – построение нижней части секции, *з* – левая секция этажа

*и*



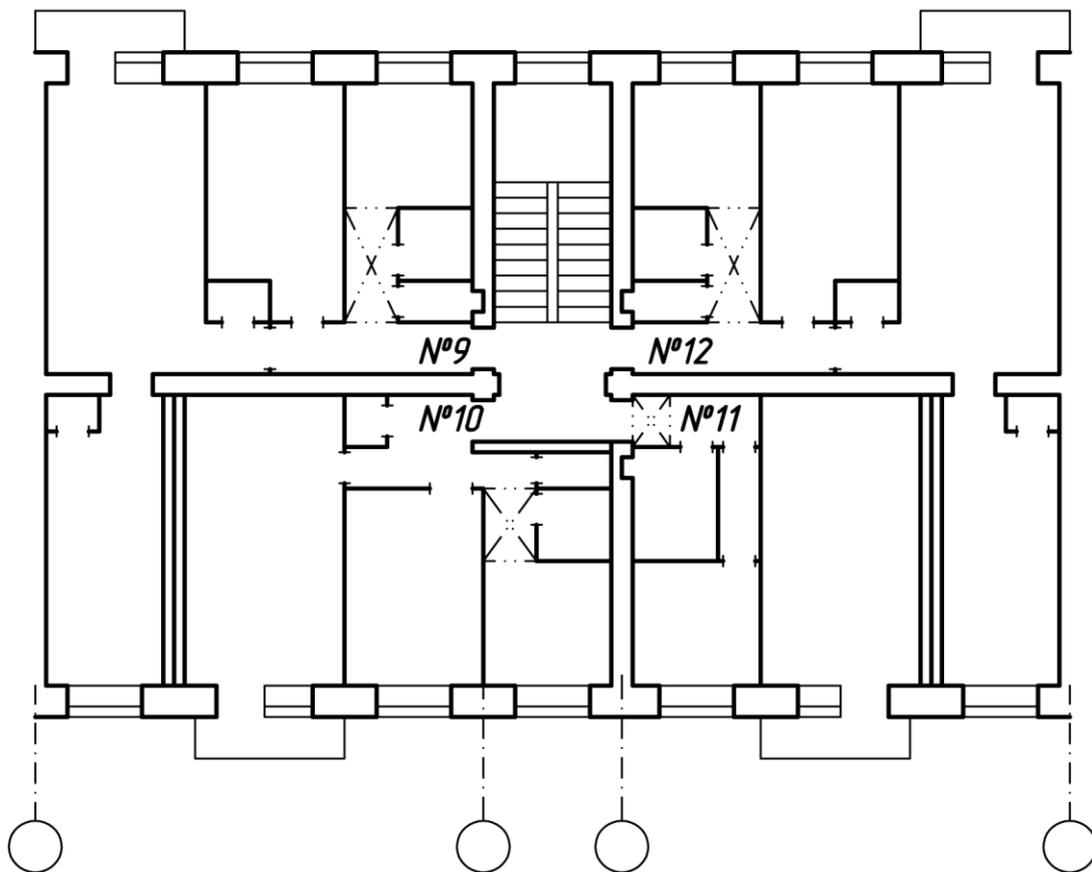
**Рис. 1.11. Выполнение задания, этап и (построение правой секции)**

*a*



*б*

*Секция 3 (1-2-3-3)*



**Рис. 1.12. Средняя секция этажа (повышенная сложность)**

*a* – сетка осей, *б* – план секции

# Лабораторная работа № 5. Размеры и измерение площадей

4 часа

## ВВЕДЕНИЕ

**Основы нанесения размеров на строительные чертежи.** Правила нанесения размеров и предельных отклонений в чертежах всех отраслей промышленности и строительства установлены в ГОСТ 2.307-2011.

Каждый размер на чертеже указывается один раз. Размеры на чертежах указываются размерными числами и размерными линиями со стрелками на концах. Размерная линия проводится параллельно прямолинейному отрезку, размер которого указывается.

На строительных рабочих чертежах вместо стрелок допускается наносить засечки, представляющие из себя короткие отрезки, повернутые под углом  $45^\circ$  к размерной линии. Засечки наносят в местах пересечения выносных и размерных линий. Длину засечек желательно брать не более 2 мм. Размерные линии должны выступать за крайние выносные линии на расстояние от 1 до 2 мм.

Размерные числа проставляются только над горизонтальными размерными линиями и только слева от вертикальных размерных линий и указываются в миллиметрах без обозначения единицы измерения. Если размеры даются в других единицах измерения (сантиметрах, метрах и т. п.), то соответствующие размерные числа записываются с обозначением единицы измерения (см, м). Высоту цифр рекомендуется выбирать, исходя из стандартной линейки размеров шрифта, но не менее 2,5 мм.

**Типы размеров.** AutoCAD позволяет автоматизировать следующие операции:

- нанесение одиночного *размера*, то есть автоматическое построение всех его элементов: выносных и размерных линий, стрелок, размерного текста, полочек;
- простановку последовательности *связанных размеров*: цепочки размеров и размеров от базовой линии.

Размеры могут быть *ассоциативными*, *неассоциативными* и *расчлененными*. Ассоциативные размеры автоматически изменяют свое положение, ориентацию и значения величин при редактировании ассоциированных с ними геометрических объектов. Такие размеры могут использоваться для многих объектов, однако они неприменимы для таких объектов, как штриховки, мультилинии, изображения и др.

Существуют следующие основные типы нанесения размеров: *линейный*, *радиальный* (радиус, диаметр, с изломом), *угловой*, *ординатный*, *длина дуги*.

**Линейные размеры** могут быть горизонтальными, вертикальными, параллельными, повернутыми, базовыми или в виде цепей. Линейный размер можно задавать двумя способами:

- сначала последовательно указать точки начала первой и второй вынос-

- ных линий, после чего указать точку расположения размерной линии;
- нажать **Enter**, выбрать объект, а затем указать точку расположения размерной линии.

Команда *линейный размер* позволяет нанести размер по горизонтали или вертикали. *Параллельный размер* отрисовывает размерную линию, параллельную объекту. *Повернутый размер* создается аналогично линейному, только перед указанием точки размерной линии необходимо выбрать опцию «*Повернутый*» из контекстного меню и ввести угол поворота.

Для отрисовки размеров от общей *базовой линии* или *размерной цепи* должен быть проставлен хотя бы один размер. После вызова команды *базовый* необходимо выбрать исходный размер (опция «*Выбрать*») или просто указывать конечные точки выносных линий. По аналогичному принципу создается линейная размерная цепочка.

Для измерения **длины дуги** необходимо выбрать дугу и указать положение размерной линии.

**Радиальные размеры** двух видов (*радиус* и *диаметр*) наносятся схожим образом: нужно указать на окружность или дугу, установить положение размерной линии или выбрать одну из опций, позволяющих изменить текст или угол наклона размерного текста.

**Угловой размер** можно нанести между двумя непараллельными отрезками или тремя точками. В первом случае выбираются две линии, указывается положение размерной линии, во втором – необходимо нажать клавишу **Enter**, затем указать вершину угла и образующие конечные точки.

**Редактирование размеров.** Размер, как и любой другой объект, можно редактировать при помощи ручек, которые появляются при его выборе. Крайние ручки используются для смещения выносной линии, а средняя – для смещения размерной линии и для перемещения текста вдоль нее.

Кроме этого, предусмотрены специальные команды для добавления излома к размерной линии, изменения внешнего вида, создания разрыва, выравнивания расстояния между размерами и др. возможности.

**Размерные стили.** Подобно текстовым стилям, AutoCAD предоставляет возможность создания *размерного стиля* – набора размерных параметров, управляющих внешним видом размеров, например: стилем стрелок, расположением текста и двусторонними допусками. Использование размерных стилей позволяет быстро форматировать размеры, обеспечивая их соответствие стандартам ЕСКД.

Для размерных линий имеется возможность изменения следующих параметров и свойств: *цвет* и *толщина*, *отображение*, *интервал* между соседними размерными линиями, а также *расстояние*, на которое размерная линия выходит за выносные линии (для строительных чертежей).

Для выносных линий также можно изменять цвет, толщину, отображение обеих линий, а также дополнительные параметры: *отступ* исходной точки от объекта, *удлинение*, *угол наклона* линий и др.

Стрелками на концах размеров также можно управлять, выбирая стандартные типы или создавая собственные, настраивать размер.

Для размерного текста можно задать текстовый стиль и изменить параметры *форматирования, выравнивания и ориентации* текста.

Для отображения значений размерных чисел можно задавать различные параметры форматирования, например: *формат единиц, точность округления, масштаб измерений, префикс и суффикс* и др.

Инструменты, необходимые для построения и настройки размеров, находятся в панели «Размеры» вкладки «Аннотации», а также доступны через команды меню «Размеры».

**Измерения геометрических характеристик.** В AutoCAD предусмотрен ряд команд для получения справочной информации об объектах чертежа и выполнения математических расчетов. Для доступа к ним можно воспользоваться панелью «Сведения» вкладки «Сервис».

**Расстояние** – команда для получения, например, такой информации о паре выбранных точек: *расстояние* между ними, *угол* между точками в плоскости XY, *разность координат* точек по осям X, Y и Z.

**Площадь** – команда, которая позволяет получать данные о *площади, периметре* и *свойствах массы* для области, ограниченной выбранными объектами или последовательностью точек. Для этого необходимо указать точки на измеряемой области, затем нажать клавишу **Enter**. Для выбора объекта необходимо выбрать опцию «Объект», а затем указать объект.

Кроме того, можно подсчитать суммарную площадь нескольких объектов или, наоборот, производить вычитание из суммарной площади нескольких областей.

Настройки формата и точности единиц получаемой информации производится в диалоговом окне «Единицы чертежа».

## **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

---

Изучение основных команд создания размеров и проведение геометрических измерений.

## **ЗАДАНИЕ**

---

*Стандартная сложность*

1. Измерить площади квартир и помещений на плане жилого дома.
2. Создать новый стиль размеров.
3. Нанести размеры на план здания и домик.

*Повышенная сложность (дополнительное задание)*

Измерить и нанести на чертеж площади каждого помещения на этаже.

## **МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ**

---

Откройте Ваш ранее сохраненный файл, перейдите на вкладку чертежа **Модель**, сделайте текущим слой РАЗМЕРЫ.

**Измерение площадей квартир и помещений.** Измерьте жилую и общую площадь каждой квартиры на плане этажа, используя инструмент *Площадь* в панели **Сведения** вкладки **Сервис** (или командой меню **Сервис** ▶ **Сведения** ▶ **Площадь**).

Переведите рассчитанные значения из кв.мм в кв.метры и нанесите на чертеж эти величины по примеру на рис. 1.13. В прямоугольнике слева указано количество комнат в квартире, справа – над чертой указана жилая, под чертой общая площадь (высота цифр обычно не больше 3,5 мм).

Измерьте в квартире №1 площадь каждого помещения (жилой комнаты, кухни, санузла, прихожей и балкона), поставьте ее значение с подчеркиванием в правом нижнем углу.

**Подготовка нового стиля размеров.** Перейдите на вкладку **Аннотации** и кнопкой «**Размерный стиль**» (панель **Размеры**) откройте **Диспетчер размерных стилей**.

Создайте новый стиль под названием ГОСТ (при этом обязательно включите флажок **Аннотивный**), затем внесите в него следующие изменения:

- на вкладке «**Линии**» измените значение в поле **Шаг в базовых размерах**: 10 мм; выберите тип и вес размерных и выносных линий Послою; установите значение поля **Удлинение за выносные**: 1 мм;
- на вкладке «**Символы и стрелки**» измените стрелки на засечки – поля **Стрелки**, вид стрелок Наклон;
- на вкладке «**Текст**» установите **Текстовый стиль**: ГОСТ, высоту цифр в поле **Высота текста**: 2,5 мм; там же выберите **Цвет заливки**: Фон;
- на вкладке «**Основные единицы**» установите **Точность**: 0.

**Простановка размеров домика.** Установите с помощью управляющего списка **Выбор размерного стиля** (панель **Размеры**) текущий стиль ISO-25.

Нанесите размеры для основных элементов домика согласно рис. 1.14, используйте при этом: линейный, параллельный, базовый, угловой, радиальный, дуговой размер и цепочку размеров.

**Простановка размеров на плане этажа.** Установите текущим размерный стиль ГОСТ и обмерьте план этажа согласно рис. 1.15 и 1.16. Используйте линейный размер и цепочку размеров. Перейдите на лист **Чертеж 3** и контролируйте размещение всех размерных линий и текста внутри рамки.

**Измерение площадей всех помещений (повышенная сложность).** Аналогично примеру на рис. 1.13 измерьте и нанесите площадь всех помещений квартир №№ 2–8.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

---

1. Назовите особенности нанесения размеров на строительных чертежах.
2. Какие параметры можно изменять при создании размерного стиля?
3. Что такое ассоциативный размер?
4. Назовите способы редактирования размеров.



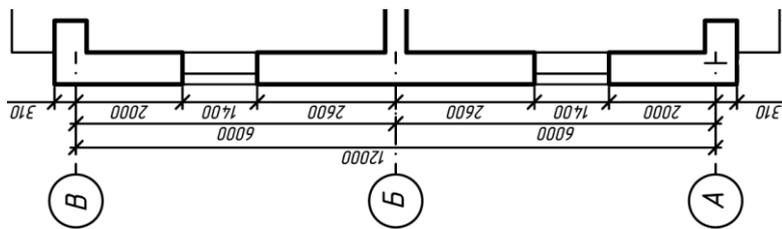


Рис. 1.15. Размеры здания по ширине

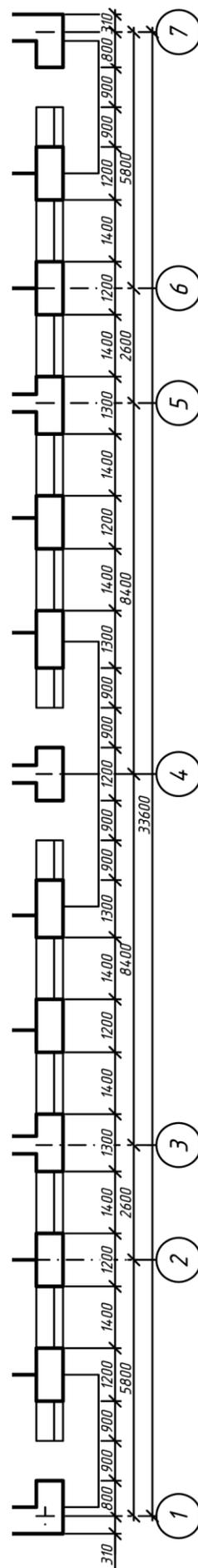


Рис. 1.16. Размеры плана этажа по длине

## Лабораторная работа № 6. Выполнение планов и схем внутреннего водопровода и канализации

6 часов

### ВВЕДЕНИЕ

---

**Основы черчения систем внутреннего водопровода и канализации [2].** Внутренние системы водоснабжения и канализации располагаются в пределах здания (группы зданий) и имеют целью обеспечить подачу воды к санитарно-техническим приборам, технологическому оборудованию и к пожарным кранам, а также отведение сточных, дождевых и талых вод в наружную сеть канализации. Такие системы состоят из трубопроводов, арматуры, соединительных элементов, контрольно-измерительных приборов и других устройств.

Трубопроводы и их элементы на чертежах указывают условными графическими обозначениями и (или) упрощенными изображениями по ГОСТ 21.206-93. Трубопроводы санитарно-технических систем (в зависимости от назначения и типа) обозначаются сочетанием буквы и цифры согласно ГОСТ 21.205-93. Например, водопровод хозяйственно-питьевого назначения обозначается *В1*, подающий трубопровод горячей воды для горячего водоснабжения – *ТЗ*, бытовая канализация – *К1*.

При изображении трубопровода буквенно-цифровые или цифровые обозначения указывают на полках линий (*выноска*) или над линией трубопровода. Вертикальные стояки систем обозначают маркой *Ст* с добавлением обозначения системы и через дефис порядкового номера стояка в пределах системы (например, *Ст В1-1*). Аналогично обозначаются вводы и выпуски (например, *Ввод В1-1*, *Выпуск К1-2*).

При указании номинального диаметра (условного прохода) трубопроводов и их элементов на чертежах и схемах перед размерным числом приводят знак  $\varnothing$  (допускается условное обозначение *DN*).

Установкам систем присваивают обозначение, состоящее из номера установки в пределах системы и обозначения системы (например, *1В6*).

Элементы санитарно-технических систем (например, ванны, насосы, вентили, баки и т.д.) на планах и схемах обозначаются условными графическими обозначениями по ГОСТ 21.205-93. Размеры таких графических обозначений на чертежах и схемах принимают без соблюдения масштаба. В таблице 2 приведены условные графические обозначения некоторых элементов систем внутреннего водопровода и канализации, а также трубопроводной арматуры.

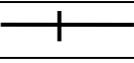
Рабочая документация внутренних систем водоснабжения и канализации выполняется по ГОСТ 21.601-2011 и включает, в частности, чертежи планов и схем. Масштабы для планов и схем систем обычно рекомендуются М 1:100, 1:200, для небольших зданий – М 1:50.

**Планы внутренних систем.** Планы систем водоснабжения, как правило, совмещают с планами систем канализации. Оборудование, установки, трубо-

проводы и другие элементы систем изображают толстой основной линией, строительные конструкции и технологическое оборудование - сплошной тонкой линией.

Таблица 2

**Обозначения некоторых элементов систем водопровода и канализации**

Наименование	Обозначение	
	на планах	на схемах
Раковина		
Мойка		
Умывальник		
Ванная		
Унитаз		
Вентиль запорный (проходной)		
Клапан обратный		
Задвижка		
Кран (проходной)		
Кран водоразборный		
Кран концевой (смывной контактного действия)		
Смеситель (с поворотным изливом)		
Смеситель (с душевой сеткой)		
Водомер		
Сифон (гидрозатвор)		
Ревизия		
Насос центробежный		
Соединение (общее)		
Соединение раструбное		
Конец трубопровода с заглушкой		

Оборудование систем и установки (например, насосы, баки) указывают упрощенными графическими изображениями, а трубопроводы и другие элементы систем – условными графическими обозначениями.

На планах систем зданий наносят и указывают:

- строительные конструкции и технологическое оборудование, к которому подводят воду или от которого отводят сточную воду;
- размерные привязки установок систем, вводов и выпусков, основных трубопроводов, стояков систем, санитарных приборов и т.д.;
- буквенно-цифровые обозначения трубопроводов;
- обозначения установок и стояков систем на полках выносок;
- диаметры трубопроводов, вводов водоснабжения и выпусков канализации.

В наименованиях планов систем указывают отметку чистого пола этажа или номер этажа, а при раздельном выполнении планов систем водоснабжения и канализации указываются также обозначения или наименования систем (например, *План системы В1 2-9 этажей*).

**Схемы систем.** Схемы выполняют раздельно для каждой системы водоснабжения и канализации (однако допускается совмещение схем хозяйственно-питьевого и горячего водоснабжения). Схемы систем выполняют в **аксонометрической косоугольной фронтальной изометрической** проекции. Допускается выполнять схемы в прямоугольной изометрической проекции без искажения по всем осям.

На схеме, выполняемой в аксонометрической проекции, элементы систем допускается изображать упрощенно в виде контурных очертаний и условными графическими обозначениями.

На схемах систем водоснабжения наносят и указывают:

- вводы с указанием диаметров и отметок уровней осей трубопроводов;
- трубопроводы, их диаметры и уклоны;
- отметки уровней осей трубопроводов;
- запорно-регулирующую арматуру, пожарные и поливочные краны, оборудование, контрольно-измерительные приборы, нетиповые крепления и другие элементы систем;
- стояки систем и их обозначения.

На схемах систем канализации наносят и указывают:

- выпуски с указанием их диаметра, уклона и длины, а также отметки лотков трубопроводов;
- отводные трубопроводы с указанием диаметров и уклонов;
- отметки лотков трубопроводов;
- стояки систем с указанием на полке линии-выноски обозначения стояка;
- санитарные приборы, водосточные и сливные воронки, смотровые и ревизионные колодцы, прочистки, ревизии, гидрозатворы, нетиповые крепления и другие элементы систем.

В основной надписи наименования схем систем водоснабжения и канализации указывают полностью (например, *Схемы систем В1, К1*), над схемами наименования указывают сокращенно (например, *В1, К1*).

**Вставка в чертеж AutoCAD повторяющихся элементов.** Для удобства вставки фрагментов, которые повторяются в чертеже (условные графические обозначения, стандартные элементы и т.д.), часто используется объединение составляющих их примитивов. Такой единый фрагмент в AutoCAD называется **блоком**.

Создание блока предполагает объединение объектов в группу под определенным именем. С блоком также можно связать дополнительные информационные записи (*атрибуты*). Блок может содержать любое количество графических примитивов, а также включать в себя другие блоки.

Необходимо знать, что при объединении примитивов в блок и последующей вставке в чертеж их свойства (тип линий, цвет, толщина, слой) сохраняются. Поэтому простое изменение свойств блока после его создания обычно не приводит к нужному результату.

Для создания блока необходимо сначала нарисовать объекты, из которых он будет состоять, а затем создать *определение блока*. Каждое определение блока включает в себя:

- имя блока;
- один или несколько объектов;
- координаты базовой точки, используемой для вставки блока;
- а также атрибуты, хранящие произвольную дополнительную информацию.

При вставке блока в чертеж создается т.н. **вхождение блока** – объект, который связан с описанием блока. Пользователь указывает точку вставки, масштабные коэффициенты и угол поворота. Вхождение блока размещается таким образом, чтобы базовая точка совпадала с точкой вставки.

**Атрибут** представляет собой метку или ярлык для связывания с блоком каких-либо данных. Для создания атрибута нужно вначале создать его описание, которое содержит конкретные характеристики атрибута:

- конкретную метку-имя для данного атрибута,
- текст подсказки, отображаемый при вставке блока,
- формат текста, расположение его в блоке;
- режимы (скрытый, постоянный, контролируемый, установленный и др.);
- точку вставки.

В процессе вставки блока с несколькими атрибутами последовательно предлагается ввести значение каждого из них.

Имеется возможность редактирования определения блока даже после его создания с помощью контекстной вкладки «Редактор блоков» ленты, где доступны практически все инструменты для построения и редактирования. После изменения определения блока изменяются и все его вхождения на чертеже.

Инструменты, необходимые для создания, вставки и редактирования блоков находятся в панели «Блок» вкладки «Главная».

**Выноски и мультивыноски.** Объект-выноска представляет собой прямую линию (или сплайн) со стрелкой на одном конце и многострочным текстовым объектом на другом. В некоторых случаях текст соединяют с линией выноски короткой горизонтальной линией, которая называется *полкой*. Выноски являются аннотируемыми объектами, к которым применимо масштабирование на видовых экранах.

В AutoCAD можно использовать два вида выносок: собственно *выноски* и *мультивыноски*. В процессе создания выноски создаются два отдельных объекта: стрелка-выноска и связанный с ней текст. Мультивыноска представляет собой один объект.

Внешний вид выноски определяется соответствующим стилем мультивыносок. Можно применить стиль мультивыносок по умолчанию («СТАНДАРТ») или создать пользовательские стили мультивыносок. В стиле мультивыносок может быть задан формат линий выносок, линий полок и стрелок, а также содержимого.

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

---

Изучение команд создания и вставки блоков, использование их при черчении систем внутреннего водопровода и канализации.

## ЗАДАНИЕ

---

*Стандартная сложность*

1. Создать в виде блоков несколько элементов санитарно-технических систем.
2. Начертить упрощенный план внутреннего водопровода на плане этажа здания.
3. Изобразить аксонометрическую проекцию (упрощенную схему) водоснабжения.

*Повышенная сложность (дополнительное задание)*

1. Создать в виде блоков несколько элементов системы канализации.
2. Изобразить схему системы канализации в аксонометрии.

## МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ

---

Откройте Ваш ранее сохраненный файл, перейдите на лист **Чертеж 3**, в пространство листа.

**Создание блоков.** Для каждого элемента из таблицы на рис. 1.17 необходимо создать свой блок с соответствующим названием (например, ВАННА, МОЙКА, УМЫВАЛЬНИК, УНИТАЗ, ВЕНТИЛЬ, ВОДОМЕР, СМЕСИТЕЛЬ 1, СМЕСИТЕЛЬ 2, КРАН 1 и КРАН 2).

Для этого сначала нарисуйте эти элементы на свободном месте листа в слое ВОДОПРОВОД. Вес линий: 0,4 мм, цвет линий: Послою.

Примерные размеры объектов:

- для санитарно-технических приборов: зависят от их размеров в плане (например, ванна может быть примерно 6×14 мм, умывальник 5×4 мм и т.д.);
- для трубопроводной арматуры: примерно 3...6 мм.

Все графические обозначения можно чертить, используя режимы объектной или шаговой привязки.

Превратите их блоки с помощью инструмента *создать* на панели **Блок** (вкладка **Главная**). В диалоговом окне **Определение блока** введите название блока (например, ВАННА), кнопкой «**Указать базовую точку**» укажите точку вставки (т.е. например, угол или центр), кнопкой «**Выбрать объекты**» выберите все объекты, составляющие блок, и нажмите клавишу **Enter**. Обязательно включите флажок **Аннотивный**.

**Создание таблицы обозначений.** В левой нижней части чертежа, на свободном месте под планом этажа, в пространстве листа, на слое ТЕКСТ нарисуйте таблицу обозначений элементов (рис. 1.17) и разместите в ней созданные блоки элементов. Высота строк таблицы должны быть 8 мм.

**Создание нового стиля мультивыносок.** Откройте **Диспетчер стилей мультивыносок** соответствующей кнопкой в панели **Мультивыноски** (вкладка **Аннотации**).

Создайте новый стиль под названием ГОСТ (при этом обязательно включите флажок **Аннотивный**), затем внесите в него следующие изменения:

- на вкладке «Формат выноски» установите цвет и тип линий: Послою; вес линий: 0,4 мм; выберите **Символ** стрелки: Нет;
- на вкладке «Структура выноски» включите флажок **Аннотивный**;
- на вкладке «Содержимое» установите текстовый стиль: ГОСТ; цвет текста: Послою; высота текста: 2,5 мм; установите в списках **Присоединение выноски** слева и справа: Подчеркивание первой строки.

**Черчение плана системы внутреннего водоснабжения.** Согласно рис. 1.18 расположите санитарно-технические устройства на кухнях и санузлах всех квартир плана этажа. Для этого перейдите на вкладку чертежа **Модель** и с помощью инструмента *вставить* (панель **Блок**) разместите соответствующие блоки.

Начертите трубопроводы, ведущие от ввода в подвале к стоякам системы холодного водоснабжения (штриховые линии), а затем разводку от стояков к санитарно-техническим устройствам в квартирах (рис. 1.19). Вес и цвет линий – Послою.

Согласно рис. 1.20 обозначьте водопроводные стояки, ввод и трубопроводы на чертеже, используя только мультивыноски (стиль ГОСТ).

Обязательно просмотрите на листе **Чертеж 3** получившийся план системы.

**Черчение аксонометрии системы внутреннего водоснабжения.** Пе-

рейдите на вкладку чертежа **Модель**.

Выполните команду меню **Сервис ▶ Режимы рисования**, затем во вкладке «Отслеживание» панели **Режимы рисования** установите значение **Шаг углов**, равным  $45^\circ$ .

В соответствии с планом этажа начертите упрощенную схему системы водоснабжения от ввода в подвале до квартир левой секции первого этажа.

Рекомендуется соблюдать следующий порядок черчения (рис. 1.21 и 1.22):

*а.* Нарисуйте основу аксонометрической схемы. Размеры схемы должны соответствовать плану этажа.

*б.* Начертите стояки, поквартирную разводку, заготовку водомерного узла.

*в.* Обозначьте узлы присоединения разводки к санитарно-техническим приборам.

*г.* Расставьте блоки с элементами схемы на соответствующие места (вентили в проекции нарисуйте вручную).

*д.* Обозначьте стояки, диаметры магистралей, ввод.

Перейдите на лист **Чертеж 4**, установите для видового экрана масштаб 1:50, поместите по центру нарисованную схему.

Исправьте на основной надписи поле «Графические примитивы» на «Схема системы В1 М 1:50».

**Черчение плана и схемы канализации (повышенная сложность).** Создайте новый слой КАНАЛИЗАЦИЯ (цвет линий: темно-серый), сделайте его текущим. Создайте необходимые блоки элементов системы канализации и таблицу условных обозначений, которую разместите на листе **Формат А2**.

Изобразите упрощенный план системы внутренней канализации на этаже и ее схему в аксонометрии по примеру на рис. 1.23.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

---

1. Каким образом обозначаются трубопроводы на схемах?
2. Для каких элементов внутренних систем используются условные графические обозначения?
3. Перечислите обозначения, которые следует указывать на планах систем.
4. В какой проекции следует выполнять схемы систем?
5. Можно ли совмещать на планах внутренних систем водопровод и канализацию?
6. Перечислите обозначения и элементы, которые следует указывать на схемах систем.
7. Что можно объединять в блоки?
8. Приведите порядок создания блока и использования блока.
9. Что представляет собой атрибут блока?
10. Чем отличается мультивыноска от выноски?
11. Перечислите составные элементы выноски.

12. Можно ли использовать блоки в выносках?

# РИСУНКИ И СХЕМЫ

## Обозначения элементов санитарно-технических систем

№	Наименование	Обозначение	№	Наименование	Обозначение
1	Мойка		6	Водомер	
2	Ванна		7	Кран водоразборный	
3	Умывальник		8	Кран смывной	
4	Унитаз		9	Смеситель с поворот. изливом	
5	Вентиль запорный		10	Смеситель с душевой сеткой	

Рис. 1.17. Обозначения элементов на чертеже

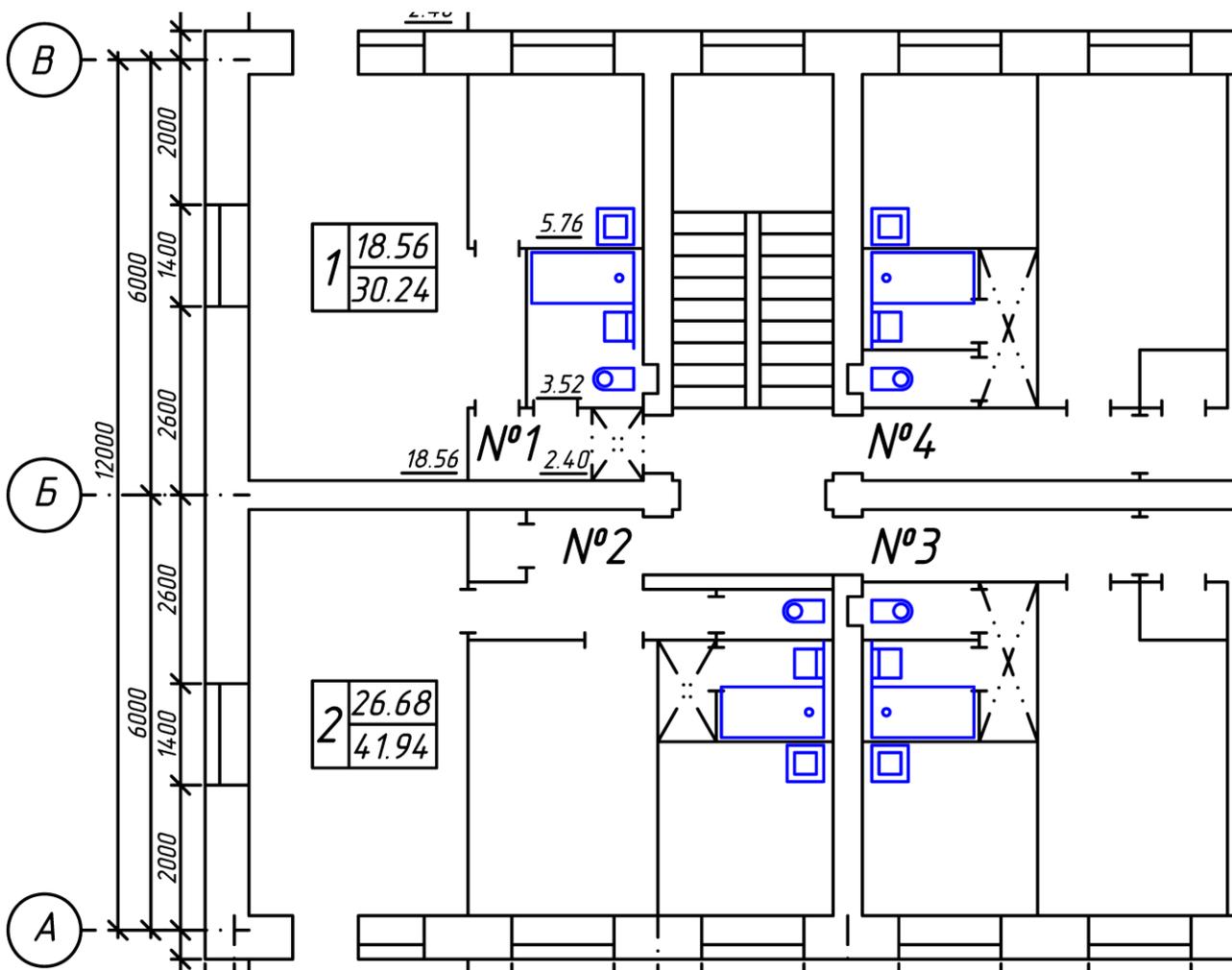


Рис. 1.18. Санитарно-технические приборы на плане секции

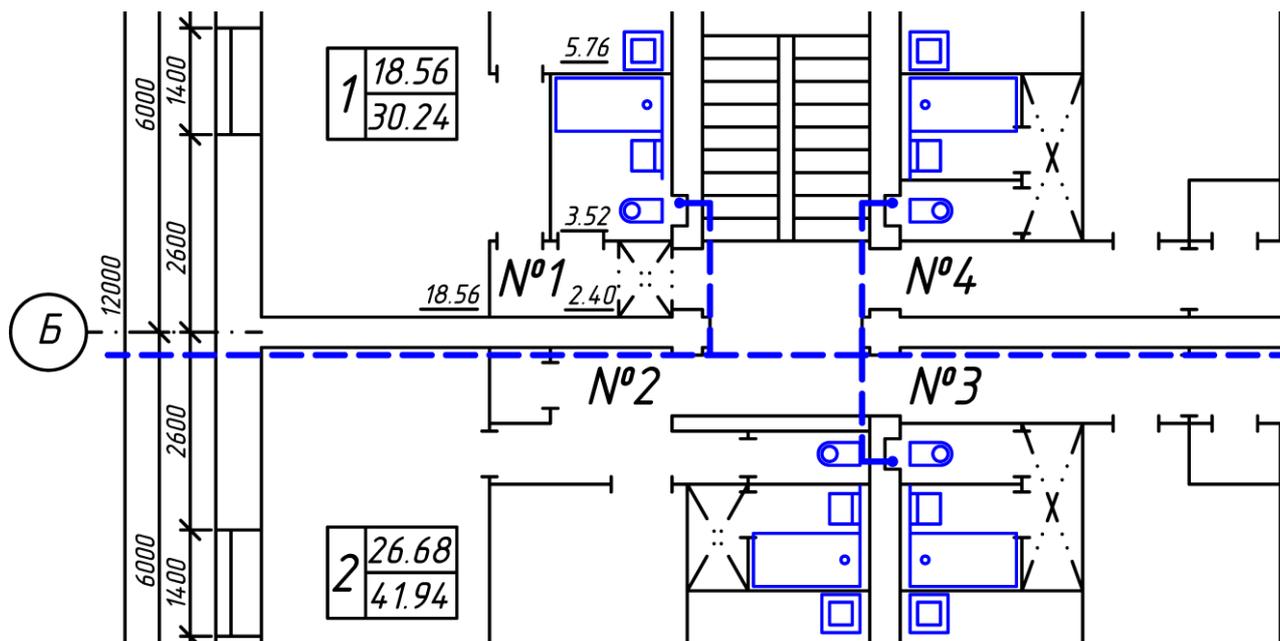


Рис. 1.19. Санитарно-технические приборы, стояки и трубопроводы

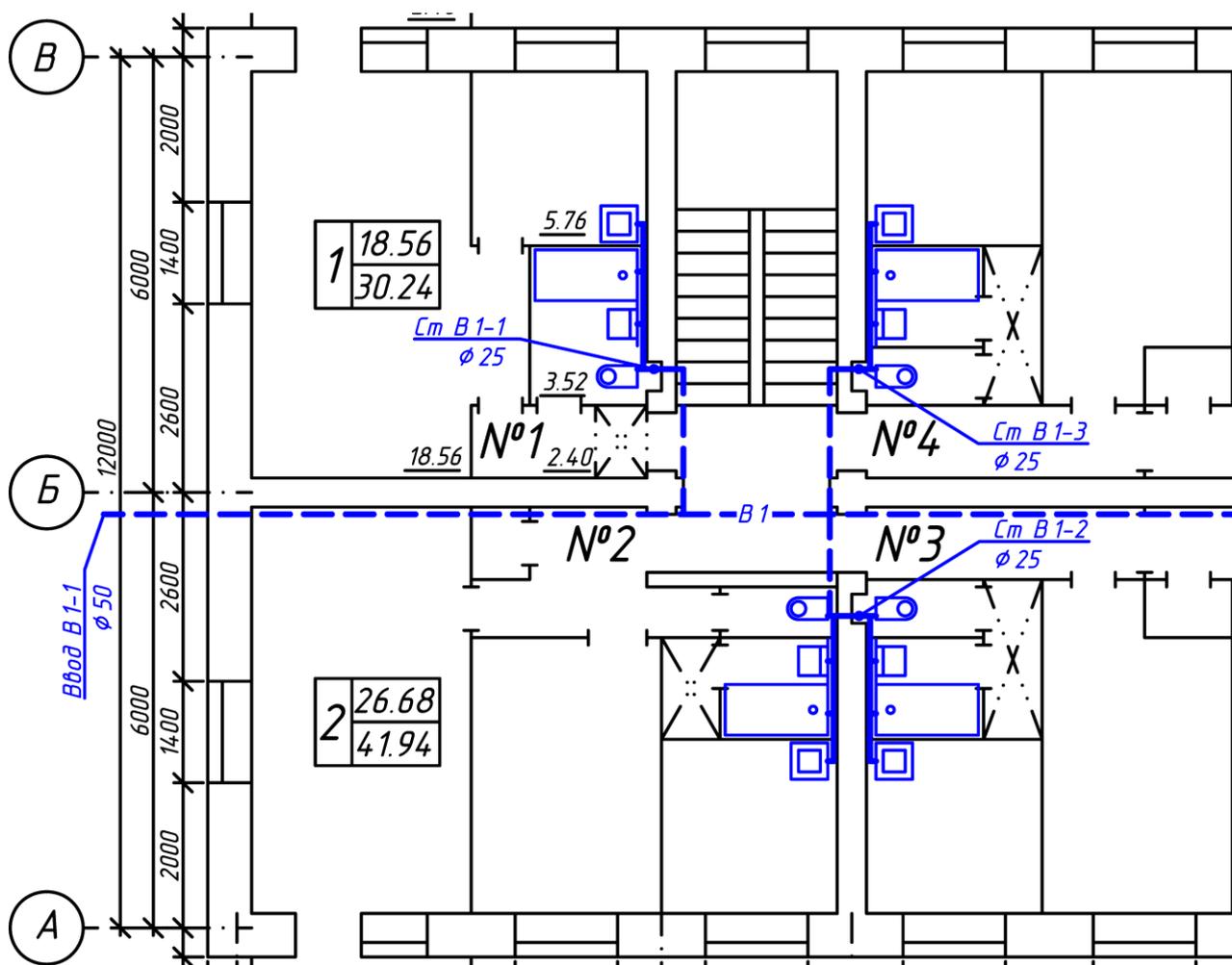
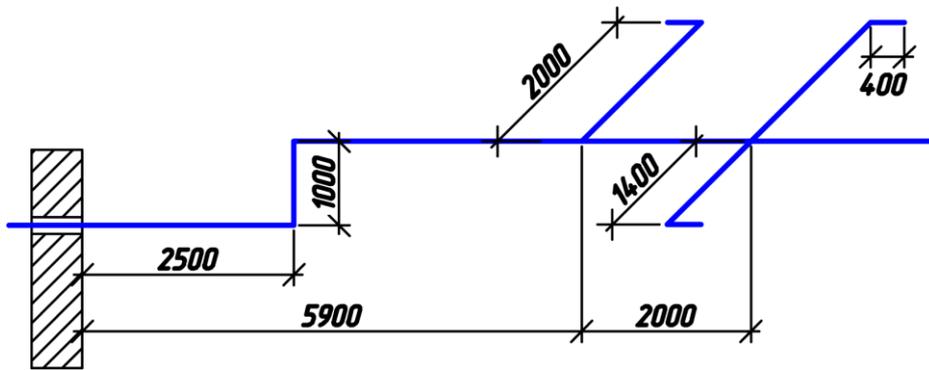
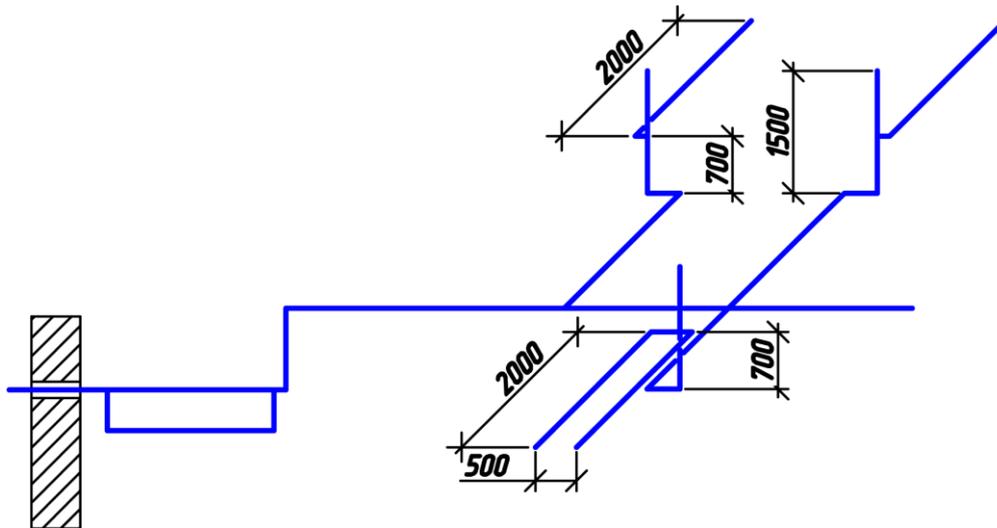


Рис. 1.20. План системы внутреннего холодного водоснабжения (левая секция)

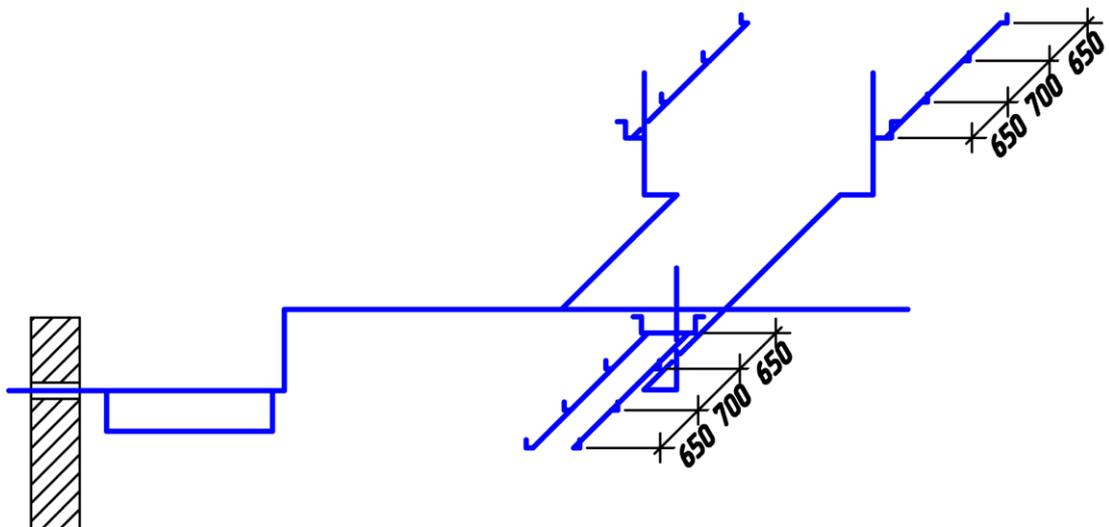
*a*



*б*



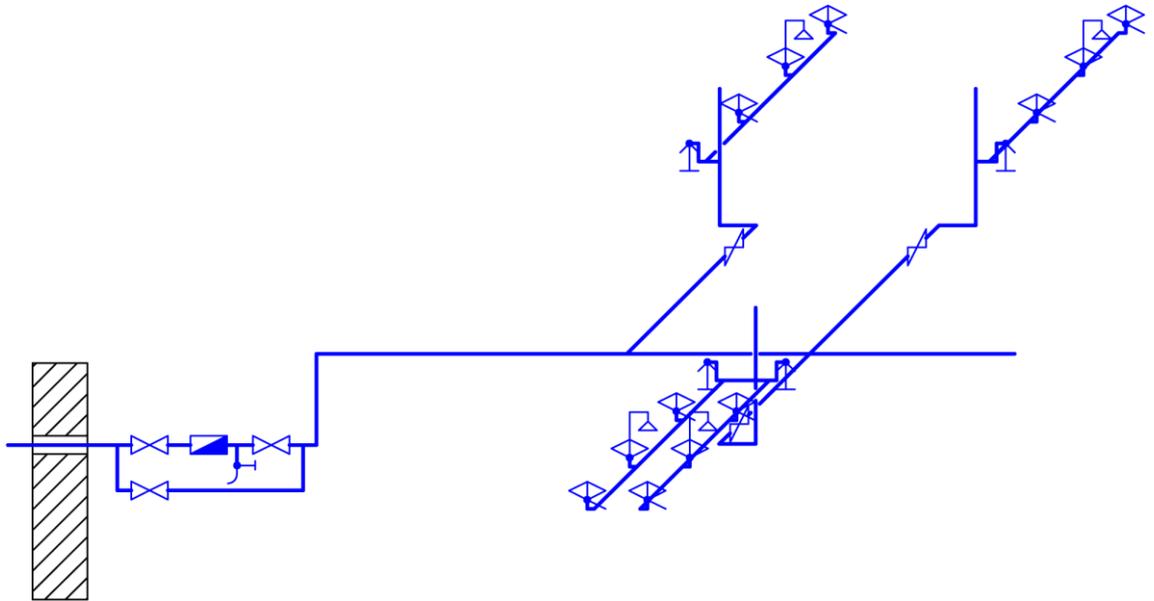
*в*



**Рис. 1.21. Выполнение схемы системы (этапы *a, б, в*)**

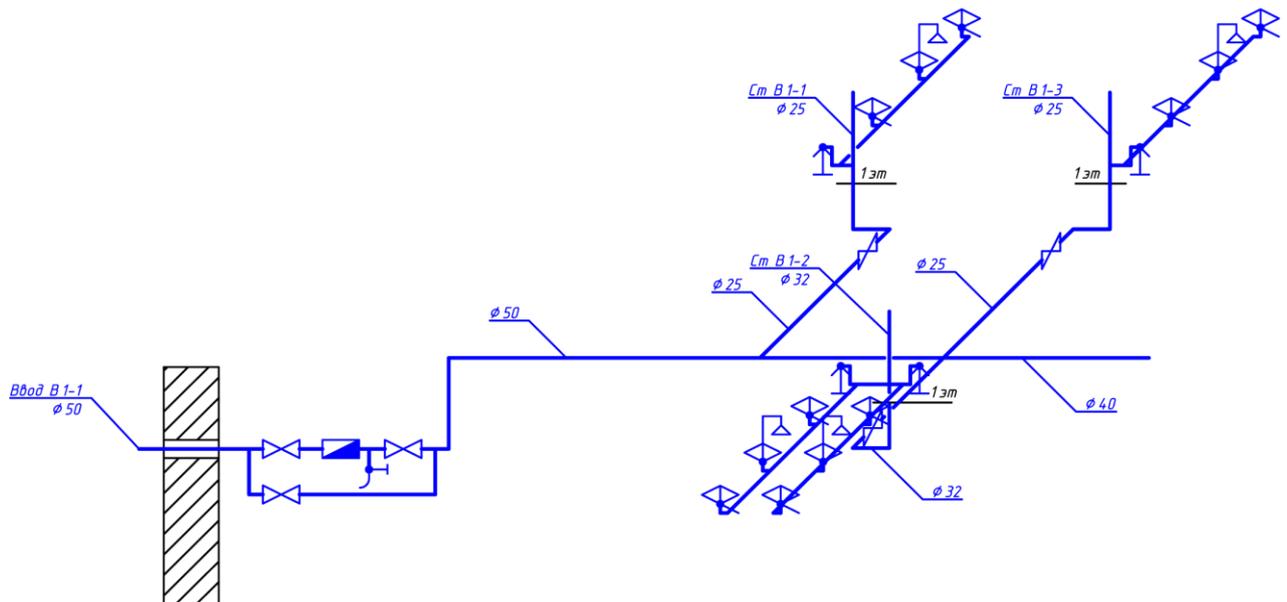
*a* – основа схемы (подвал), *б* – стояки на 1 этаж, разводка, водомерный узел,  
*в* – присоединения для санитарно-технических приборов

2



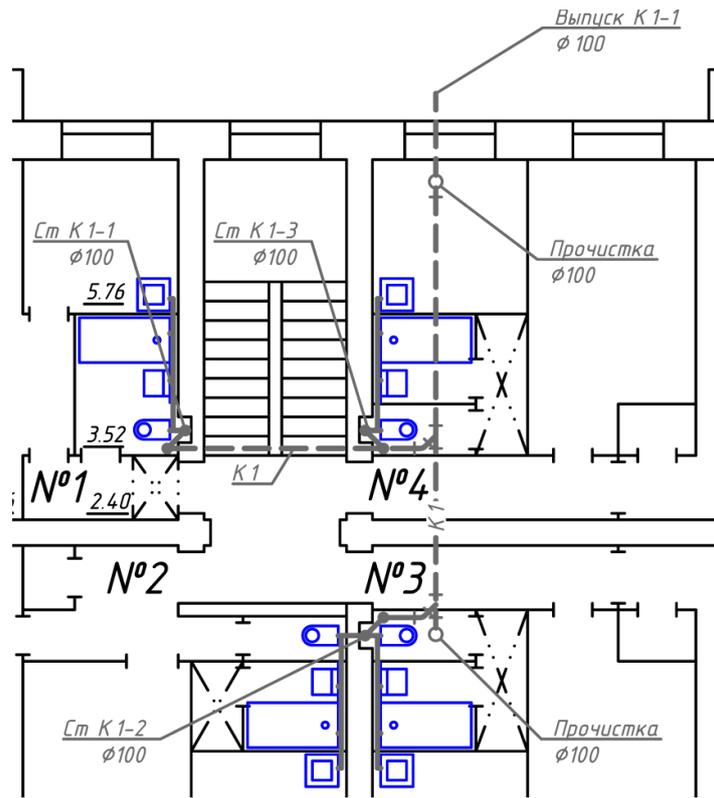
д

B 1



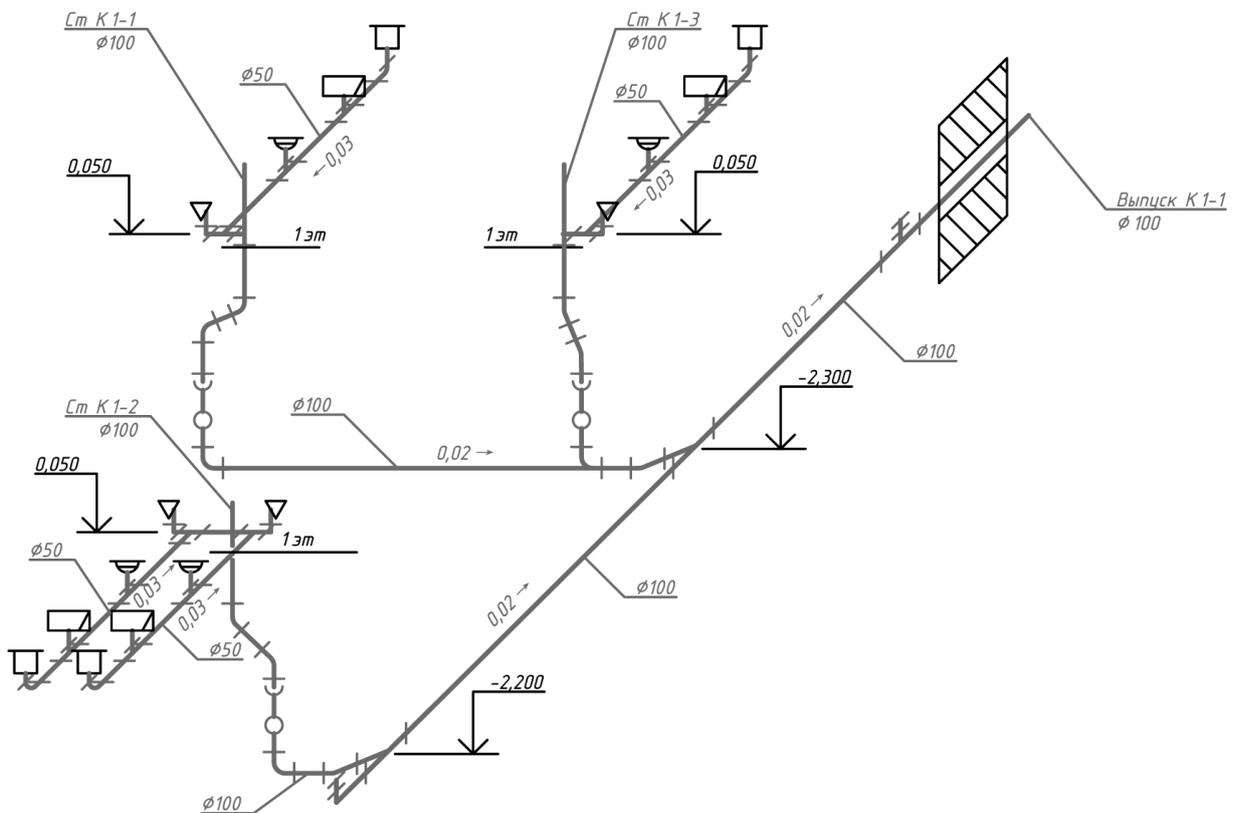
**Рис. 1.22. Выполнение схемы (этапы 2, д)**  
2 – элементы на схеме, д – обозначения на схеме

**a**



**б**

**K1**



**Рис. 1.23. Система внутренней канализации (повышенная сложность)**

**a** – план системы, **б** – схема системы

## 2. НАРУЖНЫЕ ВОДОПРОВОДНЫЕ СЕТИ

### Общие сведения о системах подачи и распределения воды

**Системы подачи и распределения воды (СПРВ)** являются частью централизованных систем водоснабжения и объединяют насосные станции, водоводы, водопроводные сети, а также напорно-регулирующие емкости.

В системах хозяйственно-питьевого водоснабжения городов чистая вода после станции водоподготовки подается к местам ее потребления (в жилые кварталы, на промышленные предприятия и др.). Для этого **насосные станции второго подъема** перекачивают воду через крупные **водоводы** в городские водопроводные сети. Далее вода распределяется по точкам ее отбора (водоразборная арматура в зданиях, водоразборные колонки и др.).

В составе водопроводных сетей выделяют **магистральные линии**, которые подают воду транзитом в отдаленные районы. Магистралы прокладываются параллельно и соединяются поперечными трубопроводами – **перемычками**. Наконец, **распределительная сеть** соединяет дома и здания с магистральями.

**Запасные и регулирующие емкости** предназначены для создания запаса воды на случай пожара, для поддержания равномерной работы насосов, а также создания необходимого напора воды. Например, водонапорные башни в ночное время, когда потребление воды малое, обычно накапливают воду, а в утренние и вечерние часы – наоборот, отдают.

**Проектирование СПРВ.** Для населенного пункта (или его части) общий порядок проектирования обычно следующий.

1. Выбирается **схема питания** сети, т.е. расположение в сети насосных станций и водонапорных башен. Например, бывают сети с *односторонним* (с проходной башней), *двусторонним* (с контррезервуаром) и *комбинированным* питанием.

2. Производится **трассировка** сети, которая заключается в начертании осей трубопроводов на топографическом плане объекта водоснабжения. Затем вся сеть разбивается на расчетные участки, и в местах пересечения линий и в местах крупных отборов воды назначаются т.н. **узлы сети**.

3. Определяются **расчетные расходы** в сети – требуемое количество воды, которое необходимо подать потребителям. Различают *хозяйственно-питьевое* потребление воды, *коммунально-бытовое* потребление, в *технологических процессах* производства, а также на *пожаротушение*. Потребление воды рассчитывается по установленным нормам.

4. Определяются **узловые отборы**, т.е. расходы воды потребителями, условно отнесенные к узлам сети. Узловые отборы определяются для нескольких характерных режимов подачи воды, например:

- в час максимального потребления воды;
- при тушении пожара в час максимального водопотребления;

- в часы минимального водопотребления (максимальный транзит в башню).

5. Производится **гидравлический расчет** и анализ совместной работы водоводов, водопроводной сети и насосных станций, в ходе которого определяются:

- диаметры труб, скорости движения воды и потери напора на всех участках;
- свободные пьезометрические напоры в узлах сети;
- напоры и подачи для насосных станций и др. параметры.

6. Осуществляется **конструирование сети**, т.е. подбор необходимых фасонных частей, арматуры и сооружений, а также места их расположения и количество.

**Применение САПР для проектирования СПРВ.** Системы САПР могут быть использованы в большей или меньшей степени на каждом этапе приведенных выше проектных работ. Однако следует отметить, что для решения многих задач, касающихся географически привязанных объектов на картах или планах, целесообразнее применять т.н. **геоинформационные системы (ГИС)**.

Существует класс геоинформационных систем, включающих элементы САПР, которые специализированы именно для расчета и проектирования инженерных коммуникаций (водопровод, канализация, теплогазоснабжение, электроснабжение). Такой класс ГИС называется **AM/FM** («Automatic Mapping/Facilities Management» – автоматизированное картографирование/управление эксплуатацией оборудования). Можно привести в качестве примеров такие приложения, как ИГС CityCom, ГИС Zulu, ESRI ArcFM и др.

Базовое приложение имеет ограниченные возможности по выполнению узкоспециализированных проектных работ, однако существует ряд модулей, которые позволяют использовать AutoCAD как инструмент для проектирования и моделирования систем инженерных коммуникаций.

В частности, для проектирования СПРВ возможно использовать такой модуль, как GeoniCS. Альтернативой является применение специализированных приложений на платформе AutoCAD: Civil 3D, Map 3D и др.

**Общие указания к выполнению работ.** Целью выполнения заданий второй главы является изучение возможностей САПР при проектировании наружной водопроводной сети, а также закрепление полученных в первой части практикума практических навыков работы с AutoCAD. Для выполнения заданий учащийся должен иметь знания по основам инженерной геодезии и гидравлики.

Общим заданием всей второй части можно считать разработку упрощенных проектных решений СПРВ населенного пункта, включающих: векторизацию растровой карты, составление схемы трассировки магистральных линий и гидравлическое моделирование совместной работы сети, водонапорной башни и насосной станции.

Последняя лабораторная работа практикума посвящена изучению основ создания средствами САПР трехмерных графических объектов на примере водонапорной башни в составе СПРВ.

## Лабораторная работа № 7. Создание векторной карты населенного пункта

10 часов

### ВВЕДЕНИЕ

---

**Топографические материалы в проектировании.** Основой для составления чертежей строительных проектов являются топографические карты и планы. В практике строительного проектирования используются следующие топографические материалы:

- карты масштабов 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000 – для выбора территории под строительство города или промышленного предприятия;
- карты масштаба 1:5 000 или 1:10 000 – для составления основного *проекта планировки* города или промышленного предприятия (*опорного генерального плана*), служащего основой для разработки проекта *детальной планировки застройки* и благоустройства территории;
- планы масштаба 1:2 000 – для составления *проекта детальной планировки*, на котором устанавливается положение красных линий кварталов, площадей, улиц и проездов, промышленных площадок и отдельных цехов, общественных сооружений и зданий и др.;
- планы масштаба 1:500 – для составления *рабочих чертежей застройки* и вертикальной планировки и озеленения. Для составления рабочих чертежей проекта промышленного предприятия обычно ограничиваются планом масштаба 1:1000.

На топографических картах показываются:

- гидрографическая сеть и приуроченные к ней природные образования (мели, наледи и др.), выходы подземных вод;
- рельеф поверхности – горизонталями, отметками высот и дополнительными обозначениями (для обрывов, бровок, промоин и др.);
- растительность, грунты каменистые, песчаные и др., ледники и снежники, болота и солончаки, основные сельскохозяйственные угодья;
- населенные пункты с передачей их структуры, типа (город, рабочий посёлок и др.), политико-административного значения и численности населения;
- различные строения и сооружения;
- геодезические пункты и местные предметы-ориентиры, железные и автогужевые дороги, линии проволочных передач, трубопроводы и ограждения, границы разных рангов.

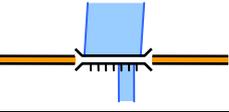
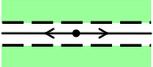
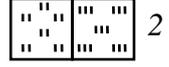
Условные знаки и обозначения на картах зависят от масштаба (примеры некоторых знаков для масштаба 1:25 000 приведены в табл. 3). Дополнительные учебные материалы по топографическим картам и планам содержатся в [3].

**Основы векторизации карт.** Векторизация (трассировка) – преобразование растрового изображения в векторную форму.

Таблица 3

## Условные знаки для топографических карт масштаба 1 : 25 000

Знаки	Обозначение знаков
1	2
<i>Населенные пункты</i>	
	Плотно застроенные кварталы
	Редко застроенные кварталы
	Разрушенные и полуразрушенные здания
	Отдельно расположенные дворы
<i>Промышленные, сельскохозяйственные и социально-культурные объекты</i>	
	Памятники и монументы
	Капитальные сооружения башенного типа
	Церкви
	Бензоколонки и заправочные станции
	Кладбища
	Линии электропередачи на металлических или ж/б опорах
	Торфоразработки
<i>Дорожная сеть</i>	
	Шоссе
	Грунтовые и проселочные дороги
	Полевые и лесные дороги
	Железные дороги
	Расположение главного здания станции: 1 – сбоку путей; 2 – между путями; 3 – расположение неизвестно
	1 – трубы под дорогой, 2 – эстакады
	Пешеходные тропы и пешеходные мосты
	Мосты длиной 3 м и более
	Мосты через незначительные препятствия
	Насыпи и выемки

1	2
<i>Гидрография</i>	
	Береговая линия: 1 – постоянная, 2 – непостоянная
	Источники
	Колодцы
	Водопроводы подземные
	Плотины проезжие
<i>Рельеф</i>	
	Горизонтали
	1 – ямы, 2 – курганы
	• 161.5
<i>Растительный покров и грунты</i>	
	1 – хвойные леса, 2 – лиственные леса
	Просеки в лесу
	Небольшие площади леса
	Луговая растительность: 1 – низкотравная, 2 – высокотравная
	Болота проходимые
	Пески ровные

По способу выполнения существуют следующие виды трассировки:

- ручная трассировка (*обводка*), выполняемая с помощью обычных векторных инструментов;
- *автоматическая* трассировка, выполняемая специализированными средствами программы (трассировка внутри векторного редактора);
- *автоматическая* трассировка, выполняемая специализированными приложениями.

Выбор способа трассировки зависит от сложности исходного изображения, требуемого качества и некоторых других факторов.

Сущность ручной трассировки заключается в рисовании поверх пиксельного изображения векторных контуров всеми доступными инструментами САПР. При этом трассируемое пиксельное изображение размещается на обычном (или фоновом) слое и фиксируется, иногда его можно «притушить» по тону.

Автоматическая трассировка производится различными векторными программами-редакторами и инструментами без активного участия пользователя.

**Растровые изображения в AutoCAD.** В чертежи AutoCAD можно добавлять растровые изображения, а затем выполнять просмотр и печать полученного документа.

Следует помнить, что вставленные в файл чертежа изображения в действительности не являются его составной частью. Связь чертежа и картинки устанавливается заданием пути к файлу на диске (или адреса в интернет).

Растровые изображения, так же, как и другие объекты чертежа, можно копировать, перемещать или подрезать. Изображение можно редактировать с помощью ручек, изменять его контрастность, подрезать прямоугольными и многоугольными контурами. Форматы файлов с растровыми изображениями включают самые распространенные, например: BMP, PNG, JPEG, TIFF и др.

Для вставки изображения в диалоговом окне «Выбор файла изображения» необходимо указать файл, затем задать *точку вставки, масштаб и угол поворота* для выбранного изображения.

Диалоговое окно для регулировок яркости, контрастности и слияния с фоном выводится, например, двойным щелчком мыши по рамке рисунка или через контекстное меню.

**Подрезка** – это выделение из изображения его части, которая будет видна на чертеже. Контуром подрезки может служить прямоугольник или многоугольник, вершины которого лежат внутри границы изображения.

Инструменты, необходимые для добавления и редактирования растровых изображений, находятся в панели «Ссылка» вкладки «Блоки и ссылки».

---

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

---

Изучение основ создания средствами САПР векторных топокарт.

---

## ЗАДАНИЕ

---

*Стандартная сложность*

Создать на основе растровой топографической карты населенного пункта векторную карту в масштабе 1:25 000.

*Повышенная сложность (дополнительное задание)*

Создать расширенную векторную топокарту.

---

## МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ

---

Все чертежи и рисунки, выполненные во второй части практикума, сохраняются в новом файле под именем «*Фамилия студента, часть 2*» в Вашей папке на общем диске сервера.

Запустите приложение САПР, установите рабочее пространство «**2D рисование и аннотации**».

**Подготовка слоев и объектных привязок.** Создайте следующие слои по типам отображаемых элементов (см. табл. 3):

- ЗАСТРОЙКА – для застроенных территорий и отдельных зданий;
- ГИДРОГРАФИЯ – для рек, ручьев, прудов, каналов и пр.;
- ДОРОГИ – для всех объектов дорожной сети;
- ПОКРОВ – для растительного покрова и грунтов;
- ОБЪЕКТЫ – для промышленных, сельскохозяйственных и социально-культурных объектов;
- РЕЛЬЕФ – для горизонталей, высотных отметок, холмов и пр.;
- НАДПИСИ – для надписей на карте всех видов;
- СЕТКА, СЕТКА МСК – для координатных сеток;
- РАМКА – для рамки карты;
- ВОДОПРОВОД – для водопроводной сети;
- КАНАЛИЗАЦИЯ – для канализационной сети.

При создании слоев установите следующие цвета: слой РЕЛЬЕФ – светло-коричневый (индекс: 31); ГИДРОГРАФИЯ и ВОДОПРОВОД – синий (индекс: 5); ПОКРОВ – светло-зеленый (индекс: 81); КАНАЛИЗАЦИЯ – серый (индекс: 252).

Для слоев ВОДОПРОВОД и КАНАЛИЗАЦИЯ установите вес линий 0,4 мм, для остальных слоев – 0,2 мм.

Командой меню **Сервис** ▶ **Режимы рисования** откройте диалоговое окно и перейдите на закладку «Объектная привязка». Включите режимы привязки: *Конточка, Центр, Пересечение, Продолжение, Нормаль, Кажущееся пересечение, Параллельно*.

Включите в строке состояния кнопки **ПРИВЯЗКА**, **ОТС-ОБЪЕКТ**, **ВЕС**.

**Подготовка стилей линий и текста.** На панели **Текстовая** (вкладка **Аннотации**) кнопкой «**Стиль текста**» откройте диалоговое окно **Текстовые стили** и создайте два новых текстовых стиля с параметрами:

- НАДПИСИ – шрифт: Arial, степень растяжения: 0,9, аннотивный;
- ГОСТ – шрифт: GOST type B (или ISOCPEUR), угол наклона: 15°, аннотивный;

Выполните команду меню **Формат** ▶ **Типы линий**, затем в панели **Диспетчер параметров линий** загрузите стандартные типы линий: штриховая, штрихпунктирная и пунктирная. Из файла «topo.lin» дополнительно загрузите следующие типы линий: Водопровод хоз-пит, Канализация быт, Откос.

Выполните команду меню **Формат** ▶ **Стили мультилиний**, в диалоговом окне **Стиль мультилиний** создайте новый стиль АВТОДОРОГА, при этом измените параметры смещения (от центра): 0,25 и -0,25.

Создайте на его основе стиль ШОССЕ с такими же параметрами, дополнительно установите для него заливку светло-коричневым цветом (индекс: 31).

**Вставка в чертеж растрового изображения.** На панели **Ссылки** (вкладка **Блоки и ссылки**) кнопкой «**Изображение**» откройте диалоговую панель **Выбор файла изображения**. Выберите в Вашей папке файл формата JPEG с изображением топографической карты населенного пункта в масштабе 1:25 000.

Затем в диалоговом окне **Растровое изображение** отключите все флажки (точка вставки, масштаб и угол поворота) и нажмите кнопку «**ОК**».

Проверьте правильность размера изображения – для этого в левом нижнем углу измерьте расстояние масштабной линейки (1000 м), которое в масштабе 1:25 000 должно составлять примерно 40 мм. Это можно сделать инструментом *расстояние* панели **Сведения** (вкладка **Сервис**).

**Подрезка и подготовка изображения.** Нарисуйте на свободном месте в слое РАМКА будущий контур подрезки – рамку размером 200×150 мм. Перенесите контур на изображение примерно по его центру по примеру на рис. 2.1.

Щелкните мышкой по рамке растрового изображения (оно при этом должно выделиться), затем в панели **Ссылки** нажмите кнопку «**Подрезка изображения**». Выберите опции этой команды по умолчанию, нажав два раза клавишу **Enter**, потом укажите мышкой на углы нарисованной рамки. Изображение в итоге подрезается до размеров рамки – рис. 2.2.

Двойным щелчком мышки по рамке изображения выведите диалоговое окно **Регулировка изображения** и установите параметр **Слияние с фоном**, примерно равным 30.

**Трассировка карты.** Примерный порядок трассировки по слоям следующий: ЗАСТРОЙКА, ГИДРОГРАФИЯ, ДОРОГИ, ПОКРОВ, РЕЛЬЕФ, ОБЪЕКТЫ, НАДПИСИ.

**ВНИМАНИЕ.** Отрисовывать объекты необходимо ТОЛЬКО по слоям!

На территории плотной застройки допускается здания не изображать.

Границы застройки и линейные объекты необходимо изображать инструментами *полилиния* или *сплайн*. Контуры территорий застройки необходимо замыкать. Для изображения железных дорог используйте сплошные линии весом 0,5 мм, для отрисовки линий откосов и выемок – загруженные типы линий.

Трассировка автомобильных дорог и шоссе производится *мультилиниями*. Для этого выполните команду меню **Рисование** ▶ **Мультилиния**, затем выберите опцию «*Стиль*» и введите имя стиля (т.е. АВТОДОРОГА или ШОССЕ).

Для имеющихся на карте условных знаков (слой ОБЪЕКТЫ) создайте соответствующие блоки, например: водонапорные башни, памятники, церкви, бензоколонки и т.д.

Заливка площадей внутри контуров может производиться из точки внутри контура (если контур образован из нескольких полилиний или сплайнов), или через выбор объекта – замкнутой полилинии.

Вся заливка должна быть нанесена с помощью инструмента *штриховка*, образец штриховки – *сплошная*, т.е. SOLID.

**ВНИМАНИЕ.** При заливке вблизи рамки довольно часто происходит «всплывание» растрового изображения над всеми остальными объектами.

В этом случае изображение необходимо выделить, затем выбрать из контекстного меню команду **Порядок прорисовки ► На задний план.**

Рекомендуемые цвета линий и заливок на карте:

- **черный** – контуры;
- **светло-коричневый** (индекс: 31) – для линий рельефа, полотен автодорог, плотно застроенных кварталов;
- **синий** (индекс: 5) – для гидрографии и подписей к ней;
- **светло-синий** (индекс: 141) – для площадей водных пространств;
- **светло-зеленый** (индекс: 81) – для площадей лесов и садов.

Надписи создаются инструментом *многострочный текст* с использованием текстового стиля НАДПИСИ. Высота надписей должна примерно совпадать с высотой текста на исходной карте.

После изображения всех объектов, выключите слой 0, в котором находится растровая карта. На экране должно остаться только векторное изображение.

Примерный ход выполнения работы представлен на рис. 2.3 – 2.7.

**Создание условных обозначений.** В слое НАДПИСИ нанесите под картой условные обозначения некоторых объектов на карте – пример на рис. 2.8. Используйте при этом текстовый стиль ГОСТ.

**Создание расширенной векторной карты (повышенная сложность).** Выделите растровое изображение (например, щелчком мышки по его рамке), затем в контекстном меню выполните команду **Изображение ► Подрезка** и выберите опцию этой команды «Удалить». Изображение должно возвратиться в исходный вид (т.е. до подрезки).

Отрисуйте все остальные объекты за полями векторизованной части карты. При необходимости дополните таблицу условных обозначений.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

---

1. Охарактеризуйте топографические материалы для проектирования.
2. Какие возможности для работы с растровыми изображениями существуют в САПР?
3. Что обычно изображается на топографических картах?
4. Каким образом можно подрезать растровое изображение?
5. Опишите последовательность трассировки растровых изображений.
6. Опишите группы условных обозначений на картах.
7. Какие виды трассировки существуют?
8. Что отличает растровый объект от других элементов чертежа AutoCAD?
9. Можно ли удалить контур подрезки? Если да, то каким образом?

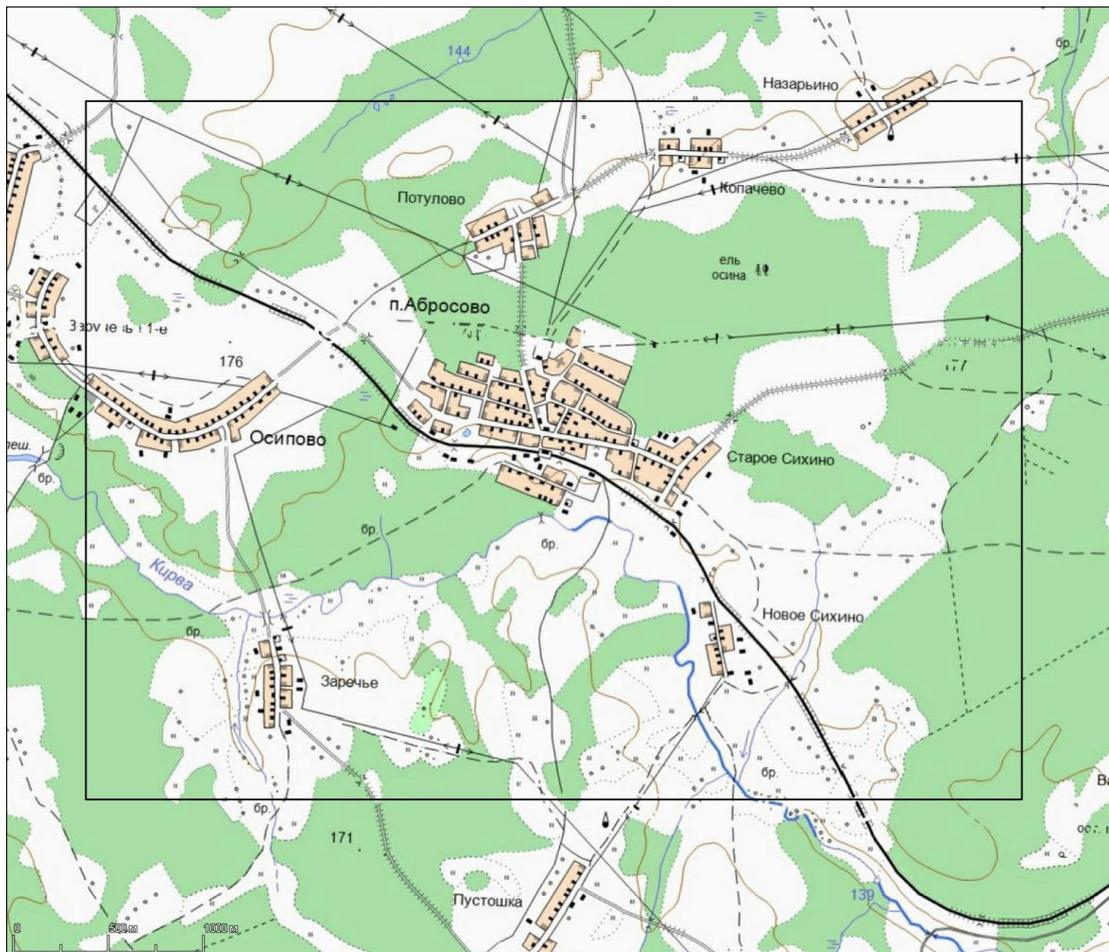


Рис. 2.1. Исходное изображение карты с контуром подрезки

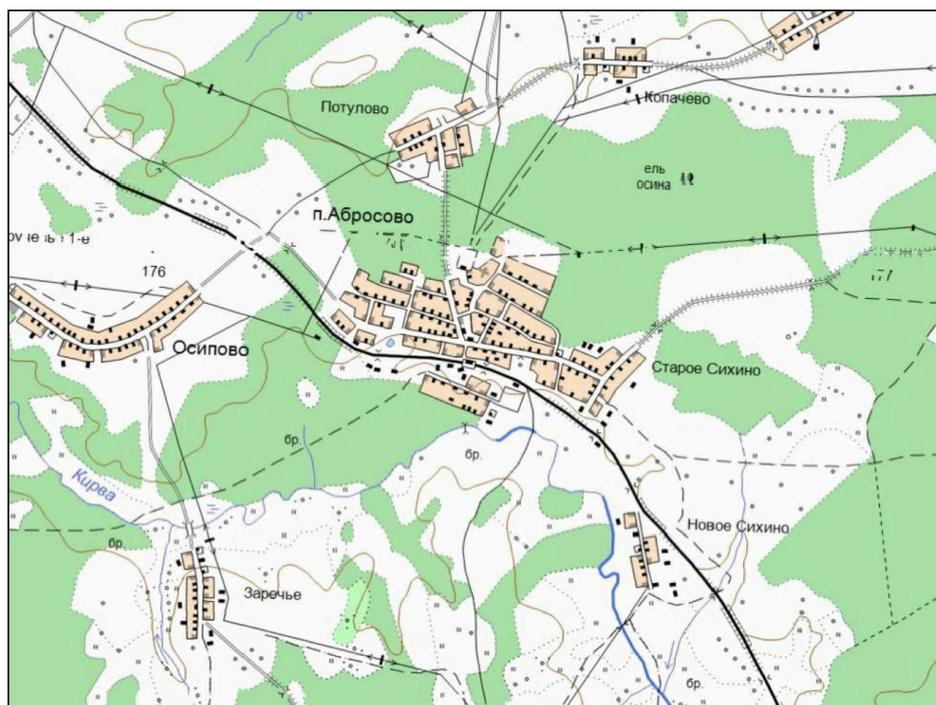
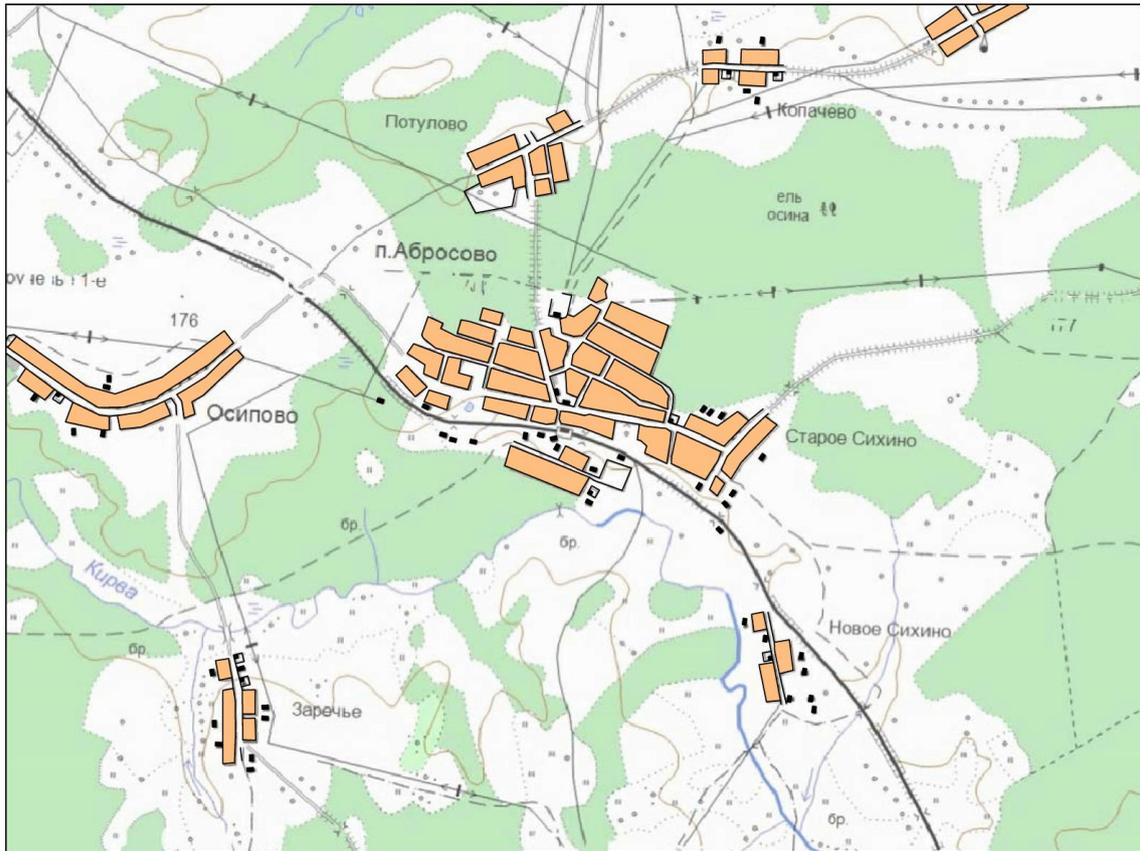
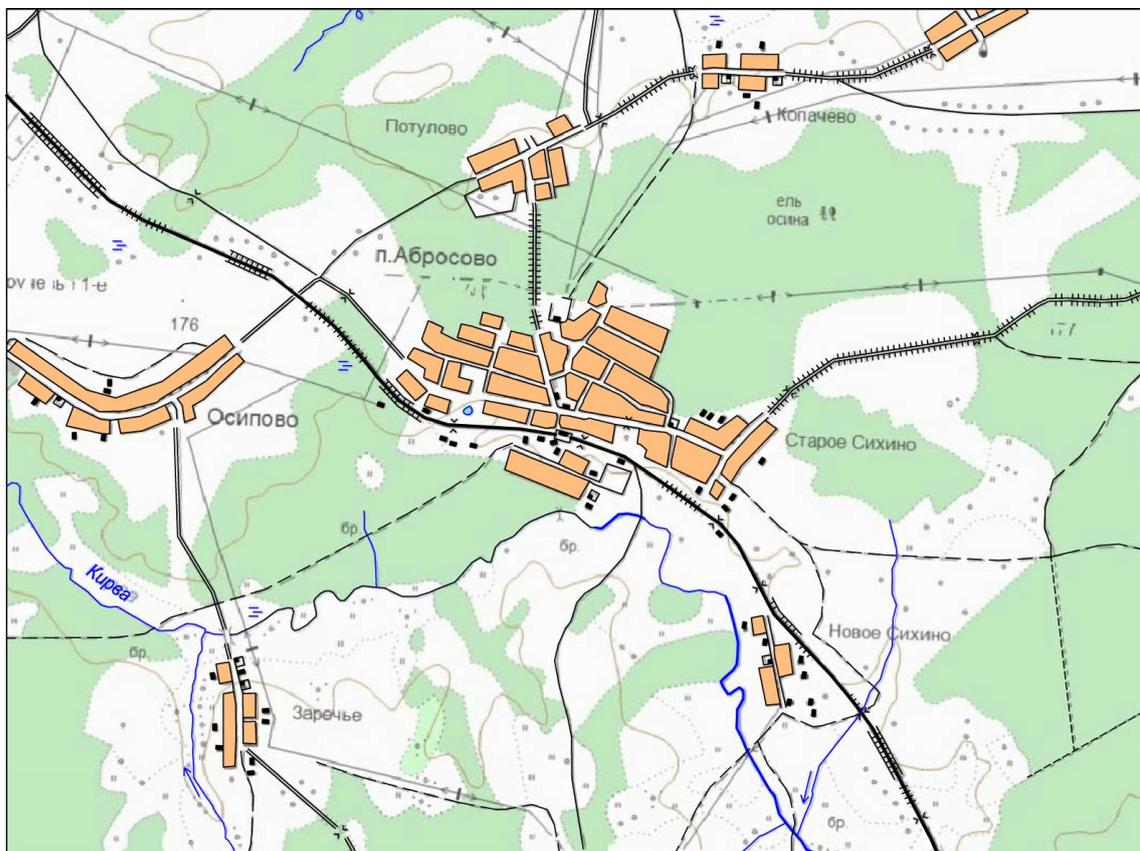


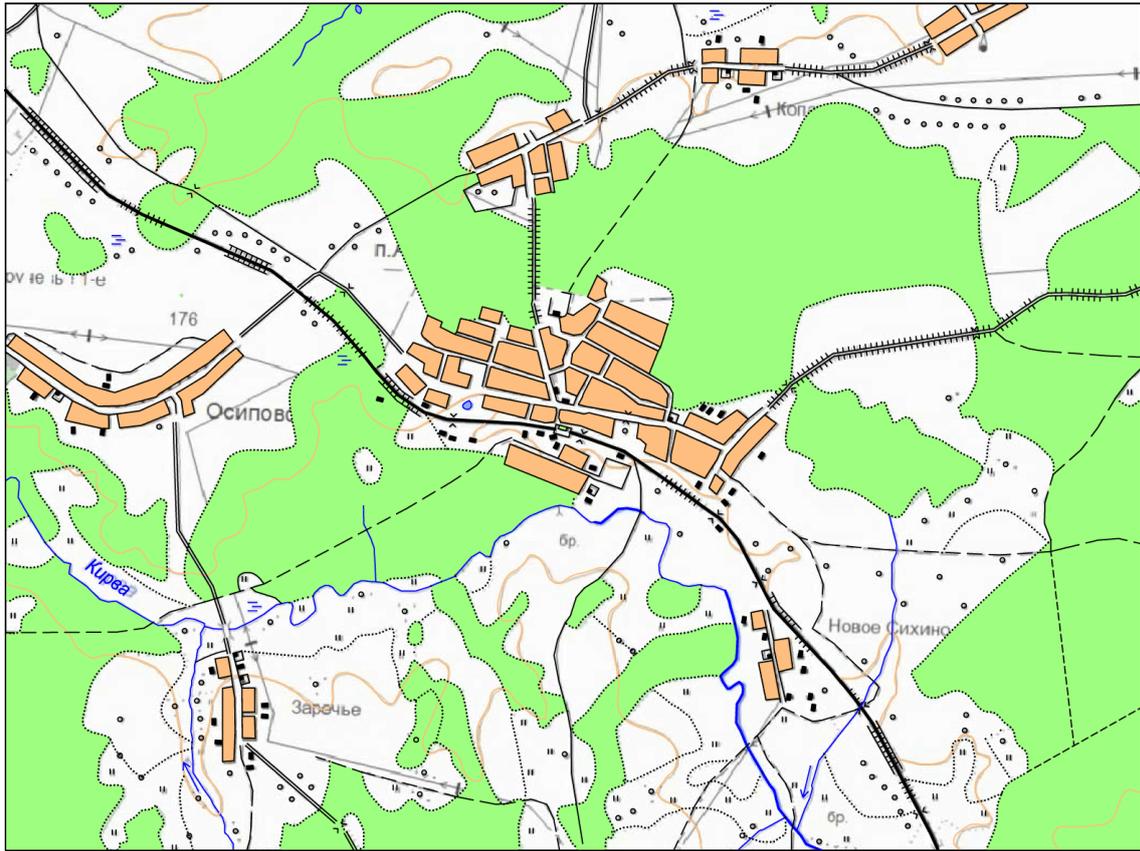
Рис. 2.2. Подрезанное изображение



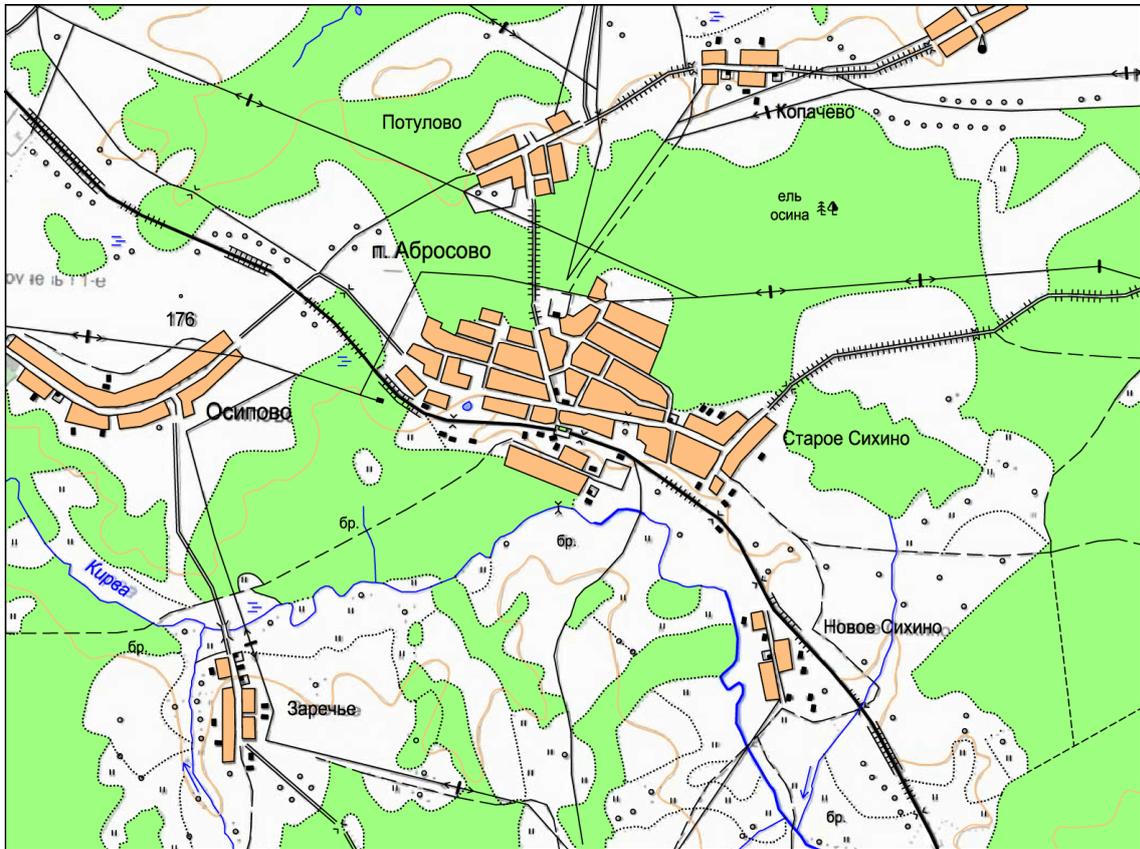
**Рис. 2.3. Трассировка застройки**



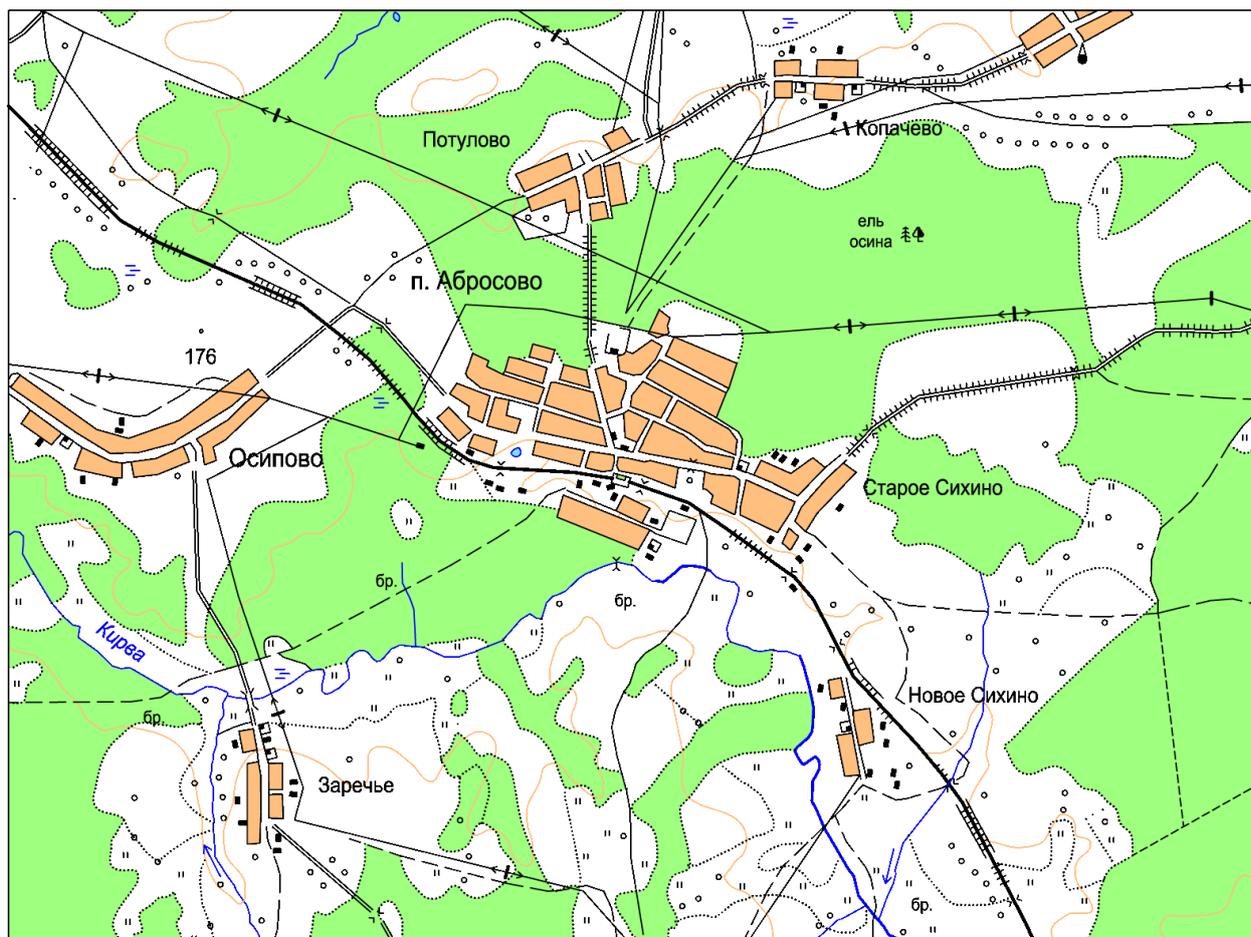
**Рис. 2.4. Отрисовка гидрографии и дорог**



**Рис. 2.5. Растительный покров и рельеф**



**Рис. 2.6. Объекты и надписи на плане**



**Рис. 2.7. Готовая векторная карта**

*Условные обозначения*

<i>Изображение на карте</i>	<i>Наименование</i>
	<i>Отдельный двор</i>
	<i>Труба под дорогой</i>
	<i>Мосты</i>
	<i>Лузг</i>
	<i>Небольшие площади леса</i>
	<i>Болота проходимые</i>
	<i>Здание</i>
	<i>Водонапорная башня</i>
	<i>ЛЭП на металлических опорах</i>
	<i>Леса хвойные и лиственные</i>

**Рис. 2.8. Условные обозначения объектов**

## Лабораторная работа № 8. Системы координат и координатные сетки

4 часа

### ВВЕДЕНИЕ

---

**Виды систем геодезических координат [3].** Система координат – это опорная система для определения положения точек в пространстве или на плоскостях и поверхностях относительно выбранных осей, плоскостей или поверхностей.

В нашей стране установлены следующие единые государственные системы координат:

- геодезическая система координат 2011 года (**ГСК-2011**) – для использования при осуществлении геодезических и картографических работ;
- общеземная геоцентрическая система координат «Параметры Земли 1990 года» (**ПЗ-90.11**) – для использования в целях геодезического обеспечения орбитальных полетов и решения навигационных задач.

Система координат ГСК-2011 представляет собой систему плоских прямоугольных координат, в которой ось абсцисс (X) ориентирована по направлению «юг-север», а ось ординат (Y) – в направлении «запад-восток».

Прямоугольные координаты на топографических картах применяются по **координатным зонам**, которые ограничены меридианами с долготой, кратной  $6^\circ$ . Счет зон идет от Гринвичского меридиана с запада на восток. Территория РФ располагается зонах от 4-й до 32-й включительно.

Началом координат в каждой зоне служит точка пересечения среднего (осевого) меридиана зоны с экватором. Однако для исключения отрицательных значений, отчет ординат ведется от точки, сдвинутой на 500 км влево вдоль оси Y. Номер зоны включается в ординату точки (в начале числа).

Наряду с государственной системой координат можно применять **местную систему координат**, под которой понимается условная система координат, устанавливаемая в отношении ограниченной территории. Началом условной системы координат может быть, например, пункт государственной геодезической сети. Этот пункт должен быть связан с действующей на этой территории системой координат.

Местные системы координат устанавливаются для проведения геодезических и топографических работ при инженерных изысканиях, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений, межевании земель, ведении кадастров и осуществлении иных специальных работ.

Начало отсчета и ориентировка осей координат могут быть смещены по отношению к началу отсчета и ориентировке осей координат единой государственной системы.

**Системы координат в AutoCAD.** В этой САПР предусмотрены две сис-

темы координат: неподвижная *мировая система координат* и подвижная *пользовательская система координат*. В новом чертеже две эти системы совпадают между собой.

**Мировая система координат** является фиксированной прямоугольной системой координат. Как правило, в ней на плоскости ось  $X$  является горизонтальной осью, а ось  $Y$  – вертикальной.

**Пользовательская система координат (ПСК)** является изменяемой системой координат, которая может быть расположена в любом месте и ориентирована в любом направлении. Можно создать любое число ПСК, сохраняя их под собственными именами.

Для обеспечения удобства записи координат, отображения сетки и привязки к ней, реализации режима «ОРТО» и др. возможностей, ПСК можно перемещать и поворачивать.

Для этих действий можно использовать следующие методы:

- перемещение ПСК путем определения новой исходной точки;
- выравнивание ПСК по существующему объекту;
- поворот текущей ПСК на указанный угол вокруг оси  $Z$  или путем обозначения новой исходной точки и точки на новой оси  $X$ ;
- возврат к предыдущей ПСК и др.

Управление пользовательскими системами координат производится через панель «ПСК» вкладки «Вид», а также панелью инструментов «ПСК-2».

**Ввод координат ПСК.** В текущей ПСК координаты можно вводить в *декартовой* и *полярной* формах. Для задания декартовых (прямоугольных) координат точки необходимо ввести значения координат  $X$  и  $Y$ , разделенных запятой. Полярные координаты задаются значениями расстояния и угла, отделяемых друг от друга символом угловой скобки (например:  $5<30$ ).

Кроме того, можно задавать *абсолютные* и *относительные* координаты. Абсолютные координаты отсчитываются от начала ПСК. Относительные координаты отсчитываются относительно последней введенной точки, для этого используется знак @ перед числовыми значениями (например: @5, 7).

Возможны следующие форматы ввода координат: научный, десятичный, инженерный, архитектурный и дробный. Углы могут вводиться в градусах, радианах, топографических единицах (в виде румбов), а также в градусах, минутах и секундах.

**Роза ветров.** Диаграмма, характеризующая по многолетним метеонаблюдениям режим ветра, называется **розой ветров**. Она имеет вид восьмиугольника, у которого длины лучей, расходящихся от центра по румбам горизонта, пропорциональны *повторяемости ветров* этих направлений.

Розу ветров учитывают при планировке населенных мест, целесообразной ориентации зданий, определении распространения загрязнений от промышленных производств, местоположения очистных сооружений канализации и т.д.

Обычно розу ветров изображают в левом верхнем углу чертежа (карты), совмещенной для зимнего и летнего периода, а также годовую.

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение основ работы с координатными системами в САПР.

## ЗАДАНИЕ

*Стандартная сложность*

1. Привязать карту к системе координат ГСК-2011.
2. Создать местную систему координат.
3. Нанести километровые координатные сетки на карту.
4. Дополнить карту розой ветров.

*Повышенная сложность (дополнительное задание)*

Создать условную систему координат для населенного пункта.

## МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ

Откройте Ваш ранее сохраненный файл с картой.

**Создание значка-блока точки привязки.** Установите текущим слой ОБЪЕКТЫ, на свободном пространстве нарисуйте значок точки привязки  диаметром 2 мм (цвет – красный).

Превратите его в блок «ТОЧКА ПРИВЯЗКИ» с помощью инструмента *создать* на панели **Блок** (вкладка **Главная**). Затем перенесите блок на точку привязки карты к ГСК-2011, положение которой приведено в табл. 1 Приложений.

**Масштабирование рамки карты.** Выделите рамку карты и значок привязки (остальные объекты не нужно), скопируйте их на свободное место.

Затем инструментом *масштаб* (панель **Редактирование**) одновременно уменьшите рамку и значок в 4 раза (значение масштаба: 0,25). В результате получается рамка карты масштаба 1 : 100 000 (т.е. в 1 см – 1 км).

**Перенос начала координат и поворот новой ПСК.** С помощью инструмента *начало* на панели **ПСК** (вкладка **Вид**) перенесите начало координат создаваемой ПСК на значок точки привязки в уменьшенной рамке карты. Знак новой ПСК будет перемещен на эту точку – рис. 2.9 а.

На панели **ПСК** щелкните по кнопке *Z* (*поворот текущей ПСК вокруг оси Z*) и введите в командной строке значение угла поворота: 90°. Затем с помощью другой кнопки поворота вокруг оси *X* выполните поворот на 180° (пример на рис 2.9 б, в).

**Назначение координат точке привязки.** Из табл. 1 Приложений выпишите значения координат *X*, *Y* точки привязки.

Наберите в командной строке команду «ПСК» и нажмите клавишу **Enter**. Затем через запятую наберите координаты точки привязки *со знаком минус, увеличенные в 10 раз, без пробелов* и два раза нажмите клавишу **Enter**.

ПРИМЕР. Пусть точка привязки имеет координаты  $X = 6513,1$  км,  $Y = 6641,2$  км. Тогда в строке команд следует набрать: **-65131 , -66412**.

Проверьте правильность ввода, наведя указатель мыши на точку привязки. В строке состояния слева должны появиться заданные координаты этой точки, увеличенные в десять раз.

**Переименование новой ПСК.** Кнопкой «Именованные» на панели ПСК откройте диалоговое окно ПСК, найдите в списке «Именованные ПСК» созданную систему координат «Без имени» и переименуйте ее в ГСК-2011.

В этом же окне кнопкой «Установить» установите эту ПСК как текущую.

**Создание координатной сетки ГСК-2011.** Откройте диалоговое окно **Режимы рисования** командой меню **Сервис** ▶ **Режимы рисования**. Во вкладке «Шаг и сетка» проверьте шаг привязки по X и Y: 10 мм, шаг сетки по X и Y также должен быть 10 мм.

Включите кнопки в строке состояния: **ШАГ** и **СЕТКА**. Включите слой СЕТКА, перейдите на него и нарисуйте линии сетки – рис. 2.10 а. Удалите выступающие линии сетки инструментом *обрезать*. Таким образом, на рисунке будет координатная километровая сетка – рис. 2.10 б. Отключите режим шаговой привязки.

Укажите мышкой на начальную точку какой-нибудь вертикальной линии сетки, в строке состояния определите ее координату Y и нанесите это значение на горизонтальной оси (уменьшив в 10 раз). Координаты нанесите высотой 1 мм и текстовым стилем ГОСТ.

**ВНИМАНИЕ.** Перед нанесением надписей обязательно установите текущей мировую систему координат (кнопка «**Мировая СК**» панели ПСК).

Аналогично нанесите значения координат для всех линий сетки. Обязательно укажите обозначения осей X и Y – рис. 2.10 в.

**Перенос координатной сетки обратно на карту.** Выделите координатную сетку и значок привязки, затем инструментом *масштаб* увеличьте их в 4 раза. Перенесите увеличенную сетку и значок обратно на карту, причем это делать необходимо только инструментом *перенести* с включенным режимом объектной привязки.

Уменьшите высоту текста координат на осях до 3 мм. Пример координатной сетки на карте и подписей координат показан на рис. 2.12.

**СОВЕТ.** Рациональнее изменить высоту текста для одной надписи, а затем скопировать ее свойства на другие надписи с помощью инструмента *копирование свойств* (панель **Свойства** вкладки **Главная**).

**Создание местной системы координат и координатной сетки.** На слое ОБЪЕКТЫ создайте значок-блок начала координат местной системы координат (МСК)  аналогично значку точки привязки. Назовите его «НАЧАЛО МСК».

В качестве начала координат выберите какой-нибудь объект в населенном пункте (водонапорную башню, церковь, памятник и т.п.) и перенесите туда значок. Инструментом *начало* на панели ПСК перенесите начало координат новой ПСК на середину значка – рис. 2.12.

Переименуйте созданную систему координат «Без имени» в МСК.

Выключите слой СЕТКА, перейдите на слой СЕТКА МСК. Установите шаг привязки по X и Y по 40 мм, включите режим шаговой привязки и нарисуйте линии сетки. Подпишите линии километровой сетки на осях – рис. 2.13.

**Проверка переключения координатных систем.** Для этого выключите слой СЕТКА МСК и включите слой СЕТКА. Координатная сетка должна измениться.

**Рисование розы ветров.** Установите шаг привязки по X и Y по 5 мм и режим шаговой привязки. Перейдите на слой РАМКА и нарисуйте на свободном месте заготовку – отрезок длиной 20 мм. С помощью инструмента *массив* превратите его в круговую диаграмму.

Для этого в диалоговом окне **Массив** выберите *Круговой массив*, укажите центр массива кнопкой «**Центр**», введите число элементов: 8 и угол заполнения: 360°.

Повторяемость ветра по румбам для летнего и зимнего периодов приведена в табл. 2 Приложений. Отложите на лучах отрезки заданной длины (масштаб 1 мм – 1%) и соедините конечные точки отрезков полилинией. Для летнего периода цвет линий должен быть красный, для зимнего – синий. Подпишите повторяемости и румбы горизонта.

Последовательность изображения розы ветров приведена на рис. 2.14.

Создайте из нарисованных линий блок с названием «РОЗА ВЕТРОВ» и перенесите его в левый верхний угол карты (рис. 2.15).

**Добавление к условным обозначениям.** Нанесите пояснения к условным обозначениям значков точки привязки ГСК и начала координат ЛСК (рис. 2.16).

**Создание условной системы координат и сетки для населенного пункта (повышенная сложность).** Дополнительно создайте новый слой «СЕТКА УСК», в котором должна быть изображена еще одна координатная сетка только для основного населенного пункта карты.

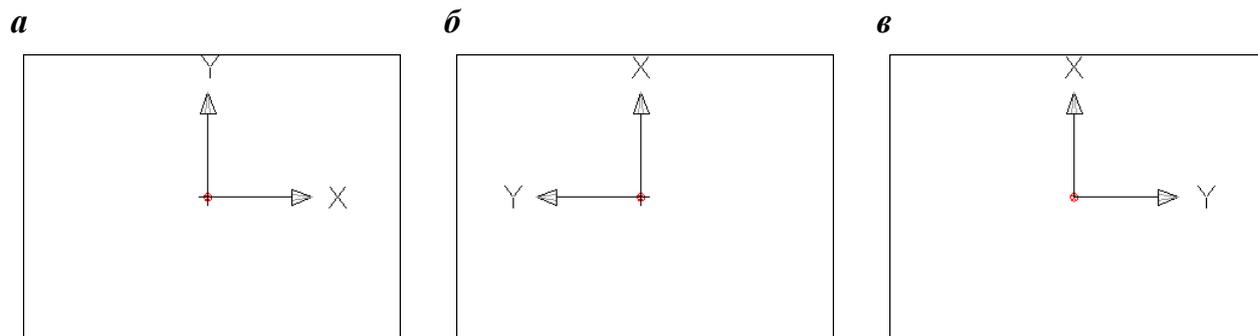
Создайте новую систему координат с именем УСК, с развернутой по одной из улиц населенного пункта осью X. Начало координат должно совпадать с МСК. Нарисуйте линии сетки с шагом 500 м и обозначьте координаты на осях.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

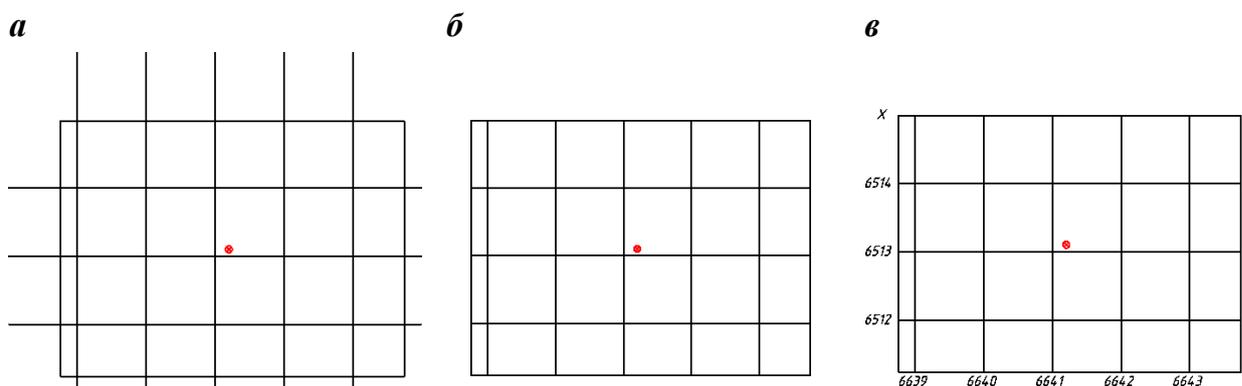
---

1. Какие системы координат используются в AutoCAD?
2. Назовите виды систем геодезических координат, принятые в РФ.
3. В каких случаях используется местная система координат?
4. Чем отличаются абсолютные координаты от относительных в AutoCAD?
5. Какие действия производят с пользовательской системой координат?
6. Что изображается на розе ветров?
7. Что такое ГСК-2011?
8. Перечислите форматы ввода координат в AutoCAD.
9. Каким образом в ГСК-2011 записывается номер координатной зоны?

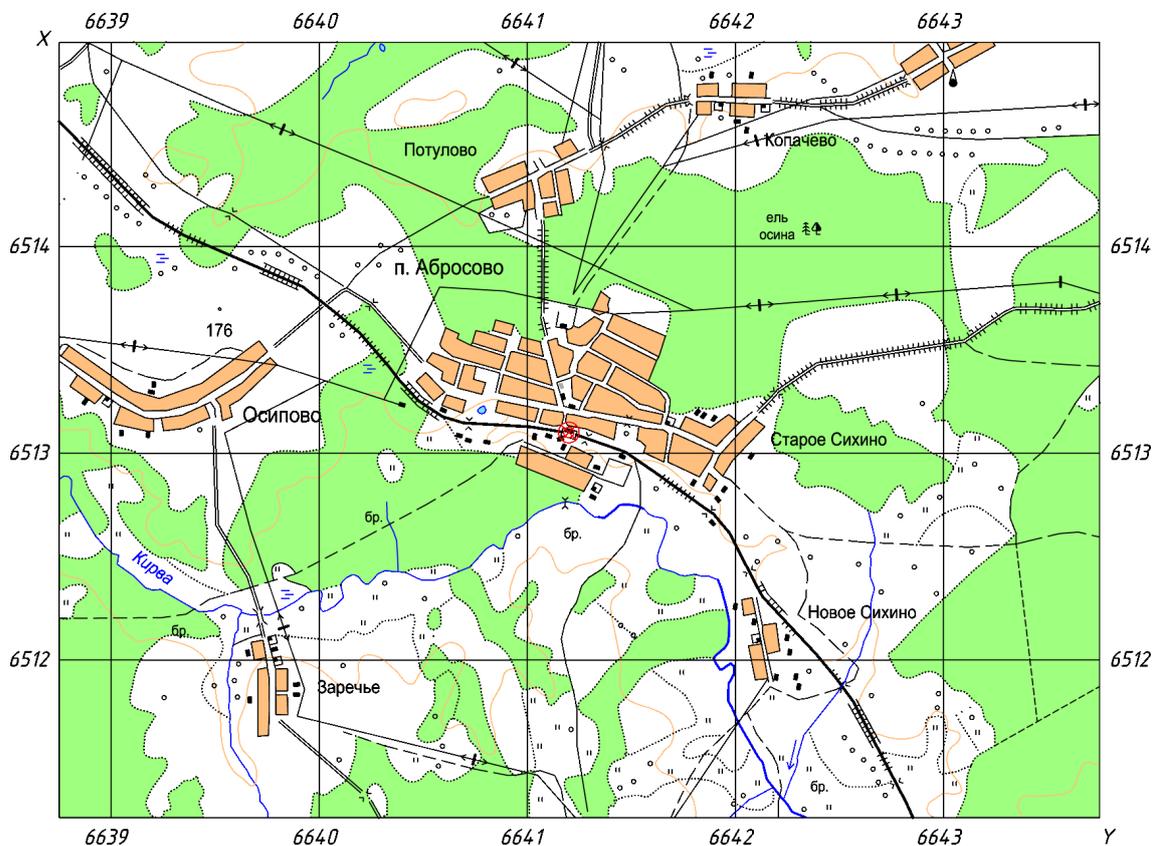
# РИСУНКИ И СХЕМЫ



**Рис. 2.9. Перенос начала координат и поворот координатных осей**



**Рис. 2.10. Нанесение километровой сетки и координат на осях**



**Рис. 2.11. Карта с координатами ГСК-2011 на осях**

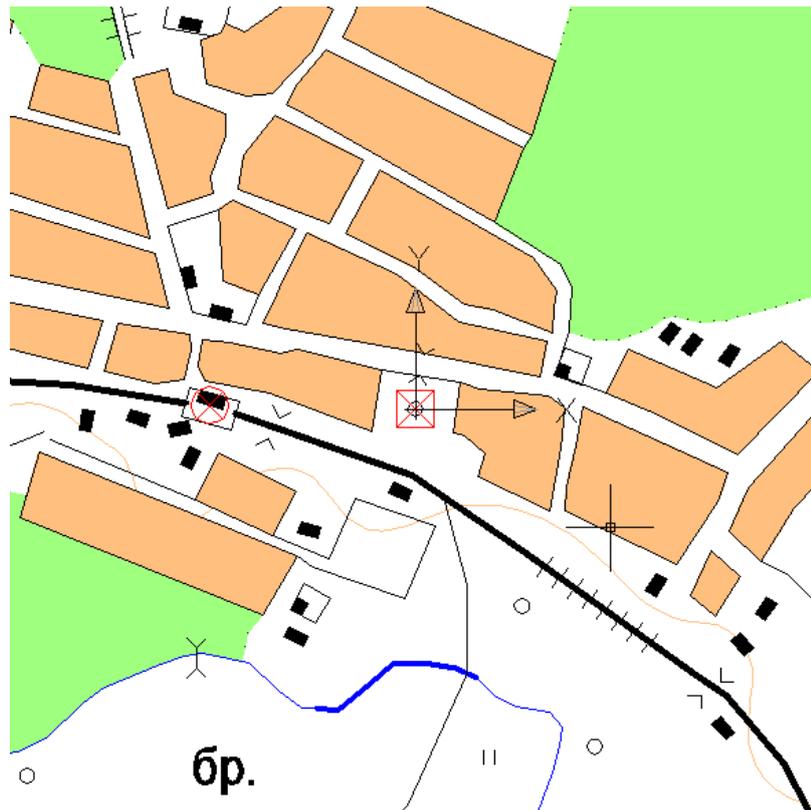


Рис. 2.12. Точка начала МСК

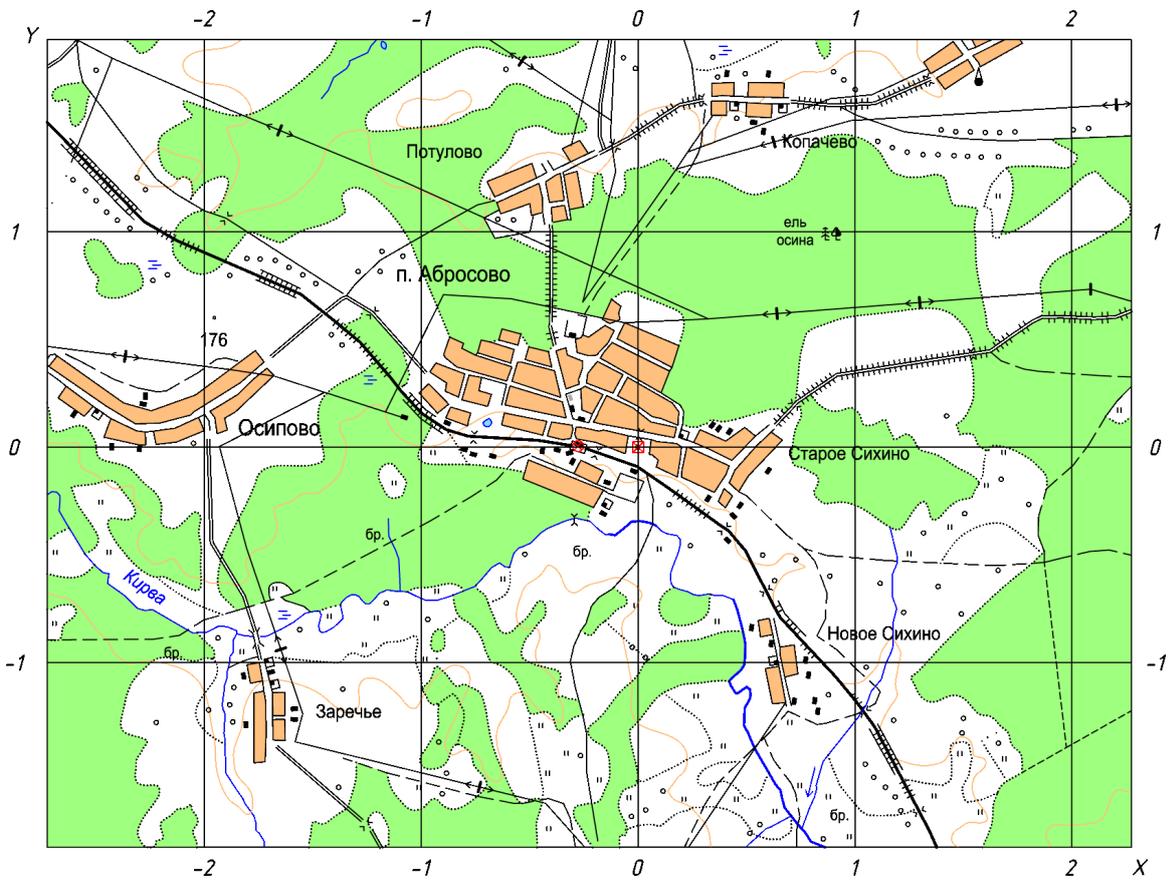


Рис. 2.13. Карта с сеткой и координатами МСК

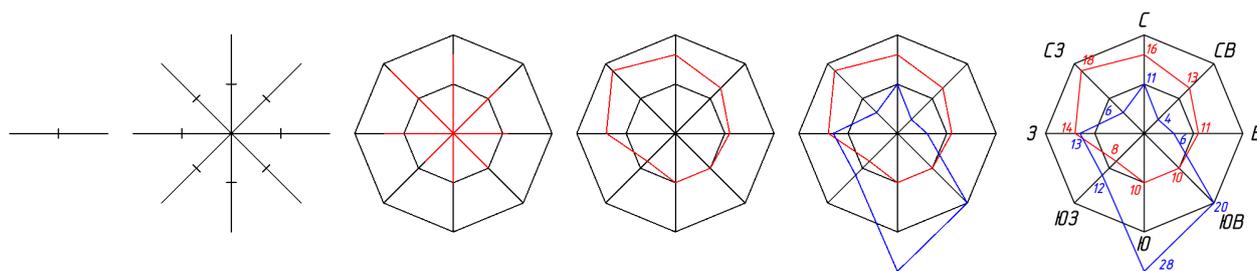


Рис. 2.14. Последовательность рисования розы ветров



Рис. 2.15. Роза ветров в углу карты

⊗	Точка привязки к ГСК-2011 (X=6513,1 км, Y=6641,2 км)
⊠	Начало местной системы координат

Рис. 2.16. Дополнения к условным обозначениям  
(с примерными координатами)

# Лабораторная работа № 9. Трассировка и гидравлический расчет водопроводной сети

8 часов

## ВВЕДЕНИЕ

---

**Основы трассировки наружных водопроводных сетей [4].** Проектирование водоводов и водопроводных сетей начинают с обоснования и выбора трасс трубопроводов на топографическом плане объекта водоснабжения, т.е. **трассировки сетей.**

Главным принципом трассировки линий водопроводной сети является обеспечение водой всех водопотребителей.

**Водоводы**, подающие воду от насосных станций (**водопитателей**) к объекту водоснабжения, трассируют, исходя из следующих соображений:

- расстояние от водопитателя до сети должно быть минимальным;
- водовод должен проходить по местности с минимальным числом промышленных предприятий;
- водоводы следует прокладывать вблизи автодорог для облегчения их обслуживания;
- трасса водоводов должна иметь санитарно-защитную полосу.

Количество линий водоводов надлежит принимать с учетом категории надежности системы водоснабжения и очередности строительства.

Трассировку **водопроводных сетей** на территории объекта водоснабжения начинают с детального изучения рельефа местности, планировки объекта водоснабжения, учитывая расположение улиц, проездов, парков, размеры снабжаемой водой территории; изучается размещение жилых районов и отдельных водопотребителей. При этом определяют места примыкания водоводов к сети, рельеф территории для выбора места расположения регулирующих емкостей, разницу максимальных и минимальных отметок для установления необходимости зонирования, наличие естественных и искусственных препятствий.

**Магистралы** выбирают из числа линий, идущих в направлении движения основной массы воды. Они должны обслуживать всех крупных водопотребителей, быть равномерно распределены по территории города и передавать воду к регулирующим емкостям (например, водонапорным башням).

Для надежности водообеспечения по основному направлению прокладывают не менее двух параллельных магистральных линий с расстоянием между ними, примерно равным 400...800 м. Основные магистралы соединяют **перемычками**, обычно через 600...1200 м. Магистральные линии обычно прокладывают по наиболее возвышенным точкам рельефа.

Расположение водопроводных сетей зависит от следующих условий:

- размещения источников водоснабжения, планировки населенного места или промышленного предприятия, размеров жилых кварталов и т. п.;

- наличия естественных и искусственных препятствий для прокладки труб (рек, каналов, оврагов, железнодорожных путей и т. п.);
- начертания сети в плане (конфигурации).

По конфигурации в плане водопроводные сети подразделяют на *тупиковые*, *кольцевые* и *комбинированные*.

**Тупиковые сети** состоят из магистральной линии и ответвлений, которые отходят к водопотребителям в виде тупиковых участков. Преимуществом таких сетей являются минимальные затраты на строительство, однако они являются менее надежными для бесперебойной подачи воды.

**Кольцевые сети** состоят из замкнутых смежных контуров (*колец*). Такие сети обладают большей надежностью, чем тупиковые. В кольцевых сетях выключение одного или нескольких участков может быть компенсировано подачей воды по параллельным магистралям и перемычкам.

**Комбинированные сети** представляют собой сочетание двух первых типов сетей в разных частях населенного пункта.

**Подготовка к гидравлическому расчету.** После трассировки магистральную водопроводную сеть разбивают на отрезки – **расчетные участки**. Точки начала или конца участков назначают в местах подключения водоводов от насосных станций или водонапорной башни, в местах отбора воды крупными водопотребителями, а также в местах пересечений и ответвлений магистралей.

Точку отбора воды из сети или место ответвления потоков называют **гидравлическим узлом**. Обычно для упрощения принимают условную схему водоотбора, которая означает равномерную отдачу воды магистральной сетью в распределительную сеть.

К гидравлическим узлам «привязывают» все виды расхода воды из сети, т.е. *сосредоточенные расходы*, забираемые крупными водопотребителями, и *путевые расходы* (домовые ответвления, а также подключения распределительных линий и водоразборных колонок). Такие расходы называются **узловыми отборами**. Узловые отборы определяются для нескольких характерных режимов подачи воды (в час максимального потребления воды, час минимального водопотребления и др.).

Таким образом, составляется **расчетная схема** водопроводной сети, состоящая из участков, связанных между собой узлами с известными отборами воды. На расчетной схеме указываются длины расчетных участков (в соответствии с масштабом), величины и места отбора сосредоточенных расходов и узловых отборов.

**Гидравлический расчет наружных водопроводных сетей.** Основной задачей гидравлического расчета водопроводной сети является определение диаметров труб и потерь напора на всех расчетных участках при определенных значениях узловых отборов.

Дополнительным условием для проведения расчетов является обеспечение в точках потребления **требуемого свободного напора** – пьезометрическо-

го давления, необходимого для подъема воды на требуемую высоту (например, на верхний этаж жилого здания). При расчете в узлах сети определяются свободные напоры, которые должны быть в итоге не меньше минимального заданного значения.

Кроме того, в ходе расчета находится высота водонапорных башен и напор насосов, подающих воду в сеть.

Гидравлический расчет трубопроводов на участках включает три этапа:

*1 этап* – ориентировочное распределение расходов воды по участкам сети при соблюдении баланса расходов в узлах сети (первый закон Кирхгофа), которое называется **начальное потокораспределение**.

*2 этап* – выбор оптимальных диаметров при условии обеспечения минимальных затрат на строительство и эксплуатацию. Для упрощения расчетов выбор можно делать по *экономическим скоростям* течения в трубах.

*3 этап* – расчет действительного распределения расходов по участкам и определение потерь напора в трубопроводах при соблюдении второго закона Кирхгофа (применимого только для кольцевых сетей).

В случае кольцевых водопроводных сетей нахождение действительных расходов воды (и потерь напора) по ее участкам называется **увязка сети**.

Первый закон Кирхгофа, выражающий баланс расходов в узле, имеет вид:

$$\sum q_{i-k} + Q_i = 0, \quad (1)$$

где  $q_{i-k}$  – расходы в участках сети, примыкающих к узлу;  $Q_i$  – отбор в этом узле. При этом считается, что расходы, приходящие к узлу, имеют знак «+», а уходящие от узла (в том числе отборы) – знак «-».

В кольцевых сетях при расчете необходимо соблюдать и второй закон Кирхгофа, который учитывает сумму потерь напора в каждом из колец:

$$\sum h_j = 0, \quad (2)$$

где  $h_j$  – потери напора на участках, входящих в кольцо сети (потери на тех участках, в которых вода движется в направлении по часовой стрелке, берутся со знаком «+», а против часовой стрелки – со знаком «-»).

Потери напора в трубопроводе на участке определяются по формуле:

$$h_j = S_{i-k} q_{i-k}^2, \quad (3)$$

где  $S_{i-k}$  – гидравлическое сопротивление трубопровода, которое зависит от его материала, диаметра и скорости течения воды.

Для увязки сети методом последовательного приближения (итераций) перераспределяют расходы, добиваясь минимальной невязки (т.е. суммы) потерь напора в каждом контуре (обычно не более 0,5 м).

Математически задача определения расходов на  $n$  участках сети сводится к решению системы уравнений, которая состоит из  $m$  линейных уравнений баланса расходов в узлах и  $(k-1)$  нелинейных уравнений баланса потерь напора в замкнутых контурах сети. Здесь  $m$  – число узлов,  $k$  – количество контуров.

Решение такой системы уравнений делается только приближенными методами и в случае многокольцевых сетей представляет собой трудоемкую и громоздкую работу. Для компьютерного гидравлического расчета водопроводных сетей существует целый ряд приложений (ZuluHydro, EPANET и др.), из которых в данном лабораторном практикуме рекомендуется использовать комплекс PLUMBING.WEB.

**Краткие сведения о PLUMBING.WEB.** Данный программный комплекс предназначен для компьютерного моделирования систем подачи и распределения воды. Является кроссплатформенным интернет-приложением, поэтому для работы с ним достаточно современного веб-браузера и соединения с ресурсом по адресу: <http://www.viv.vstu.edu.ru/cgi-bin/special/plumbing.web/plumbing.pl>.

Исходные данные, необходимые для гидравлического расчета водопроводных сетей, разбиты на пять разделов: *общие, узлы, участки, абоненты и источники*. Абоненты (водопотребители) подключаются к отдельному узлу или участку, источники (водопитатели) подключаются только к узлу. Исходные данные сохраняются в файле на сервере.

После запуска расчета исходные данные автоматически проверяются на отсутствие ошибок и передаются на сервер. После успешного расчета его результаты передаются обратно веб-браузеру. Результаты расчета могут быть представлены в табличном или графическом виде.

Табличные формы содержат пять групп результатов: *узлы, участки, абоненты, источники и контуры*.

Предусмотрены две формы графического представления:

- продольный профиль свободных напоров по выбранному маршруту;
- тематическая карта-схема водопроводной сети.

Графики и карты генерируются в трех форматах: растровом PNG, векторном DXF или SVG.

**Внедрение объектов в чертеж AutoCAD.** С помощью *технологии связывания и внедрения объектов (OLE)*, можно копировать и размещать информацию из разных приложений в одном документе, который в этом случае называется **составным**.

При **внедрении** в составном документе (чертеже) размещается копия внедренных данных. Внедренные данные в составном документе могут редактироваться с помощью приложения, в котором они были созданы, исходный документ при этом не изменяется.

При **связывании** создается ссылка между данными в файле и составным документом. Если исходные данные модифицируются, для изменения объектов в документах требуется лишь обновление связей.

Для вставки OLE-объекта может быть использован один из способов:

- *копирование* или *вырезание* данных из файла и вставка их в чертеж;
- *импорт* существующего файла, созданного в другом приложении;
- *открытие* другого приложения из чертежа и создание в нем данных.

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

---

Изучение основ трассировки и гидравлического расчета водопроводной наружной сети с использованием САПР.

## ЗАДАНИЕ

---

*Стандартная сложность*

1. Нанести схему водопроводной сети на топокарту населенного пункта.
2. Определить координаты узлов сети и измерить длины участков.
3. Сделать гидравлический расчет сети на режим работы в час максимального транзита в водонапорную башню.
4. Поместить на чертеж AutoCAD исходные данные и результаты расчетов.

*Повышенная сложность (дополнительное задание)*

Провести гидравлический расчет сети на режим работы в час максимального водопотребления.

## МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ

---

Откройте Ваш ранее сохраненный файл с картой.

**Трассировка водопроводной сети.** Выключите слои СЕТКА и СЕТКА МСК. На слое ВОДОПРОВОД для основного населенного пункта сделайте трассировку кольцевой водопроводной сети с контррезервуаром, состоящую из 4 контуров (колец), 14 участков и 11 узлов.

При трассировке руководствуйтесь учебным материалом, изложенным во введении к лабораторной работе.

На сети должно находиться 9 узловых отборов, водонапорная башня и насосная станция. Принципиальная конфигурация сети приведена на рис. 2.17.

Для трассировки участков водопроводной сети рекомендуется применять инструмент *полилиния*. Используйте загруженный ранее тип линий Водопровод хоз-пит. Вес линий и цвет: Послою.

Условные знаки водонапорной башни и насосной станции сделайте в виде блоков. Узлы сети изобразите кружками диаметром 2 мм. Нанесите номера и названия узлов. Пример трассировки представлен на рис. 2.18.

**Определение координат узлов и длин участков сети.** Включите слой СЕТКА МСК. Кнопкой «Именованные» на панели ПСК (вкладка Вид) откройте диалоговое окно и установите текущей систему координат МСК.

На панели **Утилиты** (вкладка Сервис) кнопкой «Единицы» откройте диалоговое окно и установите точность измерения линейных единиц: 0.0.

Определите координаты узлов сети, последовательно наводя указатель мыши на центр каждого узла и считывая показания в левом нижнем углу строки состояния.

Откройте электронные таблицы (например, Microsoft Excel), наберите заголовков «*Координаты узлов и длины участков сети*» и занесите в табличной форме по форме 1 координаты X и Y всех узлов сети (включая водонапорную

башню и насосную станцию) в столбцы 2 и 3.

Для перевода полученных координат в метры (масштаб 1:25 000) в столбцах 4 и 5 умножьте на 25 значения из столбцов 2 и 3 и округлите до целого.

Форма 1

#### Координаты узлов сети

№ узла	Координаты на карте, мм		Координаты в МСК, м	
	X	Y	X	Y
НС	-63,5*	-1,6*	-1588*	-40*
1	...			
...				

\* показаны примерные значения

Измерьте длины всех участков сети, включая водоводы до водонапорной башни и насосной станции.

**ВНИМАНИЕ.** Длина одного участка определяется по сумме всех отрезков полилинии между узлами (т.е. не по прямой).

Измерить длину отрезка можно инструментом *расстояние* в панели **Сведения** вкладки **Сервис** (или командой меню **Сервис** ▶ **Сведения** ▶ **Расстояние**), а также через свойства полилинии.

Длины участков занесите в электронную таблицу по форме 2. Переведите значения длин в метры (столбец 3), также умножив их на 25, и округлите до целого.

Форма 2

#### Длины участков сети

№ участка	Длина участка	
	На карте, мм	На местности, м
НС-1	20,9*	523*
1-2	...	
...		

\* показаны примерные значения

Сохраните электронную таблицу в Вашей папке под именем «*Координаты узлов и длины участков*».

**Гидравлический расчет водопроводной сети.** Откройте веб-браузер и по ссылке <http://www.viv.vstu.edu.ru/cgi-bin/special/plumbing.web/plumbing.pl> перейдите на ресурс программного комплекса PLUMBING.WEB.

Сведения о координатах узлов и длинах участков возьмите из сохраненной электронной таблицы; остальные данные приведены в Приложениях: отборы в узлах и подачи источника, а также этажность – в табл. 3; материал труб на участках – в табл. 4; геодезические отметки узлов – в табл. 5.

Заполняйте данные и производите расчет в следующем порядке:

- Объект: Ваши фамилия и инициалы;
- Расчетный случай: номер Вашего варианта;
- флажок Оптимизация для всей сети: включите;
- флажок Необходимый напор для всей сети один и тот же: включите;
- Нижняя граница диаметров труб: 100 мм;
- Необходимый напор для всех абонентов: определяется в зависимости от этажности зданий (10 метров на первый этаж и по 4 метра на остальные);
- вкладка Узлы: введите номера всех узлов (включая НС и ВБ), геодезические отметки и координаты в МСК;
- вкладка Участки: введите номера узлов начала и конца участка, выберите заданный материал труб (условный проход для магистралей укажите 300 мм, для перемычек – 100 мм);
- вкладка Абоненты: номера узлов отбора, узлы подключения и отборы;
- вкладка Источники: номер источника (т.е. НС), узел подключения и подачу;
- нажмите кнопку **Запуск расчета** для начала вычислений;
- просмотрите результаты расчета в табличной форме;
- сохраните введенные данные в файле на сервере (меню **Файлы** ▶ **Сохранить**) под Вашей фамилией.

ВНИМАНИЕ. Не закрывайте браузер с расчетной программой до конца выполнения лабораторной работы.

**Сохранение результатов расчета в табличной форме.** Откройте текстовый редактор, создайте и заполните две следующие таблицы (шрифт: Times New Roman, размер: 13 пунктов).

*Форма 3*

**Узлы водопроводной сети**

№	Подача, л/с	Отбор, л/с	Геодезическая отметка, м	Координаты в МСК		Свободный напор, м
				X, м	Y, м	
НС	250*	–	180*	-1588*	-40*	34,82*
1	–	21*	181*	-1123*	198*	33,04*
...						

\* показаны примерные значения

*Форма 4*

**Участки водопроводной сети**

№	Длина, м	Расход, л/с	Условный проход, мм	Скорость, м/с	Потери напора, м
НС-1	523*	250*	600*	0,8389*	0,7795*
...					

\* показаны примерные значения

Сохраните документ с таблицами в Вашей папке.

**Оформление карты с водопроводными сетями.** Откройте файл **A3.dwg**, находящийся в разделе «Библиотека» ЭУМКД, который содержит блок с основной надписью и рамкой формата А3. Скопируйте блок «ШТАМП А3» и поместите его относительно карты с водопроводной сетью по примеру на рис. 2.19.

**ВНИМАНИЕ.** Ни в коем случае не сдвигайте и не масштабируйте топографическую карту.

Заполните поля атрибутов блока по примеру на рис. 2.20. Дополните условные обозначения к карте поселка с водопроводной сетью – рис. 2.21.

**Размещение таблиц с результатами расчета.** Справа от рамки А3 (с картой и схемой сети) разместите еще один блок «ШТАМП А3».

Установите текущим слой НАДПИСИ. Кнопкой «**OLE-объект**» панели **Данные** (вкладка **Блоки и ссылки**) откройте диалоговое окно **Вставка объекта**. В нем включите флажок «*Создать из файла*», затем найдите в Вашей папке на общем диске сервера текстовый документ (содержащий две таблицы по форме 3 и 4) и загрузите его.

На экране появятся две таблицы из тестового документа, выделенные рамкой с ручками по углам. Разместите эти таблицы в рамке А3. При необходимости уменьшите размеры таблиц до нужного размера.

Заполните основную надпись блока, указав в поле «Чертежи» название: *Результаты расчета водопроводной сети* (рис. 2.22).

**Размещение карты-схемы водопроводной сети.** В окне браузера с программой PLUMBING.WEB выберите кнопку «**Карта-схема**», просмотрите получившуюся карту-схему сети в масштабе 1:10 000, выберите опцию «*Свободные напоры как изолинии*» и нажмите кнопку «**Экспорт карты-схемы в формате DXF**». В появившейся панели загрузки файла выберите кнопку «**Открыть**». После загрузки карты-схемы в приложение САПР, скопируйте ее.

При необходимости для правильного отображения надписей карты-схемы измените текстовый стиль **Standard**, установив в нем шрифт Arial.

Перейдите в основной документ с картой и рядом с ней вставьте еще один блок «ШТАМП А3». Разместите в его рамку скопированную карту-схему водопроводной сети. Заполните основную надпись с названием: *Карта-схема водопроводной сети* (рис. 2.23).

**Размещение профиля свободных напоров.** Аналогично предыдущей создайте рамку формата А3, разместите на нем профиль свободных напоров по маршруту 1–2–5–4–1 (или любому другому замкнутому контуру сети).

Заполните основную надпись с названием: *Профиль свободных напоров* (рис. 2.24).

**Гидравлический расчет сети на режим работы в час максимального**

**водопотребления (повышенная сложность).** Откройте в программе PLUMBING.WEB файл с Вашими данными к гидравлическому расчету и сохраните его под новым именем, добавив к старому «режим 2», например: «Иванов, режим 2».

Увеличьте отборы абонентов в узлах сети №№1–9 на 20%, а абонента ВБ (отбор в башне) отключите. Добавьте еще один источник с названием *ВБ1*, подключите его к узлу ВБ. Назначьте этому источнику подачу, равную разности суммы новых отборов в узлах и подачи насосной станции.

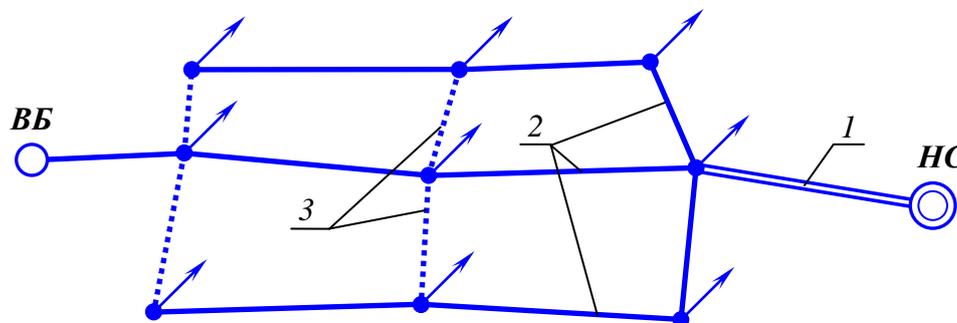
В общих данных обязательно отключите флажок Оптимизация для всей сети (в этом случае в ходе расчета диаметры трубопроводов оптимизироваться не будут).

Сделайте гидравлической расчет водопроводной сети и оформите таблицы с результатами и профиль свободных напоров на отдельных рамках-листах формата А3.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные принципы трассировки водопроводных сетей.
2. Чем водоводы отличаются от магистральных линий?
3. Охарактеризуйте виды сетей по начертанию в плане.
4. Назовите этапы подготовки к гидравлическому расчету наружных водопроводных сетей.
5. Каковы цели гидравлического расчета водопроводных сетей?
6. В какой последовательности проводят гидравлический расчет?
7. Какие виды исходных данных необходимы для гидравлического расчета в программе PLUMBING.WEB?
8. Назовите формы представления результатов расчета водопроводной сети в PLUMBING.WEB.
9. Чем отличается внедрение от связывания объектов?
10. Расскажите о способах определения координат и расстояний в САПР AutoCAD.

## РИСУНКИ И СХЕМЫ



**Рис. 2.17. Общая конфигурация водопроводной сети населенного пункта**

*ВБ* – водонапорная башня, *НС* – насосная станция,  $\nearrow$  – узловой отбор

*1* – водоводы, *2* – магистрали, *3* – перемычки

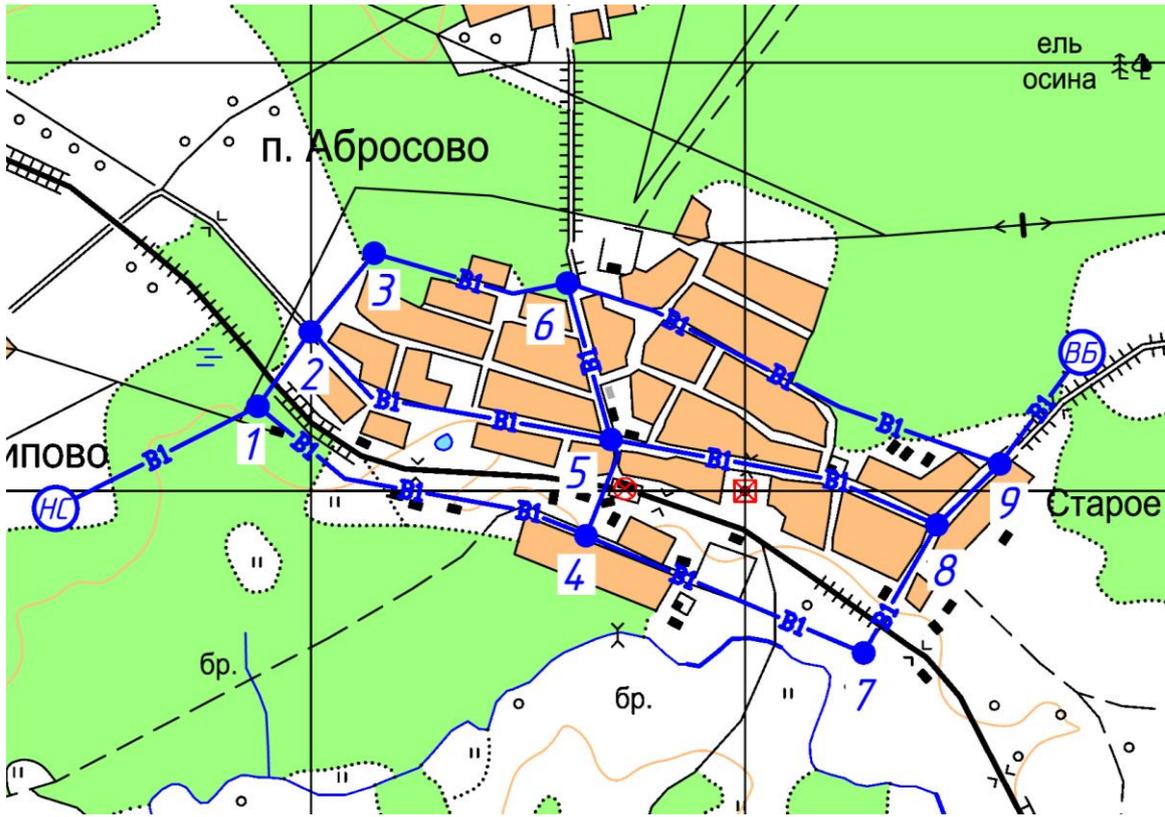


Рис. 2.18. Трассировка водопроводной сети поселка

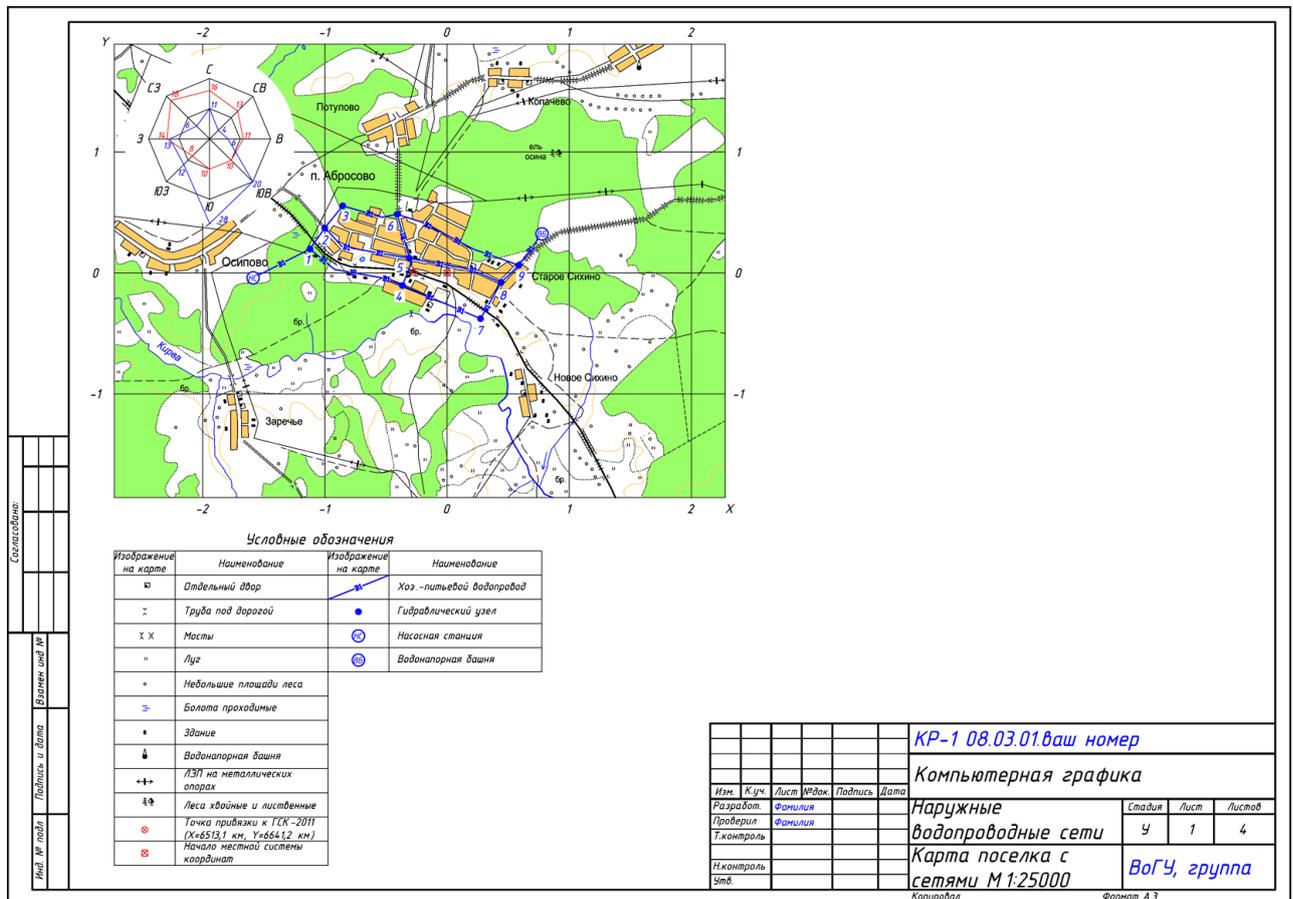


Рис. 2.19. Лист А3 с картой местности и схемой водопроводной сети

						<i>КР-1 08.03.01.ваш номер</i>					
						<i>Компьютерная графика</i>					
<i>Изм.</i>	<i>К.уч.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ док.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Наружные</i>			<i>Стадия</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разработ.</i>	<i>Фамилия</i>					<i>водопроводные сети</i>			<i>У</i>	<i>1</i>	<i>4</i>
<i>Проверил</i>	<i>Фамилия</i>					<i>Карта поселка с</i>			<i>ВоГУ, группа</i>		
<i>Т. контроль</i>						<i>сетями М 1:25000</i>					
<i>Н. контроль</i>											
<i>Утв.</i>											

Рис. 2.20. Основная надпись листа А3 с картой

	<i>Хоз.-питьевой водопровод</i>
	<i>Гидравлический узел</i>
	<i>Насосная станция</i>
	<i>Водонапорная башня</i>

Рис. 2.21. Дополнения к условным обозначениям

Узлы водопроводной сети						
№	Подача, л/с	Отбор, л/с	Геодезическая отметка, м	Координаты в МСК		Свободный напор, м
				Х, м	У, м	
НС	250	-	180	-1588	-40	34,82
1	-	21	181	-1123	198	33,04
2	-	39	182	-1003	373	31,65
3	-	33	183	-855	555	29,68
4	-	27	184	-368	-105	27,6
5	-	45	184	-310	120	26,77
6	-	9	183	-410	485	28,31
7	-	21	183	273	-378	25,18
8	-	31	184	443	-80	22,67
9	-	14	185	588	63	21,66
ВБ	-	10	186	778	323	18

Участки водопроводной сети					
№	Длина, м	Расход, л/с	Условный проход, мм	Скорость, м/с	Потери напора, м
НС-1	523	250	600	0,8389	0,7795
1-2	213	172,3	500	0,8239	0,3866
1-4	835	56,71	300	0,7466	2,441
2-3	235	68,31	300	0,8993	0,9686
2-5	768	64,97	300	0,8553	2,885
3-6	460	35,31	250	0,6651	1,373
4-5	243	4,053	100	0,3971	0,8321
4-7	695	25,66	200	0,748	3,418
5-6	378	2,519	100	0,2468	0,5552
5-8	783	26,54	200	0,7737	4,098
6-9	1085	23,79	200	0,6936	4,645
7-8	343	4,661	100	0,4567	1,51
8-9	203	0,2062	100	0,0202	0,00395
9-ВБ	323	10	125	0,7198	2,664

						<i>КР-1 08.03.01.ваш номер</i>					
						<i>Компьютерная графика</i>					
<i>Изм.</i>	<i>К.уч.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ док.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Наружные</i>			<i>Стадия</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разработ.</i>	<i>Фамилия</i>					<i>водопроводные сети</i>			<i>У</i>	<i>2</i>	<i>4</i>
<i>Проверил</i>	<i>Фамилия</i>					<i>Результаты расчета</i>			<i>ВоГУ, группа</i>		
<i>Т. контроль</i>						<i>водопроводной сети</i>					
<i>Н. контроль</i>											
<i>Утв.</i>											

Рис. 2.22. Лист А3 с результатами расчета

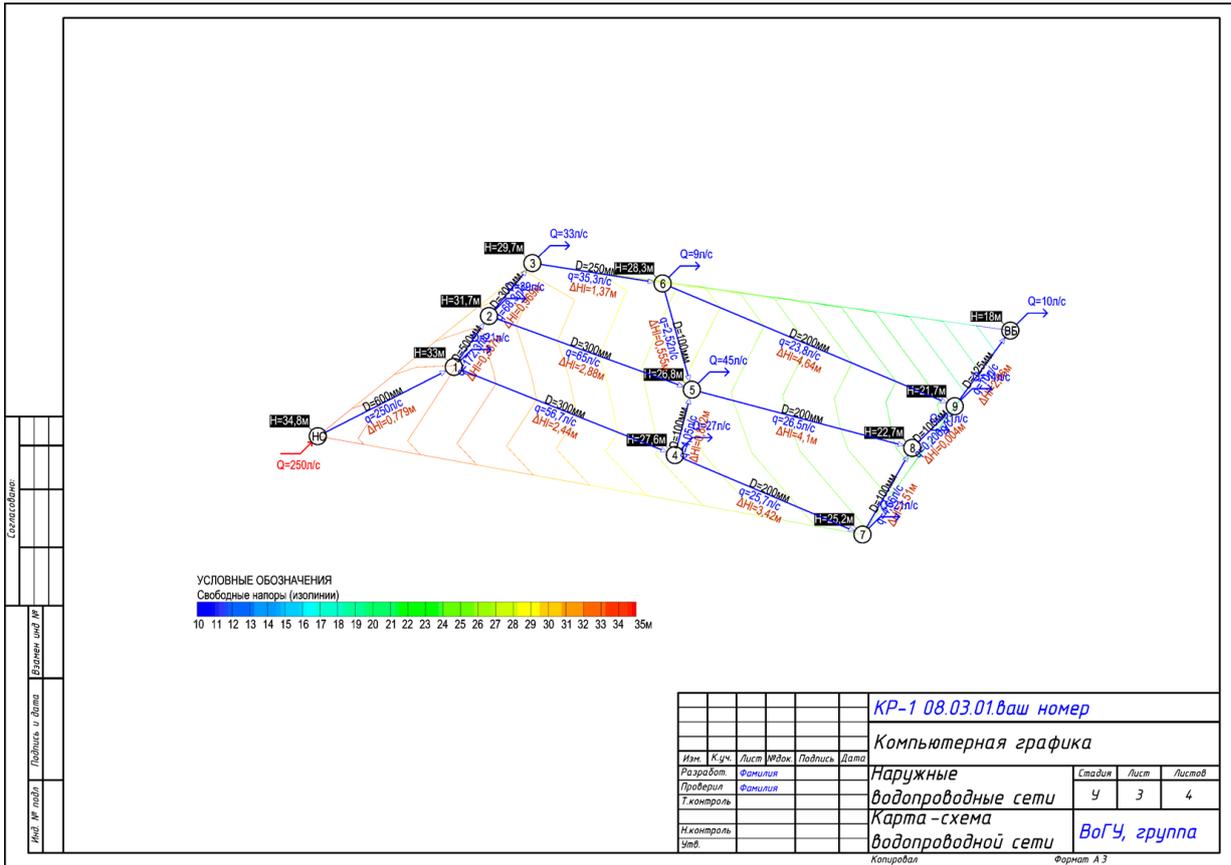


Рис. 2.23. Лист А3 с картой-схемой водопроводной сети

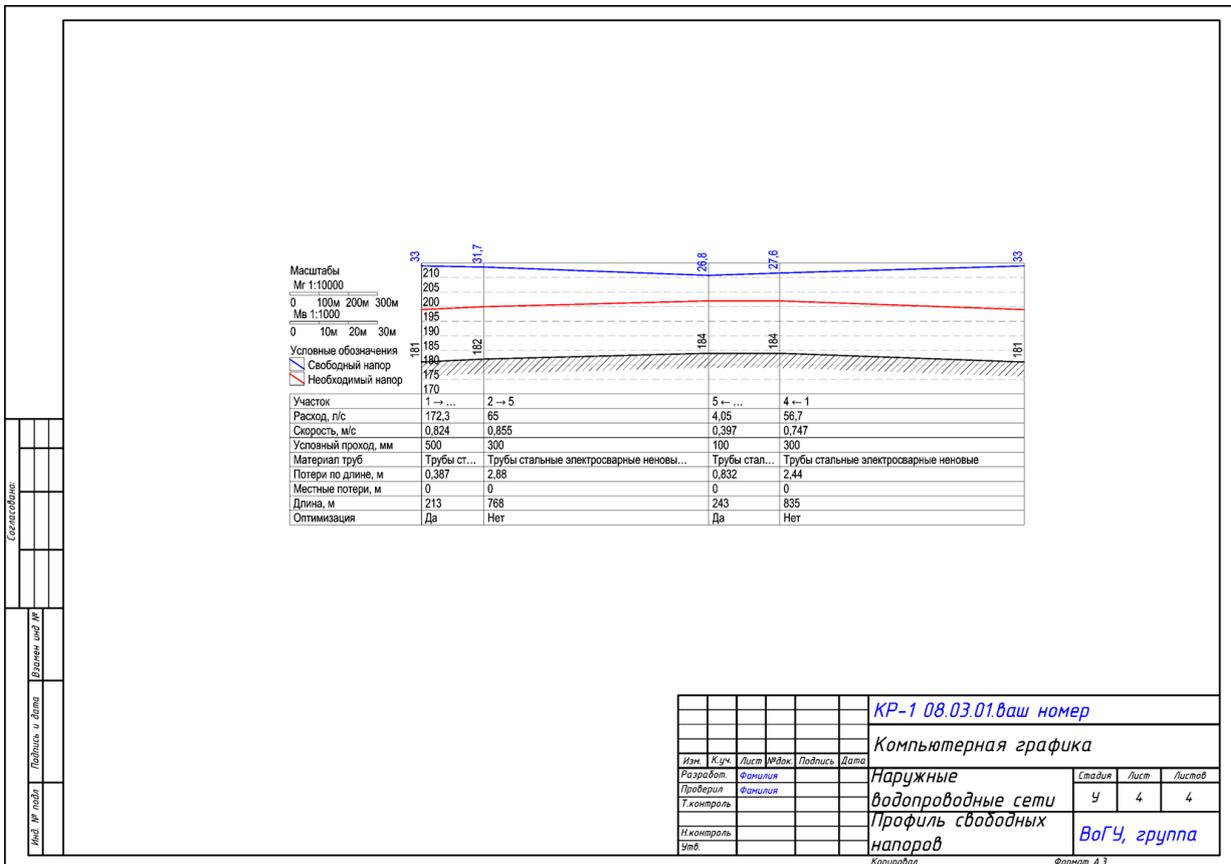


Рис. 2.24. Лист А3 с профилем свободных напоров

# Лабораторная работа № 10. Основы трёхмерной графики

8 часов

## ВВЕДЕНИЕ

---

**Объекты для трехмерного моделирования.** Для моделирования предметов физического мира в САПР AutoCAD предназначены следующие трехмерные объекты: *тела, поверхности и сети*.

**Твердотельная** модель представляет собой тело, обладающее такими свойствами, как *масса, объем, центр тяжести и моменты инерции*. В AutoCAD существует несколько простейших трехмерных примитивов (например, конус, параллелепипед, шар, цилиндр, пирамида и др.).

Более сложные тела создаются в результате действия логических операций *сложения, вычитания и пересечения*, из процедур *выдавливания, вращения, построения по сечениям*, а также в результате *лофтинга*.

Модель **поверхности** – это тонкая оболочка, не имеющая массы или объема. В AutoCAD предусмотрено два типа поверхностей: *процедурные* поверхности и *NURBS-поверхности*. Модели поверхностей создают с помощью тех же инструментов, что и твердотельные, а также путем создания *перехода, замыкания, смещения, сопряжения и удлинения* других поверхностей.

Модель **сети** состоит из *вершин, ребер и граней*, в которых для определения трехмерной формы используется многоугольное представление. Сеть не имеет массы и, в отличие от тел и поверхностей, модели сети можно изменять такими способами, как *изгиб, разделение и сглаживание*.

Рабочей средой для всех операций в трехмерном пространстве является «3D моделирование». Инструменты для создания трехмерных объектов разных типов находятся на панелях «3D моделирование» и «Рисование» вкладки «Главная».

**Создание и редактирование трехмерных тел.** Создание твердотельных объектов часто начинается с одной или нескольких базовых форм (примитивов), которые затем можно изменять и различными способами объединять. Например, для создания *параллелепипеда (ящика)* можно указать два противоположных угла, основания и высоту.

Составные тела создаются на основе двух или нескольких тел, поверхностей или областей, с помощью любой из следующих команд:

- **объединение** – соединяет несколько тел или областей вместе в один объект;
- **вычитание** – вырезает из первого объекта область пересечения этого объекта с другими;
- **пересечение** – создание нового объекта из области пересечения нескольких тел.

Команда **выдавить** позволяет создать твердотельный объект путем удлинения выбранного плоского контура кривой линии вдоль назначенной траектории или оси Z. Разомкнутые кривые создают поверхности, а замкнутые

кривые – тела или поверхности.

Команда **вращать** создает трехмерный объект вращением плоских кривых вокруг заданной оси.

Команда **посечениям** выполняет построение трехмерного объекта между поперечными сечениями, которые определяют контур результирующего тела или поверхности. Поперечные сечения (в общем случае, кривые и линии) могут быть разомкнутыми (например, дуга) или замкнутыми.

С помощью команды **сдвиг** выполняется создание нового тела (или поверхности) сдвигом контура вдоль разомкнутой или замкнутой траектории. Такой метод часто называют *лофтингом*.

**Навигация в пространстве модели.** Инструменты навигации предназначены для изменения ориентации и вида модели. К ним относятся такие средства, как *видовой куб* и *штурвалы*.

**Видовой куб** дает визуальное представление текущей ориентации модели. С помощью видового куба можно переключаться между *стандартными* (сверху, снизу, спереди, сзади, слева, справа) и *изометрическими* видами (ЮЗ, ЮВ, СЗ, СВ изометрия), наклонить текущий вид или перейти к исходному виду модели, переключить параллельную и перспективную проекцию и т.д.

**Штурвалы** позволяют экономить время за счет объединения в одном интерфейсе различных инструментов навигации. Они содержат меню отслеживания и обеспечивают из одной точки доступ к различным инструментам двух- и трехмерной навигации. Можно выполнять *панорамирование*, *зумирование* или *изменение* текущего вида модели различными способами.

**Визуализация.** Очень важным фактором, влияющим на работу с геометрическими трехмерными объектами, является возможность отображения их кромок, граней и теней на видовом экране. Для этого существуют т.н. **визуальные стили** – набор управляющих параметров. Существуют пять предустановленных стилей:

- **2D каркас и 3D каркас**, при этом объекты представляются в виде отрезков и кривых (как кромки граней и тел);
- **3D скрытые** – объекты представляются в каркасном виде, при этом линии, относящиеся к задним граням, не отображаются;
- **реалистичные** – раскрашиваются объекты и сглаживаются кромки между гранями многоугольника, отображаются материалы поверхностей;
- **концептуальные** – для раскрашивания используется стиль грани «по Гучу», который менее реалистичен, но он лучше отображает подробности модели.

Инструменты для изменения параметров отображения моделей, освещенности и материалов находятся на панелях вкладки «Визуализация».

**Тонирование.** Целью процесса **тонирования** является создание плоского реалистичного изображения фотографического качества на основе трехмерных объектов сцены. Тонирование производится с помощью настроенного

пользователем освещения, применяемых материалов и особенностей окружающей среды (например, фона или тумана).

В AutoCAD можно использовать различные виды *освещения* (точечное, прожектор, удалённое), менять их расположение и свойства. Для придания реалистичности объектам применяют различные *материалы* и *текстуры*, которые накладываются на поверхности и грани.

Основные инструменты для тонирования объектов и настроек находятся на панели «Тонирование» вкладки «Вывод».

**Регулирование потребления и подачи воды [4].** В ходе проектирования систем хозяйственно-бытового и промышленного водоснабжения важной задачей является определение оптимального **регулирующего объема** водонапорной башни или напорного резервуара.

Регулирующий объем водонапорной башни или напорного резервуара используется при ступенчатой подаче насосных станций в системах водоснабжения, во-первых, для приема избытка воды в часы минимального водопотребления и, во-вторых, для восполнения недостатка подачи воды в периоды максимального водоразбора.

Насосные установки, как правило, работают в две ступени – в ночной период подача насосов значительно ниже, чем днем. Поэтому ночью башня накапливает воду, а днем – отдает накопленный запас в сеть. В определенный момент времени («час нулевого объема») происходит полное срабатывание регулирующего объема бака.

Ручной подбор регулирующей емкости является довольно трудоемкой задачей, поскольку требует неоднократного пересчета часовых значений подач насосов и остатков воды в емкости. В случае двухступенчатой подачи насосов целью расчета являются: *часы включения и отключения* одной из подач, *величины* обеих подач, а также значение *регулирующего объема*.

**Краткие сведения о WATERTANK.WEB.** Данная программа предназначена для расчета регулирующего объема водонапорных башен при двухступенчатой подаче насосной станции. Для работы с ним достаточно современного веб-браузера и соединения с ресурсом по адресу: <http://www.viv.vstu.edu.ru/cgi-bin/special/watertank.web/watertank.pl>.

В исходных данных следует ввести 24 значения потребления воды по часам суток, единицы измерения водопотребления по часам, суточное водопотребление.

После запуска расчета исходные данные автоматически проверяются на отсутствие ошибок и передаются на сервер. Результаты расчета могут быть представлены в табличном или графическом виде.

Таблицы с результатами выводятся в правой части главного окна, содержат разделы: *часовые расходы и объемы, подачи насосов* и *детали расчетного процесса*. Предусмотрены два вида графиков: обычный и интегральный.

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение основ трёхмерного моделирования в САПР.

## ЗАДАНИЕ

*Стандартная сложность*

1. Рассчитать регулирующий объем бака водонапорной башни.
2. Создать трёхмерную модель водонапорной башни.
3. Распечатать лист чертежей с моделью башни.

*Повышенная сложность (дополнительное задание)*

Добавить к модели материалы и текстуры, сделать рендеринг.

## МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ

**Расчет регулирующего объема бака водонапорной башни.** Откройте веб-браузер и перейдите на ресурс программы WATERTANK.WEB по следующей ссылке <http://www.viv.vstu.edu.ru/cgi-bin/special/plumbing.web/plumbing.pl>. Необходимые исходные данные к расчету находятся в табл. 5 и 6 Приложений.

Заполняйте данные в следующем порядке:

- объект: Ваши фамилия и инициалы;
- расчетный случай: номер Вашего варианта;
- потребление по часам суток (табл. 7 Приложений);
- суточное потребление (табл. 6 Приложений).

Затем нажмите кнопку **Запуск расчета** для расчета и просмотрите результаты расчета в табличной форме. Сохраните введенные данные в файле на сервере (меню **Файлы** ► **Сохранить**) под Вашей фамилией.

В текстовом редакторе составьте таблицу с результатами расчета по форме 5. Сохраните документ с таблицей в Вашей папке.

*Форма 5*

**Расчет регулирующего объема бака**

Часы суток	Потребление, %	Подача, %	Поступление в бак, %	Расход из бака, %	Остаток в баке, %
0-1	...	...	...	...	...
...					
23-24					
Сумма	100	100	...	...	—
<b>Регулирующий объем составляет: ... % (... кубм)</b>					

**Определение геометрических размеров бака.** Назначьте расчетный объем бака башни  $W_b$  на 20% больше регулирующего объема  $W_{рег}$ .

Рассчитайте по объему  $W_b$  диаметр  $D_b$  и высоту  $H_b$  бака водонапорной

башни, исходя из условия равенства диаметра и высоты бака башни. Высота ствола башни (от поверхности подножия до низа бака)  $H_6$  назначается равной максимальному свободному напору в узлах сети, рассчитанному в предыдущей лабораторной работе. Округлите получившиеся величины.

**Подготовка к моделированию.** Для выполнения модели водонапорной башни создайте в САПР новый файл и сохраните его под именем «*Фамилия студента, модель башни*» в Вашей папке на общем диске сервера.

Включите режим объектных привязок (*Конточка, Середина, Центр, Квадрант, Пересечение, Продолжение, Кажущееся пересечение, Параллельно*), а также полярного и объектного отслеживания.

Создайте слои, на которых будут размещены части модели: ПОДНОЖИЕ, СТОЛ, ПЛИТА, БАК, КОРПУС, КРОВЛЯ, РАЗМЕРЫ.

Включите рабочее пространство «**3D моделирование**», на панели **Вид** выберите из списка визуальных стилей стиль «*3D каркас*», затем в списке **Управление видами** выберите «*ЮЗ изомерия*».

**Создание частей модели водонапорной башни.** Трехмерная модель водонапорной башни создается в масштабе 1:10 (т.е. в 1 мм – 1 см) из частей, приведенных на рис. 2.25: *подножие, ствол, плита, бак, корпус, кровля*. Каждая часть должна быть размещена на соответствующем слое.

1. Подножие. Нарисуйте заготовку – квадрат с размером стороны 500 мм. Затем инструментом *выдавить* (панель **3D моделирование**) преобразуйте заготовку в усеченную пирамиду, задав опции – угол сужения:  $40^\circ$  и высоту: 50 мм, по примеру на рис. 2.27 а. Просмотрите модель, используя визуальный стиль «*Концептуальный*». Для изменения вида используйте ребра и грани видового куба (правый верхний угол экрана).

2. Стол. С помощью инструмента *цилиндр* создайте две заготовки ствола башни радиусом 125 мм и 100 мм с высотой, равной рассчитанному свободному напору у водонапорной башни (см. результаты предыдущей работы). Совместите цилиндры (используя только объектную привязку), затем командой *вычитание* (панель **Редактирование тела**) сделайте вырез внутри первого – рис. 2.27 б.

3. Плита. Определите диаметр плиты  $D_n$  как увеличенный на 1 м диаметр  $D_6$  бака. Округлите его до целого в большую сторону. Толщина плиты – 0,3 м (в масштабе – 30 мм). Инструментом *цилиндр* и командой *вычитание* создайте цилиндрическую плиту-основание бака с круглым вырезом 0,5 м в центре – рис. 2.28 а.

4. Бак. По рассчитанным диаметру  $D_6$  и высоте  $H_6$  создайте цилиндр – модель бака. Измерьте объем цилиндра инструментом *геометрия и масса* панели **Сведения** (вкладка **Сервис**). Для перевода получившегося значения в  $\text{м}^3$  разделите его на  $10^6$ .

Рассчитанный объем и действительное значение не должны значительно отличаться. В противном случае проверьте расчеты и создайте новый цилиндр.

5. Корпус с вырезом  $90^\circ$ . Нарисуйте две окружности, наружную – диаметром  $D_n$  и внутреннюю – на  $0,3$  м меньше. Нарисуйте два отрезка от центра к квадрантам и сделайте вырез – см. рис. 2.28, б. Затем инструментом *выдавить* на высоту  $H_b$  преобразуйте заготовку в цилиндрический корпус с вырезом.

6. Кровля с вырезом  $90^\circ$ . Нарисуйте окружность диаметром, на  $1$  м больше диаметра плиты  $D_n$ , сделайте в ней вырез, затем инструментом *выдавить* (с опциями угол сужения:  $60^\circ$  и высота: 1000 мм) получите коническую модель кровли с вырезом – рис. 2.28 в.

**Сборка и раскрашивание модели.** Переключитесь на визуальный стиль «3D каркас» и «соберите» из созданных объектов модель башни (для облегчения соединения ствола и подножия можно нарисовать на последнем окружность по трем точкам) – рис. 2.29.

Переключитесь на визуальный стиль «Реалистичный» и окрасьте части башни: подножие – в светло-зеленый цвет; ствол, плиту и корпус – в светло-серый цвет; бак – в светло-коричневый и кровлю – в светло-голубой цвет. Две грани выреза корпуса окрасьте в красный цвет. Для этого воспользуйтесь панелью **Свойства** (вкладка **Главная**).

**Подготовка листа чертежа и видовых экранов.** Выполните команду меню **Сервис** ▶ **Настройка**, на вкладке «Экран» включите флажок **Вкладки Модель и Лист**. В нижней части окна чертежа должны появиться указанные вкладки.

Измените название первого листа на **Башня** и настройте для него плоттер: HP Design Jet 450, формат листа: ISO A3, ориентацию чертежа: альбомную.

Откройте файл с блоком основной надписи **A3.dwg**, находящийся в разделе «Библиотека» ЭУМКД, скопируйте блок «ШТАМП А3» и поместите его на подготовленный лист. Заполните поля атрибутов блока по примеру на рис. 2.30.

Инструментом «**Многоугольный**» панели **Видовые экраны** (вкладка **Вид**) создайте три видовых экрана и разместите их согласно рис. 2.31. Установите для левого верхнего экрана вид «ЮЗ изометрия», для нижнего – «Сверху», для правого – «Спереди». Для каждого видового экрана установите отображение моделей **Без кромок** (панель **Эффекты кромок** вкладки **Визуализация**).

В итоге каждый видовой экран должен содержать один вид водонапорной башни. Рекомендуется установить для изометрического вида и бокового вида масштаб видового экрана  $1:20$ , для вида сверху –  $1:10$ .

**Нанесение размеров.** Создайте новый размерный стиль ГОСТ с параметрами: вид стрелок: Наклон, текстовой стиль: ГОСТ, высота цифр: 2,5 мм; точность: 0; масштаб измерений: 10.

В соответствующем слое нанесите размеры на вид башни сверху и спереди по примеру на рис. 2.32. Все размеры должны быть в пространстве листа.

**Вывод листа на печать.** Кнопкой **Печать** на панели **Печать** (вкладка

**Вывод**) откройте диалоговое окно печати, выберите плоттер: HP Design Jet 450, формат листа бумаги: A3, ориентацию: альбомная. В списке **Качество** (печати видовых экранов) выберите *Максимум*.

Нажмите кнопку «**Просмотр**» для предварительного просмотра получившегося изображения. Если изображение соответствует размерам листа бумаги, нажмите кнопку «**ОК**» для распечатки на плоттере. В противном случае можно выбрать печать не всего листа, а рамки (поле **Что печатать**), выделить области печати и включить флажок **Центрировать**.

(При печати листа на принтере формата А4 необходимо также включить флажок **Вписать**).

**Добавление материалов, текстур и рендеринг (повышенная сложность)**. Примените к частям башни такие материалы, как *бетон, кирпич, газон, металл* и др. Для этого воспользуйтесь панелью **Материалы** (вкладка **Визуализация**), а также инструментальной палитрой **Материалы** в окне «**Инструментальные палитры**».

Добавьте дверь в основание ствола башни. Сделайте итоговое тонирование (рендеринг) с небесным фоном и освещением, используя инструменты панели **Визуализация** вкладки **Вывод**. Выберите качество тонирования: презентационное, формат: 1024×768. Сохраните изображение в Вашей папке. Пример такого изображения приведен на рис. 2.33.

Подготовьте новый лист **Рендеринг**, удалите из него видовой экран и разместите на нем рамку чертежа с основной надписью. Исправьте название в основной надписи: *результаты расчета и рендеринг*.

Поместите на лист таблицу с результатами расчетов и изображение водонапорной башни. Для этого воспользуйтесь панелями **Данные** и **Ссылка** (вкладка **Блоки и ссылки**). Выведите лист на печать.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Какие инструменты можно использовать для навигации в пространстве?
2. Дайте краткую характеристику объектов для трехмерного моделирования.
3. Чем поверхность отличается от трехмерного тела?
4. Какие способы применяются для создания трехмерных тел?
5. Какими инструментами можно редактировать трехмерные объекты?
6. Назовите этапы создания модели водонапорной башни.
7. Что такое визуализация?
8. Назовите цели и средства тонирования.
9. Назовите визуальные стили и дайте их характеристику.
10. В чем заключается назначение водонапорных башен?
11. Что такое регулирующий объем бака?
12. Что необходимо для работы с программой WATERTANK.WEB?

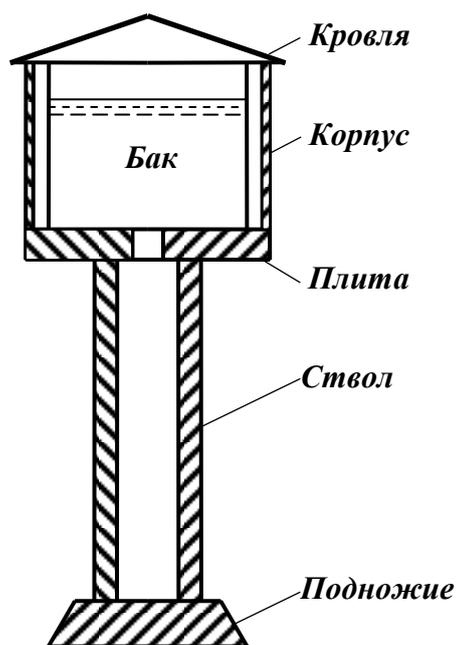


Рис. 2.25. Составные части модели водонапорной башни в разрезе

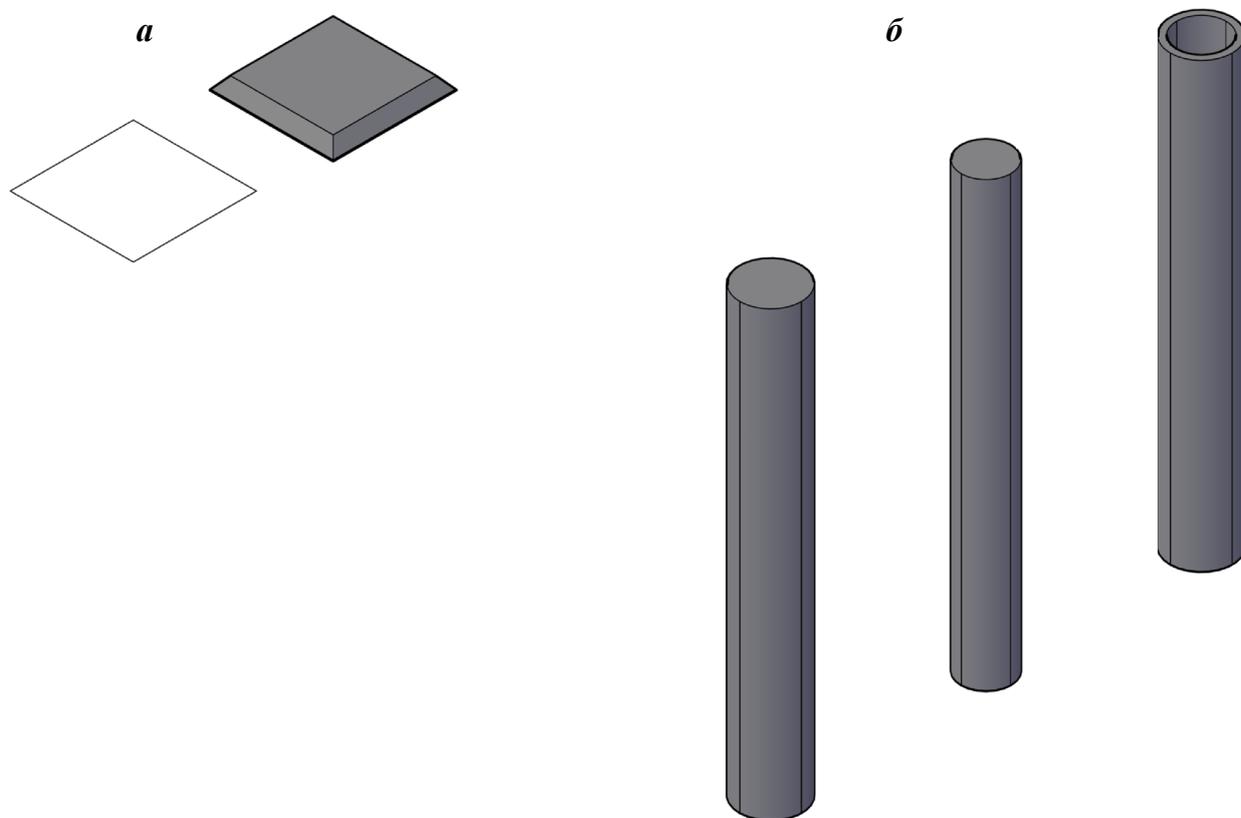
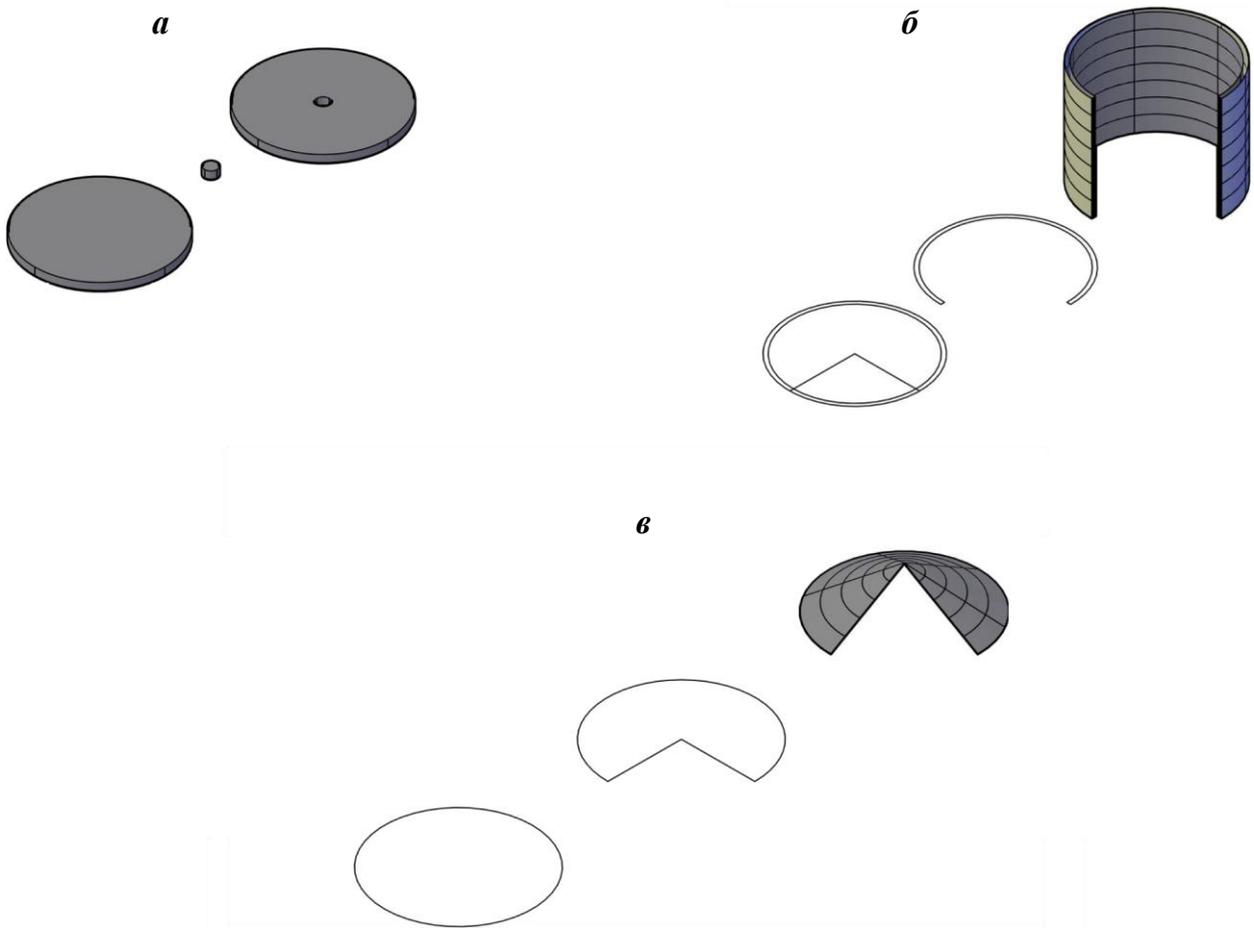
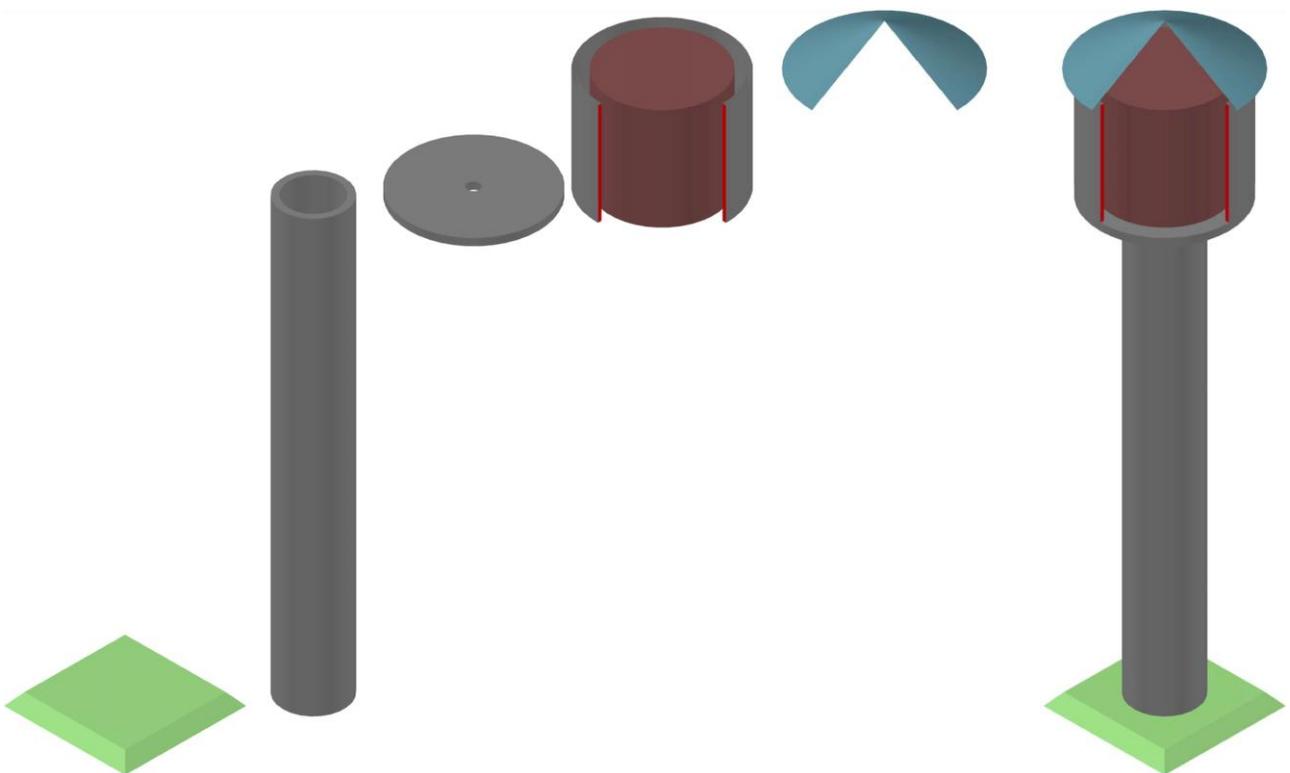


Рис. 2.26. Построение подножия (а) и ствола (б) башни



**Рис. 2.28. Построение плиты (а), корпуса (б) и кровли (в) башни**



**Рис. 2.29. Сборка модели башни**

						<i>КР-1 08.03.01.ваш номер</i>			
						<i>Компьютерная графика</i>			
<i>Изм.</i>	<i>К.уч.</i>	<i>Лист</i>	<i>№док.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Трёхмерное моделирование</i>	<i>Стадия</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разработ.</i>	<i>Фамилия</i>						<i>У</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
<i>Проверил</i>	<i>Фамилия</i>								
<i>Т.контроль</i>						<i>Водонапорная башня</i>	<i>ВоГУ, группа</i>		
<i>Н.контроль</i>						<i>... кцбм, ... м</i>			
<i>Утв.</i>									

Рис. 2.30. Заполнение основной надписи листа

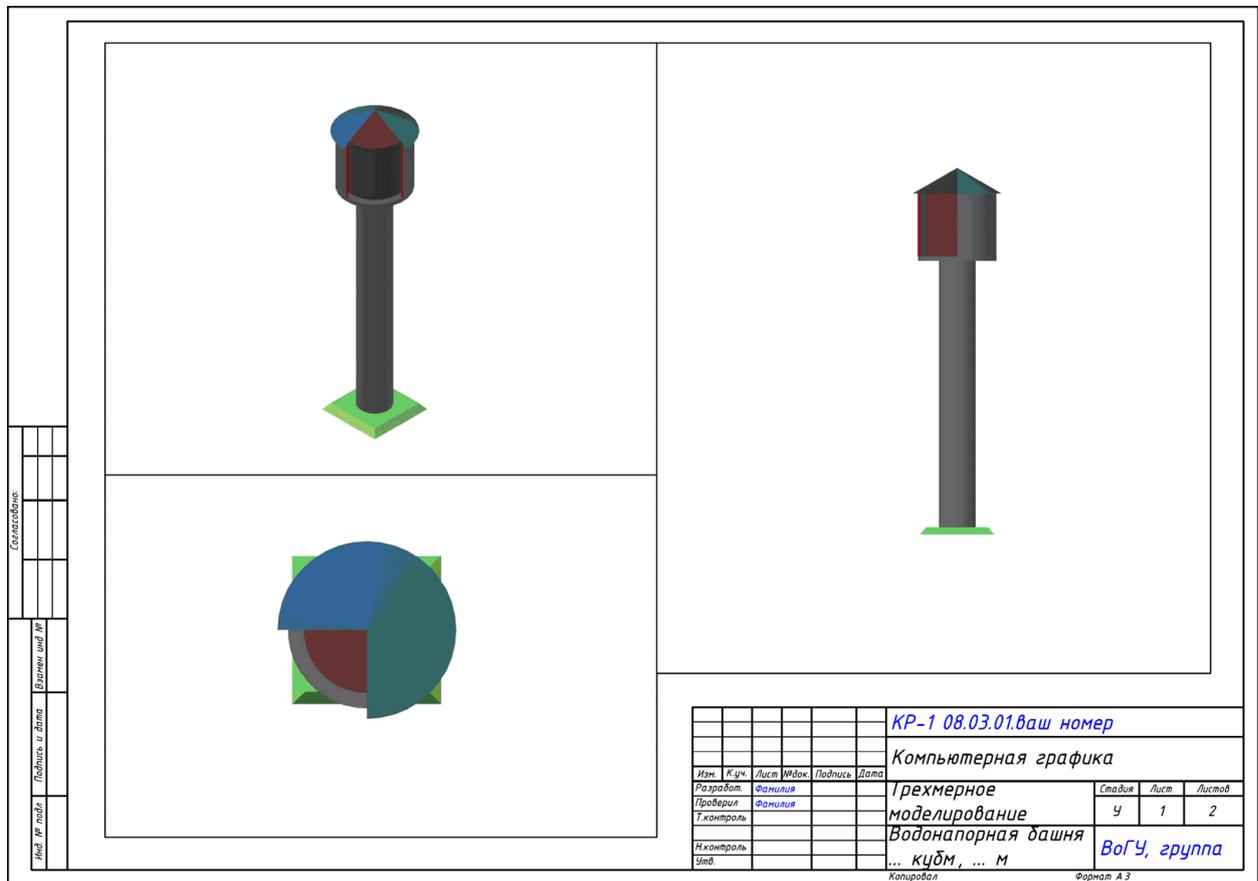
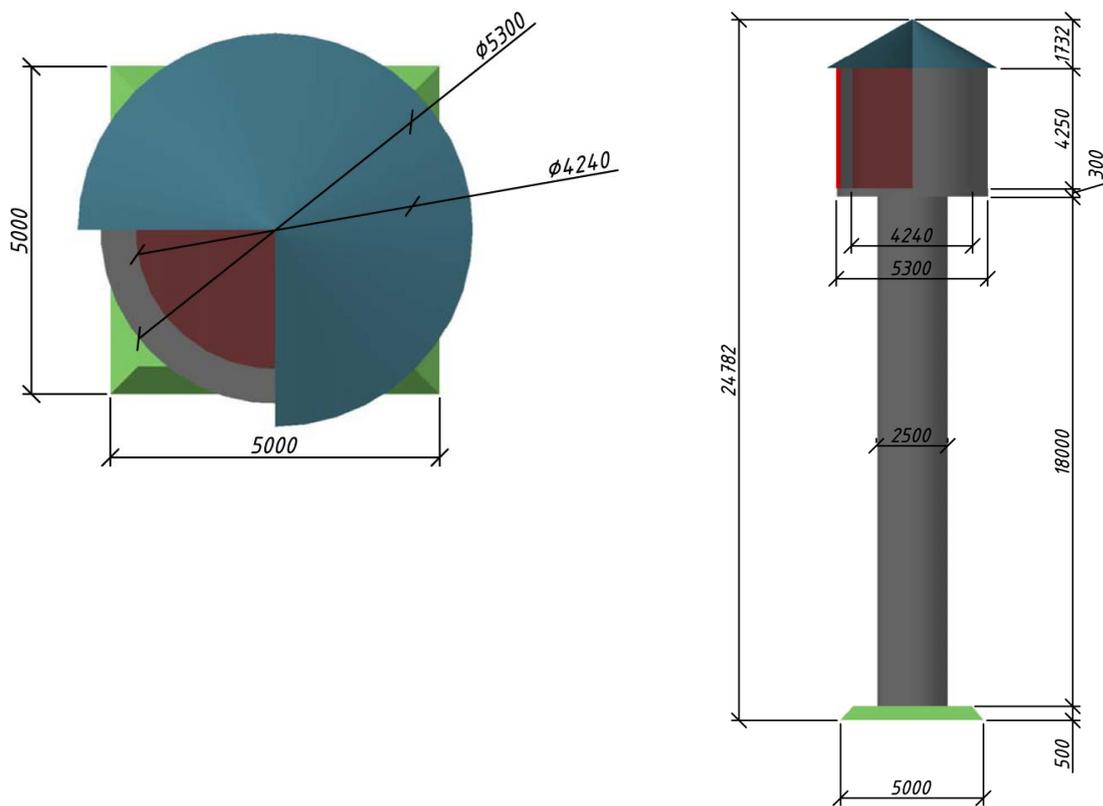
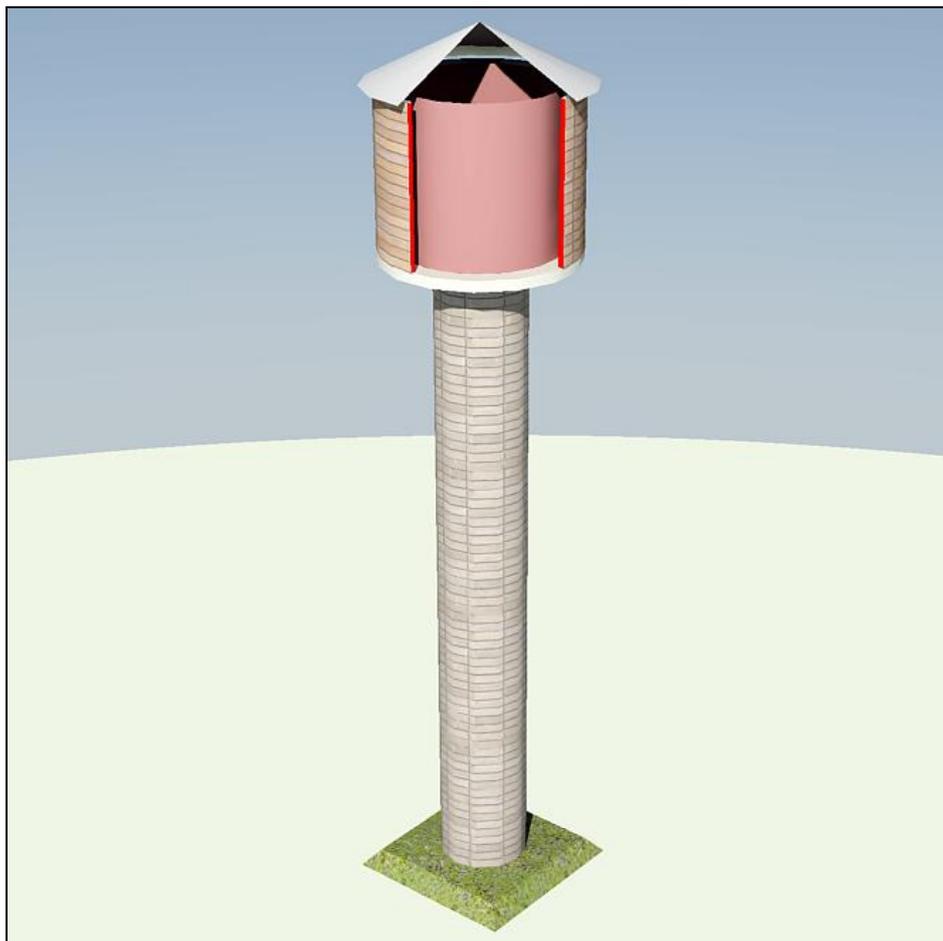


Рис. 2.31. Видовые экраны на листе



**Рис. 2.32. Виды башни с размерами**



**Рис. 2.33. Результаты тонирования модели башни**

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1

### Точки привязки топографических карт

№	Населенный пункт	Описание точки (номер листа 1:100 000)	Координаты ГСК-2011	
			X, км	Y, км
1	Пос. Вандыш, Архангельская обл.	Ж/д. мост в поселке (Р-37-105)	6 803,6	7 566,7
2	Сел. Васильевское, Вологодская обл.	Мост в дер. Малая Синега (Р-38-117)	6 759,5	8 579,7
3	Ж/д. ст. Дикая, Вологодская обл.	Здание ж/д. станции (О-37-031)	6 570,3	7 528,3
4	Пос. Ерцево, Архангельская обл.	Ж/д. станция в поселке (Р-37-117)	6 743,2	7 559,7
5	Пос. Кипелово, Вологодская обл.	Ж/д. станция в поселке (О-37-031)	6 568,9	7 508,3
6	Ж/д. ст. Костылево, Архангельская обл.	Ж/д. станция в поселке (Р-38-099)	6 774,6	8 404,5
7	Пос. Лежа, Вологодская обл.	Ж/д. станция в поселке (О-37-046)	6 536,2	7 601,7
8	Пос. Мелентьевский, Архангельская обл.	Ж/д. станция в поселке (Р-37-105)	6 776,1	7 569,4
9	Пос. Пролетарский, Вологодская обл.	Ж/д. мост через р. Явенга (Р-37-129)	6 721,4	7 563,4
10	Пос. Просница, Кировская обл.	Ж/д. станция в поселке (О-39-053)	6 480,4	9 455,1
11	Дер. Свирь, Ленинградская обл.	Мост через р. Сясь (О-36-007)	6 620,2	6 503,8
12	Ж/д. ст. Семигородняя, Вологодская обл.	Здание ж/д. станции (О-37-009)	6 633,8	7 565,5
13	Пос. Семушино, Кировская обл.	Ж/д мост через р. Сизма (О-39-054)	6 482,4	9 489,0
14	Сел. Сидорово, Вологодская обл.	Мост через р. Лежа в селе (О-37-046)	6 517,1	7 614,0
15	Пос. Скалино, Ярославская обл.	Ж/д. станция в поселке (О-37-057)	6 492,5	7 570,8
16	Пос. Слобода, Вологодская обл.	Ж/д. станция Мясниковка (О-37-045)	6 537,8	7 570,2
17	Пос. Солгинский, Архангельская обл.	Мост через реку в поселке (Р-37-106)	6 773,5	7 626,7
18	Пос. Сусоловка, Вологодская обл.	Ж/д. мост через р. Лименда (Р-38-119)	6 747,3	8 611,9
19	Пос. Торопово, Вологодская обл.	Мост через р. Колпь в поселке (О-36-024)	6 600,8	6 651,1
20	Дер. Травково, Новгородская обл.	Ж/д. станция у деревни (О-36-068)	6 466,0	6 541,3

Таблица 2

## Повторяемость ветра по румбам, %

№ варианта		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
1	лето	6	5	8	25	14	12	15	14	1
	зима	9	21	18	15	8	9	11	6	3
2	лето	10	6	7	13	16	19	17	12	0
	зима	14	12	18	20	13	6	10	7	0
3	лето	13	11	7	8	12	19	10	12	8
	зима	20	19	15	12	7	7	5	9	6
4	лето	18	5	2	11	20	13	11	15	5
	зима	8	13	20	15	15	13	11	5	0
5	лето	8	8	6	12	25	16	10	15	0
	зима	23	18	14	7	10	11	7	10	0
6	лето	5	8	4	11	20	18	17	11	6
	зима	20	11	15	6	8	5	7	7	21
7	лето	8	9	8	11	15	20	16	13	0
	зима	17	14	15	6	12	5	14	8	9
8	лето	4	8	9	9	15	18	17	14	6
	зима	23	10	16	7	4	10	11	15	4
9	лето	10	6	7	13	16	19	17	12	0
	зима	16	13	13	10	6	8	15	14	5
10	лето	7	7	5	9	20	19	15	12	6
	зима	21	11	13	12	8	9	14	12	0
11	лето	6	10	7	14	12	18	20	13	0
	зима	16	19	17	12	10	6	7	13	0
12	лето	9	11	6	9	21	18	15	8	3
	зима	20	13	11	15	18	5	2	11	5
13	лето	11	5	8	13	20	15	15	13	0
	зима	25	14	12	15	14	6	5	8	1
14	лето	10	11	7	10	23	18	14	7	0
	зима	25	16	10	15	8	8	6	12	0
15	лето	10	11	7	10	23	18	14	7	0
	зима	20	18	17	11	5	8	4	11	6
16	лето	12	5	14	8	17	14	15	6	9
	зима	9	15	18	17	14	9	8	4	6
17	лето	8	5	7	7	20	11	15	6	21
	зима	19	10	12	13	11	7	8	12	8
18	лето	15	4	10	11	23	10	16	7	4
	зима	20	19	15	12	7	7	5	9	6
19	лето	12	8	9	14	12	21	11	13	0
	зима	20	16	13	8	9	8	11	15	0
20	лето	13	10	6	8	15	14	16	13	5
	зима	19	17	12	10	6	7	13	16	0

Таблица 3

## Отборы и подача в узлах водопроводной сети, этажность зданий

№ варианта	Отборы, л/с, в узле номер...										Подача НС, л/с	Этажность
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ВБ		
1	21	39	33	27	45	9	21	31	14	10	250	2
2	18	37	30	25	55	24	10	12	18	11	240	3
3	16	40	27	23	40	22	12	9	29	12	230	3
4	14	12	15	10	22	24	22	14	9	8	150	2
5	10	15	23	10	19	9	9	16	12	7	130	1
6	12	27	24	12	20	22	15	17	9	22	180	1
7	15	35	26	14	10	33	21	23	11	12	200	2
8	13	21	28	17	33	27	23	25	10	13	210	2
9	17	10	28	19	11	8	7	15	17	8	140	3
10	5	21	15	13	15	10	11	6	7	7	110	2
11	17	10	28	19	11	8	7	15	17	8	140	3
12	16	40	27	23	40	22	12	9	29	12	230	4
13	13	21	28	17	33	27	23	25	10	13	210	3
14	15	35	26	14	10	33	21	23	11	12	200	3
15	12	27	24	12	20	22	15	17	9	22	180	2
16	18	37	30	25	55	24	10	12	18	11	240	3
17	5	21	15	13	15	10	11	6	7	7	110	3
18	10	15	23	10	19	9	9	16	12	7	130	1
19	14	12	15	10	22	24	22	14	9	8	150	2
20	21	39	33	27	45	9	21	31	14	10	250	1

Таблица 4

## Материал труб водопроводной сети

№ варианта	Материал труб на всех участках	№ варианта	Материал труб на всех участках
1	Электросварные новые	11	Полиэтиленовые напорные
2	Электросварные неновые	12	Чугунные напорные новые
3	Чугунные напорные новые	13	Чугунные напорные новые
4	Чугунные напорные неновые	14	Электросварные неновые
5	Полиэтиленовые напорные	15	Чугунные напорные неновые
6	Чугунные напорные новые	16	Электросварные неновые
7	Полиэтиленовые напорные	17	Чугунные напорные новые
8	Электросварные новые	18	Электросварные новые
9	Чугунные напорные неновые	19	Чугунные напорные неновые
10	Электросварные неновые	20	Полиэтиленовые напорные

Таблица 5

## Геодезические отметки в узлах водопроводной сети, м

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ВБ	НС
1	130	131	133	132	129	130	134	135	136	137	130
2	50	50	51	48	52	53	54	52	55	56	52
3	155	154	154	151	153	152	157	158	158	161	156
4	189	190	194	194	191	195	192	191	188	195	192
5	160	161	160	165	164	161	162	162	158	164	163
6	99	100	104	101	102	105	101	98	102	103	102
7	120	121	118	123	124	125	123	121	122	125	121
8	188	190	190	192	193	193	189	193	191	195	193
9	172	170	173	171	168	172	169	173	174	176	172
10	151	150	150	151	152	148	149	154	153	154	150
11	55	56	57	54	50	49	55	51	52	57	52
12	162	157	161	161	162	163	166	159	166	168	161
13	130	131	127	128	132	133	131	134	132	133	130
14	145	146	147	143	142	145	144	140	146	148	143
15	161	160	159	157	161	162	165	164	162	161	163
16	145	147	140	144	144	146	148	150	151	155	148
17	140	143	142	141	141	145	143	144	146	144	141
18	122	125	128	130	131	128	129	130	129	130	123
19	150	151	150	150	152	151	154	145	152	154	151
20	157	157	158	160	161	160	162	164	165	167	160

Таблица 6

## Суточное водопотребление поселка, тысяч кубм

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Значение	1,3	2,3	1,9	3,5	2,6	1,4	1,1	2,7	1,5	3,2
№ варианта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Значение	1,8	0,9	3,3	2,2	1,6	3,4	2,9	2,8	1,7	2,0

Таблица 7

## Расходы по часам суток, % от суточного потребления

№ вариан- та	Часы суток											
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
1	3	3,2	2,5	2,6	3,5	4,1	4,5	4,9	4,9	5,6	4,9	4,7
2	3	3,7	2,7	2,4	3,3	4,3	4,6	4,7	5,1	5,7	4,6	4,5
3	3,1	3,3	2,8	2,7	3,7	4,4	4,5	5,1	4,3	5,8	4,5	4,6
4	3,3	3,3	2,6	2,5	3,7	4,2	4,1	4,7	4,9	5,7	4,4	4,8
5	3,2	3,1	2,4	3	3,5	4	4,1	4,9	4,4	5,8	5,2	4,8
6	3,3	3,5	2,1	2,3	3,9	4,1	5	4,7	5,4	5,3	4,9	5,1
7	2,9	3,6	2,6	2,7	3,3	4,6	4,1	5,4	5,2	5,6	4,6	4,6
8	2,6	3,1	2,5	3	3,5	4,1	4,4	4,5	5,3	5,4	5,2	4,3
9	2,5	3	2,3	2,9	3,2	4,6	4,1	4,5	4,6	6,1	5,1	4,6
10	3,3	3,4	3	2,2	3,8	3,8	4,4	5,1	4,6	5,3	4,4	4,5
11	2,7	3,1	2,4	2,7	3,5	3,8	4,5	4,6	4,5	6	5,4	4,5
12	3,2	3,4	2,7	2,8	3,6	3,6	4,8	4,6	5,2	5,7	5,3	4,3
13	2,9	3,6	2	2,4	3,7	3,9	4,2	4,9	5,2	6	4,8	5,2
14	3	3,7	2,8	2,3	3,9	4,1	4,3	4,6	4,7	5,9	5,1	4,9
15	3	3,5	2,5	2,5	3,2	4,4	4,2	4,6	5,1	5,6	4,8	5
16	2,7	3,6	2,5	2,4	3,2	4	4,4	5,3	4,9	5,9	5,3	5,1
17	3,1	3,1	2,7	2,5	3,2	3,6	4,3	4,4	4,6	5,7	5,1	4,6
18	3,2	2,8	2,1	2,8	3,1	3,8	4,2	5,5	4,8	5,9	4,9	4,8
19	3,3	3,2	2,1	3,1	3,1	4,1	4,2	5,4	4,5	5,8	4,5	4,7
20	2,6	3,1	2	2,4	3,4	4	5	5,2	4,9	5,3	4,6	4,8

№ вариан- та	Часы суток											
	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
1	4,4	4,1	4,1	4,4	4,3	4,1	4,5	4,5	4,5	4,8	4,6	3,3
2	4,6	4,4	3,9	4,4	4,3	4	4,9	4,2	4,2	4,5	4,8	3,2
3	4,5	3,6	4,2	4,2	3,8	3,9	4,5	4,8	4,6	4,9	4,6	3,6
4	3,9	4,4	4,3	4,4	4,4	4	4	4,6	4,8	4,9	4,7	3,4
5	4,5	4,4	4,3	4,1	4,6	4,5	4,4	4,1	4,3	4,5	4,9	3
6	4,2	4	4	4,3	4	4,5	4,1	4,5	4,7	4,7	4,1	3,3
7	4	3,9	3,8	4,6	4,2	4	4,8	4,4	4,8	5,1	4,3	2,9
8	4,3	4,3	3,8	4,8	3,9	4,2	4,7	4,2	4,5	5,1	4,7	3,6
9	4,5	3,8	4,4	4,7	4	4,3	4,9	5	4,5	4,9	4,2	3,3
10	4	3,8	4	4,7	4,2	4,2	4,6	4,8	4,7	5	4,5	3,7
11	4,7	3,9	4,3	4,6	4	3,7	4,9	4,5	4,7	4,8	4,7	3,5
12	4,2	4,2	4,2	4,7	4,2	4	4,5	4,4	4,4	4,8	4,2	3
13	4,4	3,7	4,6	4,2	4,5	3,9	4,2	4,3	4,2	5,4	4,2	3,6
14	4,7	3,7	3,8	4,6	3,8	3,8	4	4,6	4,2	5,3	5,1	3,1
15	4,4	4	4,1	4,3	4,8	4,1	4,8	4,3	4,4	4,8	4,6	3
16	4,4	3,8	3,7	4	4,2	4,3	4,6	4,3	4,4	4,9	5,1	3
17	4,8	3,9	4,3	4,2	4,8	4,3	4,9	5	4	5,2	4,5	3,2
18	4,4	4,1	4,6	3,8	3,9	3,8	4,7	5	4,8	5	5	3
19	4,1	4	4,6	4,9	3,7	4	4,5	5	4,4	4,8	4,6	3,4
20	4,3	3,7	4,5	4,3	4,3	4,5	4,9	4,5	4,3	4,6	5	3,8

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соколова, Т. Ю. AutoCAD 2010: учебный курс/ Т. Ю. Соколова.– СПб.: Питер, 2010. – 574 с.
2. Прыганова, А. В. Оформление и защита дипломных проектов: учеб. пособие для вузов по направлению «Строительство»/ А. В. Прыганова.– 2-е изд., перераб. и доп.– М.: АСВ, 2008.– 174 с.
3. Федотов, Г. А. Инженерная геодезия: учебник для вузов по направлению «Строительство»/ Г. А. Федотов.– Изд. 5-е, стер.– М.: Высш. шк., 2009.– 462 с.
4. Журба, М. Г. Водоснабжение: проектирование систем и сооружений: учеб. пособие для вузов по специальности «Водоснабжение и водоотведение»: (в 3 т.) Т. 3: Системы распределения и подачи воды/ М. Г. Журба, Л. И. Соколов, Ж. М. Говорова; науч.-метод. рук. и общ. ред. М. Г. Журбы.– 3-е изд., перераб. и доп.– М.: Издательство АСВ, 2010.– 407 с.

---

Учебное издание

**Александр Геннадьевич Гудков**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ  
В ВОДОСНАБЖЕНИИ И ВОДООТВЕДЕНИИ.  
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

Учебное пособие

Редактор И.Т. Куликова

---

Подписано в печать 23.06.2014. Усл. печ. л. 6,5. Тираж 30 экз.

Печать офсетная. Бумага офисная. Заказ № \_\_\_\_\_

---

Отпечатано: РИО ВоГУ, г. Вологда, ул. Ленина, 15