

Министерство образования и науки Российской Федерации

Томский государственный университет систем управления
и радиоэлектроники (ТУСУР)

А.Н. Сычев

ЭВМ и периферийные устройства

Учебно-методическое пособие для студентов специальности

09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

дневного обучения

Квалификация «бакалавр»

Томск
2016

УДК 681.3
ББК 32.973
С95

Сычев А.Н.

С95 ЭВМ и периферийные устройства: Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ и указания к самостоятельной работе студентов / А.Н.Сычев. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2016. – 87 с.

Даны методические указания по выполнению лабораторных работ и организации самостоятельной работы студентов. Работы включают следующую тематику: состав и структура компьютера, блок питания, системная плата, сетевое оборудование, плоттер для САПР, оборудование с числовым программным управлением, 3D принтер.

Для студентов технических вузов, изучающих дисциплину «ЭВМ и периферийные устройства». Может быть полезно аспирантам, преподавателям, инженерам и научным работникам, создающим в результате своей работы инновационную продукцию и высокие технологии.

УДК 681.3
ББК 32.973

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Организация самостоятельной работы студентов	5
1. Функции, состав и структура персонального компьютера	6
2. Компьютерный блок питания	7
3 Системная плата персонального компьютера	16
4 Прямое соединение компьютеров в сеть	29
5 Устройства вывода графической информации. Плоттер	39
6. Технологическое оборудование с числовым программным управлением	53
7. Цифровое производство. 3D принтер	62

Введение

Целью преподавания дисциплины является – подготовка бакалавров, способных к самостоятельной деятельности по *выявлению* требований, составлению технических заданий, *обоснованию* и выбору компонентов и подсистем, *составлению* спецификаций для аппаратно-программных комплексов, оборудованию рабочих мест лабораторий, отделов, офисов.

Процесс преподавания дисциплины направлен на формирование следующих **компетенций**:

- **ОПК-5.** Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности;

- **ПК-1.** Способен разрабатывать модели компонентов информационных систем, включая модели баз данных и модели интерфейсов «человек–электронно-вычислительная машина».

В результате изучения дисциплины студент должен **уметь**:

- выбирать, комплексовать и эксплуатировать программно аппаратные средства в создаваемых вычислительных информационных системах и сетевых структурах;

- устанавливать, тестировать, испытывать и использовать программно-аппаратные средства вычислительных и информационных систем.

Текст указаний к лабораторной работе № 7 «Цифровое производство. 3D принтер» в основном написан студентом-дипломником гр. 580-1 Миронюком Д.К. при консультировании специалиста Дорожкина Е.П. под общей редакцией автора.

Организация самостоятельной работы студентов

Содержание самостоятельной работы студентов (СРС) при освоении данной дисциплины заключается в последовательном выполнении следующих действий:

- 1) проработка учебного материала по прочитанным лекциям;
- 2) самостоятельное изучение отдельных разделов дисциплины, предварительно задаваемых преподавателем на лекции;
- 3) подготовка к лабораторным работам, результативность которых проверяется преподавателем путём оценивания ответов на контрольные вопросы в интерактивном режиме;
- 4) подготовка, защита и сдача отчётов о выполненных лабораторных работах.

1. Состав, структура и функции персонального компьютера

Цель работы – изучить состав и структуру персонального компьютера, получить и закрепить навыки извлечения сведений о системе и её компонентах.

1.1. Общие положения. Структурно-функциональная схема персонального компьютера

Структурно-функциональная схема персонального компьютера с общей системной шиной показана на рис. 1.

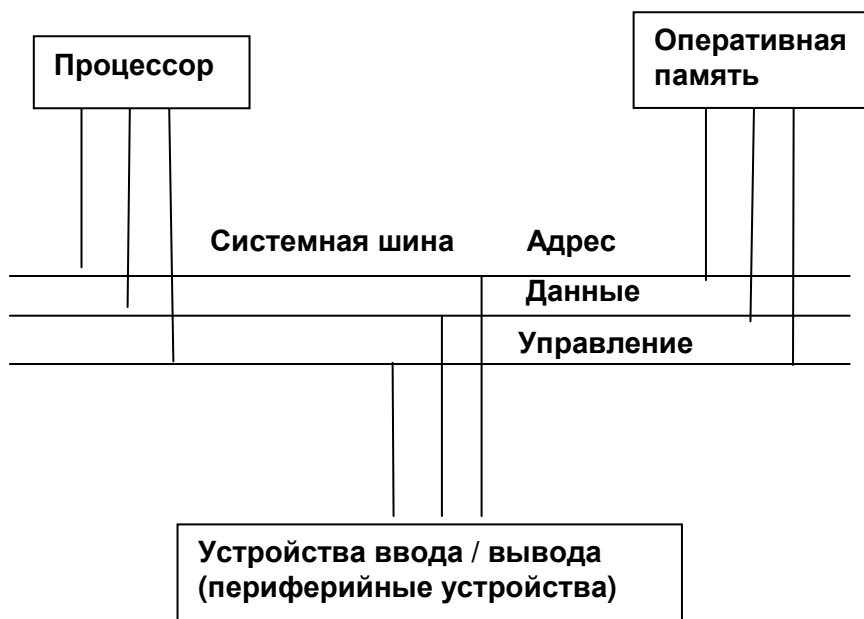


Рис.1. Структурно-функциональная схема персонального компьютера

1.2. Задание

1. Включить компьютер и извлечь основные сведения о системе (персональном компьютере). Определить основные характеристики вычислительной системы (тактовая частота процессора и шин, объемы памяти и т.п.);

2. В текстовом файле перечислить все сведения о системе и её компонентах.

3. В том же текстовом файле перечислить в порядке важности все периферийные устройства ЭВМ известные вам.

4. Подготовить отчет о работе, который в виде компьютерного файла сохранить в формате DOC или RTF, дать ему имя, содержащее номер группы и фамилию.

5. Отправить отчет преподавателю по адресу sychevan@kcup.tusur.ru.

2. Компьютерный блок питания

Цель работы – изучить устройство и принцип работы компьютерных блоков питания (БП) настольных персональных компьютеров (ПК) и ноутбуков, а также научиться запускать БП настольного ПК без системной платы, оценивать работоспособность и измерять характеристики БП.

Средства для выполнения работы

1. Блок питания настольного компьютера стандарта ATX.
2. Блок питания ноутбука.

2.1. Общие сведения.

Компьютерный блок питания (англ. *power supply unit, PSU* – блок питания, БП) – это вторичный источник электропитания, предназначенный для снабжения узлов компьютера электрической энергией постоянного тока, путём преобразования сетевого напряжения до требуемых значений. В некоторой степени блок питания также выполняет функции стабилизации и защиты от незначительных помех питающего напряжения.

2.1.1. Компьютерный блок питания для настольного персонального компьютера (рис.1) стандарта PC согласно спецификации ATX 2.x, должен обеспечивать выходные напряжения: ± 5 В, ± 12 В, +3,3 В, а также +5 В дежурного режима (англ. *standby*).

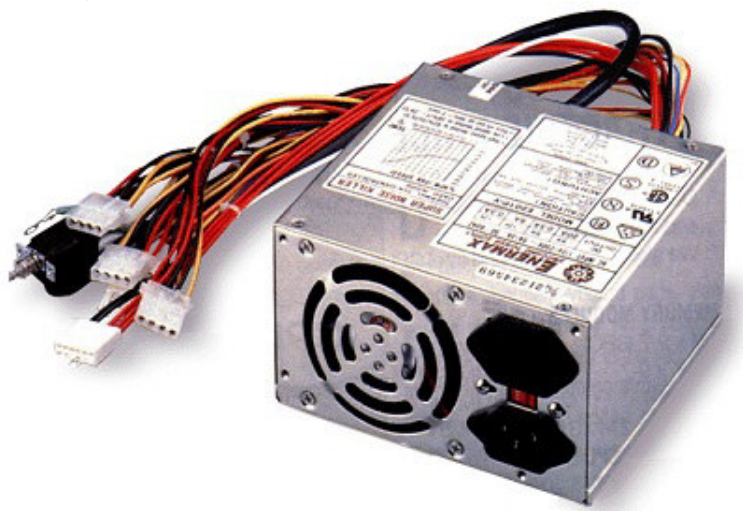


Рис.2. Блок питания настольного компьютера IBM PC.

Основными силовыми цепями являются напряжения +3,3 В, +5 В и +12 В. Причем, чем выше напряжение, тем большая мощность передается по данным цепям. Отрицательные напряжения питания (-5 и -12 В) допускают небольшие токи и в современных материнских платах в настоящее время практически не используются.

Напряжение -5 В использовалось только интерфейсом ISA материнских плат. Для обеспечения -5 В постоянного тока в ATX и ATX12V версии до 1.2 использовался контакт 20 и белый провод. Это напряжение (а также контакт и провод) не является обязательным уже в версии 1.2 и полностью отсутствует в версиях 1.3 и старше.

Напряжение -12 В необходимо лишь для полной реализации стандарта

последовательного интерфейса RS-232 с использованием микросхем без встроенного инвертора и умножителя напряжения, поэтому также часто отсутствует.

Напряжения ± 5 В, ± 12 В, $+3,3$ В дежурного режима используются материнской платой. Для жёстких дисков, оптических приводов, вентиляторов используются только напряжения $+5$ В и $+12$ В.

Современные электронные компоненты используют напряжение питания не выше $+5$ Вольт. Наиболее мощные потребители энергии, такие как видеокарта, центральный процессор, северный мост подключаются через размещенные на материнской плате или на видеокarte вторичные преобразователи с питанием от цепей как $+5$ В так и $+12$ В.

Напряжение $+12$ В используется для питания наиболее мощных потребителей. Разделение питающих напряжений на 12 В и 5 В целесообразно как для снижения токов по печатным проводникам плат, так и для снижения потерь энергии на выходных выпрямительных диодах блока питания.

Напряжение $+3,3$ В в блоке питания формируется из напряжения $+5$ В, потому существует ограничение суммарной потребляемой мощности по $+5$ В и $+3,3$ В.

В большинстве случаев используется **импульсный блок питания**, выполненный по двухтактной схеме.

2.1.2. Устройство блока питания. Широко распространённая схема импульсного источника питания состоит из следующих компонентов (рис.2–4):

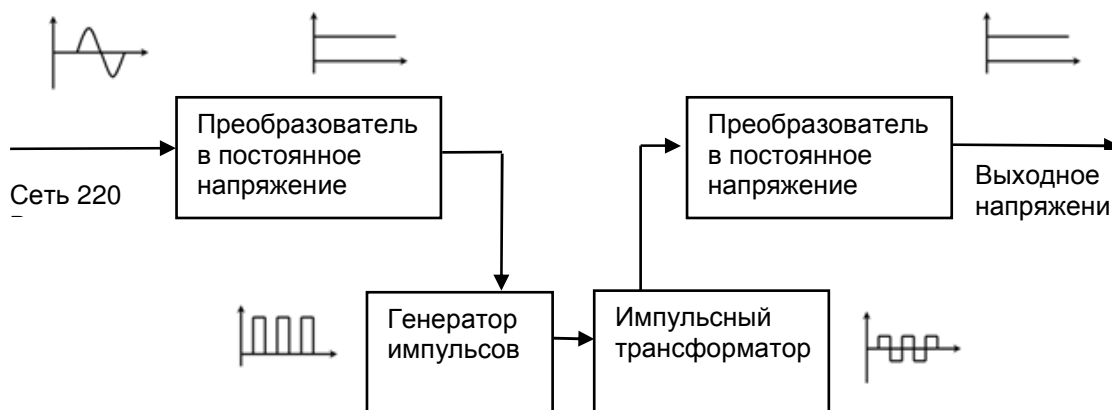


Рис.2. Структурная схема импульсного блока питания.

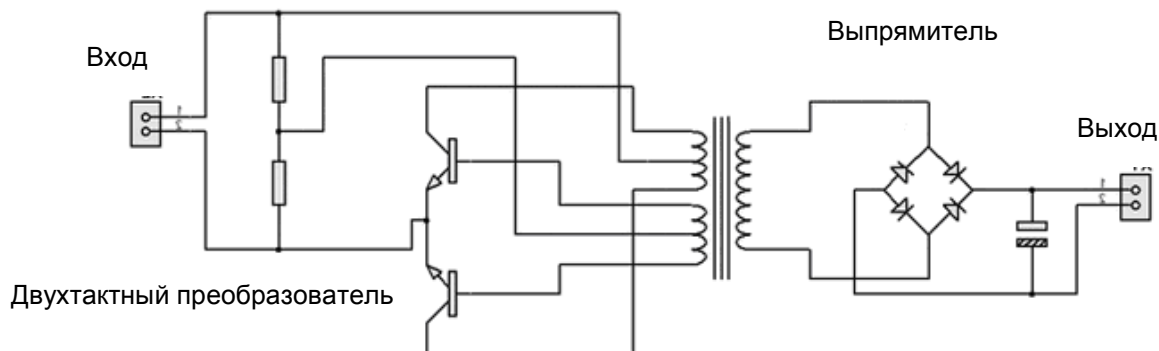


Рис.3. Схема двухтактного преобразования постоянного напряжения в импульсное, а затем вновь в постоянное (с помощью выпрямителя).

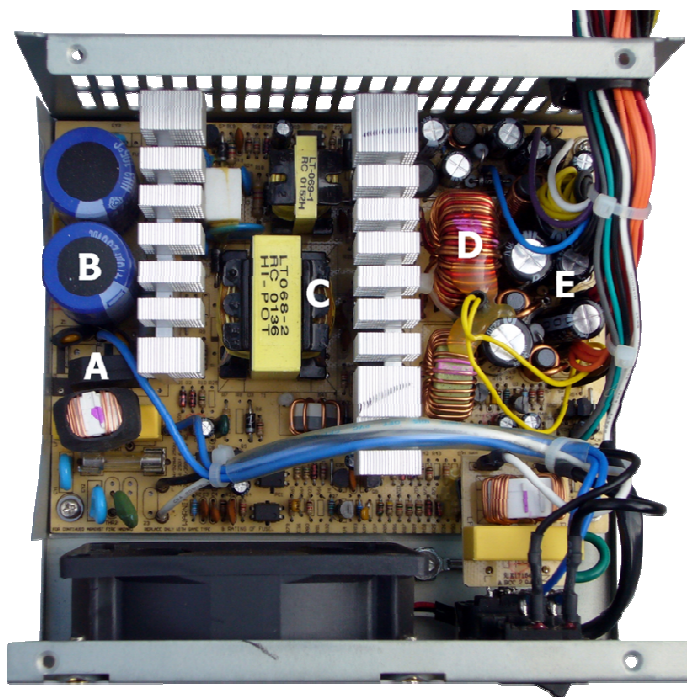


Рис.4. Импульсный блок питания компьютера (АТХ) со снятой крышкой:
 А – входной диодный выпрямитель, ниже виден входной фильтр; В – входные
 сглаживающие конденсаторы, правее виден радиатор высоковольтных
 транзисторов; С – импульсный трансформатор, правее виден радиатор
 низковольтных диодных выпрямителей; D – дроссель групповой стабилизации;
 Е – конденсаторы выходного фильтра

Входные цепи. Входной фильтр, предотвращающий распространение импульсных помех в питающую сеть. Также, входной фильтр уменьшает бросок тока заряда электролитических конденсаторов при включении БП в сеть (это может привести к повреждению входного выпрямительного моста).

Входной выпрямительный мост, преобразующий переменное напряжение в постоянное пульсирующее. Конденсаторный фильтр, сглаживающий пульсации выпрямленного напряжения.

Отдельный маломощный блок питания, выдающий +5 В дежурного режима материнской платы и +12 В для питания микросхемы преобразователя самого ИБП. Обычно он выполнен в виде обратного преобразователя на дискретных элементах (либо с групповой стабилизацией выходных напряжений через оптрон плюс регулируемый стабилитрон TL431 в цепи ОС, либо линейными стабилизаторами 7805/7812 на выходе) или же на микросхеме типа TOP Switch.

Преобразователь. Полумостовой преобразователь на двух биполярных транзисторах. Схема управления преобразователем и защиты компьютера от превышения/ снижения питающих напряжений, обычно на специализированной микросхеме (TL494, UC3844, KA5800, SG6105 и пр.).

Импульсный высокочастотный трансформатор, который служит для формирования необходимых номиналов напряжения, а также для гальванической развязки цепей (входных от выходных, а также, при необходимости, выходных друг от друга). Пиковые напряжения на выходе высокочастотного трансформатора пропорциональны входному питающему напряжению и значительно превышают требуемые выходные.

Цепи обратной связи, которые поддерживают стабильное напряжение на

выходе блока питания.

Формирователь напряжения PG (Power Good, «напряжение в норме»), обычно на отдельном операционном усилителе (ОУ).

Выходные цепи. Выходные выпрямители. Положительные и отрицательные напряжения (5 и 12 В) используют одни и те же выходные обмотки трансформатора, с разным направлением включения диодов выпрямителя. Для снижения потерь, при большом потребляемом токе, в качестве выпрямителей используют диоды Шоттки, обладающие малым прямым падением напряжения.

Дроссель выходной групповой стабилизации. Дроссель сглаживает импульсы, накапливая энергию между импульсами с выходных выпрямителей. Вторая его функция – перераспределение энергии между цепями выходных напряжений. Так, если по какому-либо каналу увеличится потребляемый ток, что снизит напряжение в этой цепи, дроссель групповой стабилизации как трансформатор пропорционально снизит напряжение по другим выходным цепям. Цепь обратной связи обнаружит снижение напряжения на выходе и увеличит общую подачу энергии, что восстановит требуемые значения напряжений.

Выходные фильтрующие конденсаторы. Выходные конденсаторы, вместе с дросселем групповой стабилизации интегрируют импульсы, тем самым получая необходимые значения напряжений, которые, благодаря дросселю групповой стабилизации, значительно ниже напряжений с выхода трансформатора.

Один (на одну линию) или несколько (на несколько линий, обычно +5 и +3,3) нагрузочных резисторов 10–25 Ом, для обеспечения безопасной работы на холостом ходу.

Достоинства импульсного блока питания:

Простая схемотехника с удовлетворительным качеством стабилизации выходных напряжений.

Высокий КПД (65–70 %). Основные потери приходятся на переходные процессы, которые длятся значительно меньше время, чем устойчивые состояния.

Малые габариты и масса, обусловленные как малым выделением тепла на регулирующем элементе, так и малыми габаритами трансформатора, благодаря тому, что последний работает на высокой частоте (сотни килогерц).

Малая металлоёмкость, благодаря чему мощные импульсные источники питания стоят дешевле трансформаторных, несмотря на большую сложность.

Возможность подключения к сетям с широким диапазоном выбора напряжений и частот, или даже сетям постоянного тока. Благодаря этому возможна унификация техники, производимой для различных стран мира, а значит и её удешевление при массовом производстве.

Недостатки полумостового блока питания на биполярных транзисторах:

При построении схем силовой электроники использование биполярных транзисторов в качестве ключевых элементов снижает общий КПД устройства. Управление биполярными транзисторами требует значительных затрат энергии.

Всё больше компьютерных блоков питания строится на более дорогих мощных MOSFET-транзисторах. Схемотехника таких компьютерных блоков питания реализована как в виде полумостовых схем, так и обратноходовых преобразователей. Для удовлетворения массогабаритных требований к компьютерному блоку питания, в обратноходовых преобразователях используются значительно более высокие частоты преобразования (100–150 кГц).

Большое количество намоточных изделий, индивидуально разрабатываемых

для каждого типа блоков питания. Такие изделия снижают технологичность изготовления БП.

Во многих случаях недостаточная стабилизация выходного напряжения по каналам. Дроссель групповой стабилизации не позволяет с высокой точностью обеспечивать значения напряжений во всех каналах. Более дорогие, а также мощные современные блоки питания формируют напряжения ± 5 В и 3,3 В с помощью вторичных преобразователей из канала 12 В.

Таблица 1

Номиналы выходных напряжений и их допуск

Выход	Допуск	Минимум	Номинал.	Максимум	Единица измерения
+12V 1DC	$\pm 5 \%$	+11,40	+12,00	+12,60	Вольт
+12V 2DC	$\pm 5 \%$	+11,40	+12,00	+12,60	Вольт
+5 V DC	$\pm 5 \%$	+4,75	+5,00	+5,25	Вольт
+3,3 V DC	$\pm 5 \%$	+3,14	+3,30	+3,47	Вольт
-12 V DC	$\pm 10 \%$	-10,80	-12,00	-13,20	Вольт
+5 V SB	$\pm 5 \%$	+4,75	+5,00	+5,25	Вольт

Таблица 2

Номинальные токи нагрузок для БП мощностью 300 Вт

Выход	Минимум	Номинальное	Максимум	Единица измерения
+12V DC	1,0	18,0	18,0	Ампер
+5 V DC	1,0	16,0	19	Ампер
+3,3 V DC	0,5	12,0		Ампер
-12 V DC	0,0	0,4		Ампер
+5 V SB	0,0	2,0	2,5	Ампер



Рис.5. 24-контактный ATX-разъём, у которого последние 4 контакта могут быть съёмными, для обеспечения совместимости с 20-контактным гнездом на системной плате

2.1.3. Запуск блока питания без системной платы, обозначения контактов БП АТХ

Для запуска блока питания требуется соединить контакты 13 (черный) и 14 (зеленый) в разьеме, обозначенном на схеме (рис. 6), который подключается к системной плате. Как правило, этого достаточно, но иногда для старта БП требуется подключить дополнительную нагрузку на 5 Вольт (например, подключить жесткий диск). Современные БП с 24 контактными разъемами (рис. 7) запускаются аналогично.

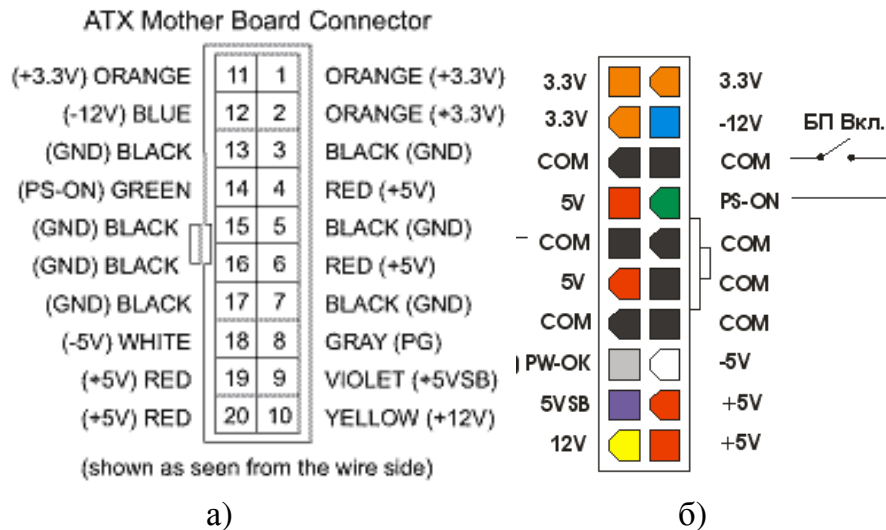


Рис.6. Основной 20-контактный АТХ разъем для материнской платы (а – вид на плату; б – вид на проводники разъёма).

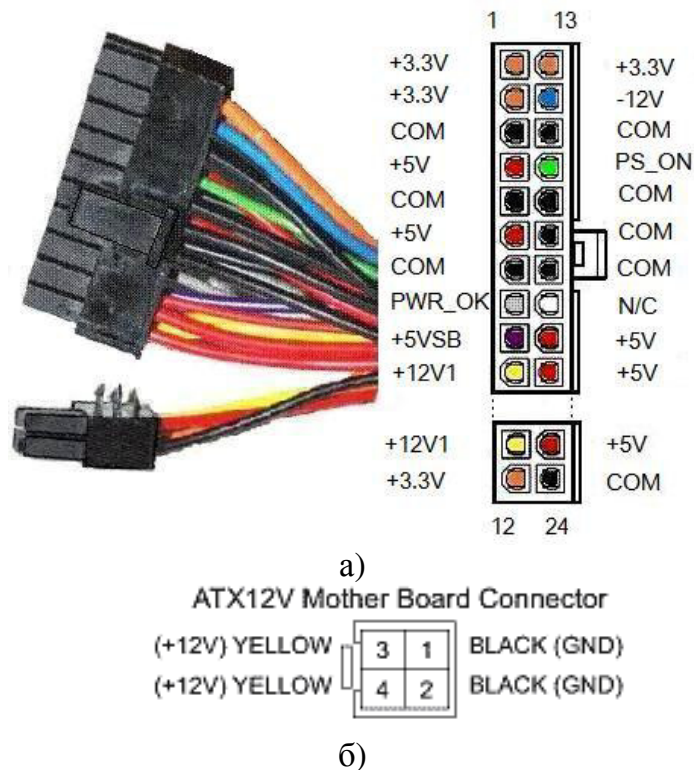


Рис.7. 24-контактный АТХ разъем для материнской платы (а), дополнительное питание для материнской платы (б).

2.1.4. Разъёмы блока питания. Потребители электроэнергии

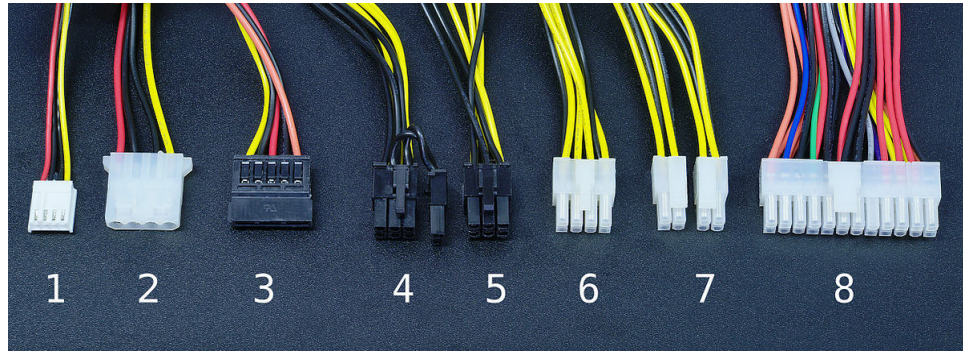


Рис.8. Вилки шлейфов питания (из блока питания), без переходников и адаптеров:

1) AMP 171822-4 мини-размера для питания 5 и 12 вольтами [периферийного устройства](#) (обычно, [дисковод](#)); 2) [Molex обычного размера](#) (molex 8981); 3) 5-контактные разъёмы MOLEX 88751 для питания устройства с интерфейсом [SATA](#): корпус MOLEX 675820000 или эквивалентный с контактами Molex 675810000 или эквивалентными; 4) «PCIe8 connector» для питания видеокарты, расщепляемый на «PCIe6 connector» (для питания видеокарты); 5) «PCIe6 connector» для питания видеокарты; 6) «EPS12V» ([англ.](#) Entry-Level Power Supply Specification для питания материнской платы; 7) «ATX PS 12V» («P4 power connector») для питания материнской платы; 8) «ATX12V» основного питания материнской платы: MOLEX 39-01-2040 или эквивалентная с контактами Molex 44476-1112 (HCS) или эквивалентными

Serial ATA Connector



Рис.9. Разъем питания SATA устройств

Power Supply Drive Connector

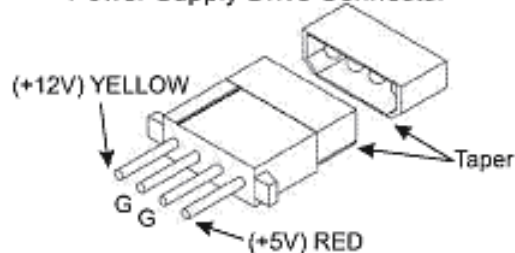


Рис.10. Разъем питания IDE устройств, и разного рода потребителей (вентиляторы)

Power Supply Mini-Drive Connector

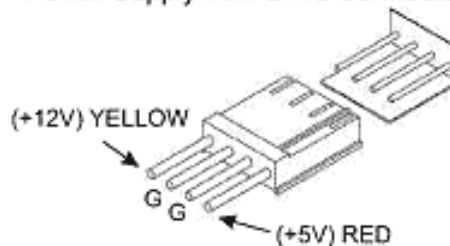


Рис.11. Разъем питания устройств типа флоппи-дисковода (3,5" дисковод).

2.1.5. Блоки питания ноутбуков

Блок питания для ноутбука (и прочих мобильных компьютеров) применяется как для зарядки его аккумуляторной батареи (АКБ), так и для обеспечения работы без аккумулятора. По типу исполнения БП ноутбука чаще всего представляет собой внешний блок (рис.12).



Рис.12. Блок питания ноутбука

Ввиду того, что электрические характеристики различных моделей ноутбуков могут сильно различаться, на внешние блоки питания пока нет единого стандарта и их блоки питания, как правило, не взаимозаменяемы. Существует инициатива по стандартизации блоков питания для ноутбуков.

1. Производители ноутбуков часто используют различные разъёмы питания (их известно несколько десятков типов, хотя широко распространённых всего несколько, отличающихся лишь диаметром штекера. Подключение большинства из них выполняется коаксиальным кабелем с положительным внутренним проводником, хотя существуют разъёмы и с обратной полярностью).

2. Различаются питающие напряжения: обычно это 18,5 В или 19 В, хотя встречаются варианты с напряжением 15 В или 16 В (в основном субноутбуки); 19,5 В; 20 В или даже 24 В (Apple).

3. Блоки питания отличаются максимальной выходной мощностью, выдавая ток 3,16 А (для старых типов); 3,42 А; 4,74 А; 6,3 А; 7,9 А, в зависимости от того, насколько мощный компьютер предполагается питать.

К замене блока питания ноутбука следует подходить с осторожностью (заменяющий должен иметь одинаковую полярность, разницу в питающем напряжении, не превышающую 0,5 В, и иметь достаточную мощность), иначе это может привести к выходу ноутбуков из строя.

Выпускаются также универсальные блоки питания, рассчитанные на ноутбуки разных моделей и различных производителей. Такой БП имеет переключатель напряжения и набор сменных штекеров для подключения.

2.2. Контрольные вопросы

1. Сколько контактов в разъёме для материнской платы БП современного настольного компьютера ?
2. Какие номера проводов (укажите ещё их цвет) необходимо замкнуть для запуска БП без материнской платы?
3. Какой цвет у проводов нулевого потенциала (земли) ?
4. Какой цвет у проводов цепи + 12 В?
5. Какой цвет у проводов цепи + 5 В ?
6. Какой номинальный ток в цепи + 12 В у БП с мощностью 300 Вт ?
7. Какой номинальный ток в цепи + 5 В у БП с мощностью 300 Вт ?
8. Какое напряжение используется для питания ноутбуков ?

2.3. Задание

Задание 1. Измерение характеристик блока питания настольного компьютера стандарта АТХ.

1. Установить перемычку между контактами 13 и 14 (см. рис.6).
2. Включить блок питания без использования системной платы и убедиться, что вращаются лопасти охлаждающего вентилятора.
3. Для проверки подключить какую-либо нагрузку, например НЖМД или автомобильную лампу к цепи +12 В.
4. Измерить с помощью вольтметра все выходные напряжения. Убедиться в их соответствии стандарту.
5. Изобразить в своей рабочей тетради 24-контактный АТХ разъем для материнской платы с обозначением цвета проводов и напряжений на них.

Задание 2. Измерение параметров блока питания (БП) ноутбука.

1. Включить БП в сеть.
2. Измерить выходное напряжение.

Показать и представить результаты преподавателю. Подготовить отчет о работе, в который включить ответы на контрольные вопросы. Отчет в виде компьютерного файла сохранить в формате DOC, дать ему имя, содержащее номер группы, фамилию, номер лабораторной работы. Пример названия: 584-1_Иванов_лаб2.

Отчёт в электронном виде выслать по адресу электронной почты или передать через флеш-накопитель.

3. Системная плата персонального компьютера

Цель работы – изучить назначение, состав, структурную схему и конструкцию системной платы персонального компьютера. Уяснить важность понятия форм-фактор изделия.

Средства для выполнения работы

Персональный компьютер со вскрытым системным блоком.

3.1. Общие сведения.

Системная или материнская плата ([англ.](#) *motherboard, MB*; также *mainboard*) – это сложная сборочная единица на базе многослойной печатной платы, являющейся основой построения вычислительной системы (компьютера).

3.1.1. Системная плата настольного персонального компьютера (рис.1) состоит из собственно печатной платы, а также из смонтированных на ней следующих компонентов: разъёма центрального процессора (CPU), микросхем чипсета ([англ.](#) *chipset* – набор микросхем), микросхемы загрузочного постоянного запоминающего устройства (ПЗУ), содержащей BIOS ([англ.](#) *basic input/output system* – «базовая система ввода-вывода»), контроллеров шин и интерфейсов ввода-вывода и периферийных устройств. Оперативное запоминающее устройства (ОЗУ), т.е. RAM (random access memory) в виде модулей памяти монтируется в специально предназначенные разъёмы; а в слоты расширения устанавливаются карты расширения для связи с другими устройствами компьютера – клавиатурой, мышью, монитором, принтером и т.п. Дополнительная система охлаждения и периферийные устройства монтируются внутри шасси, в совокупности формируя системный блок компьютера.

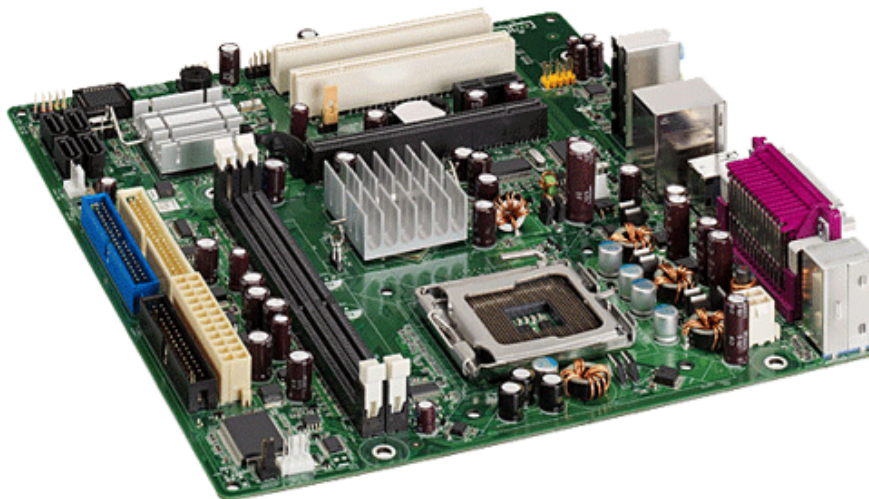


Рис.1. Системная плата персонального компьютера.

Быстродействие различных компонентов компьютера (процессора, оперативной памяти и контроллеров периферийных устройств) может существенно различаться. Для согласования быстродействия на системной плате устанавливаются специальные микросхемы (чипсеты), включающие в себя: а) контроллер оперативной памяти (ОЗУ, т.е. RAM), так называемый северный мост; б) контроллер периферийных устройств (ПУ), так называемый южный мост. Периферийными устройствами можно считать внешние по отношению к системному блоку компьютера устройства.

Некоторые из конструкций системных плат показаны на рис.2 – 4.

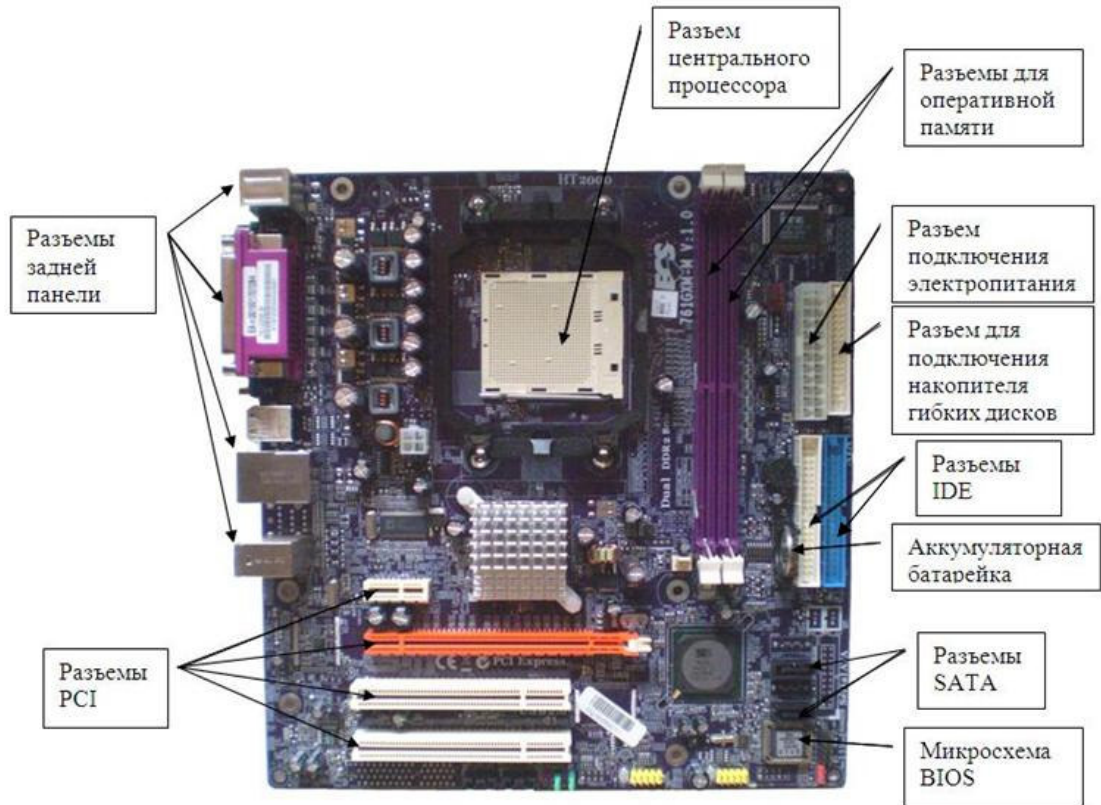


Рис.2. Системная плата ПК

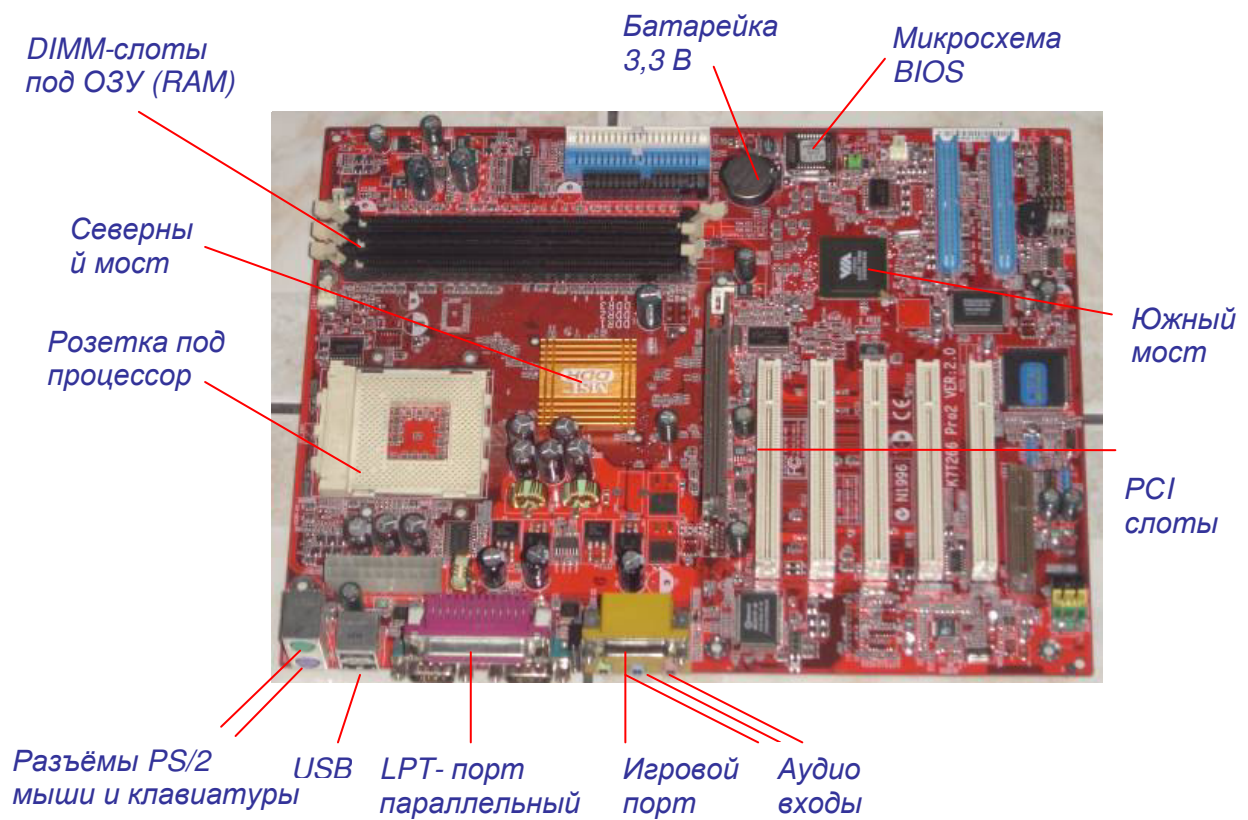


Рис.3. Системная плата стандарта ATX персонального компьютера

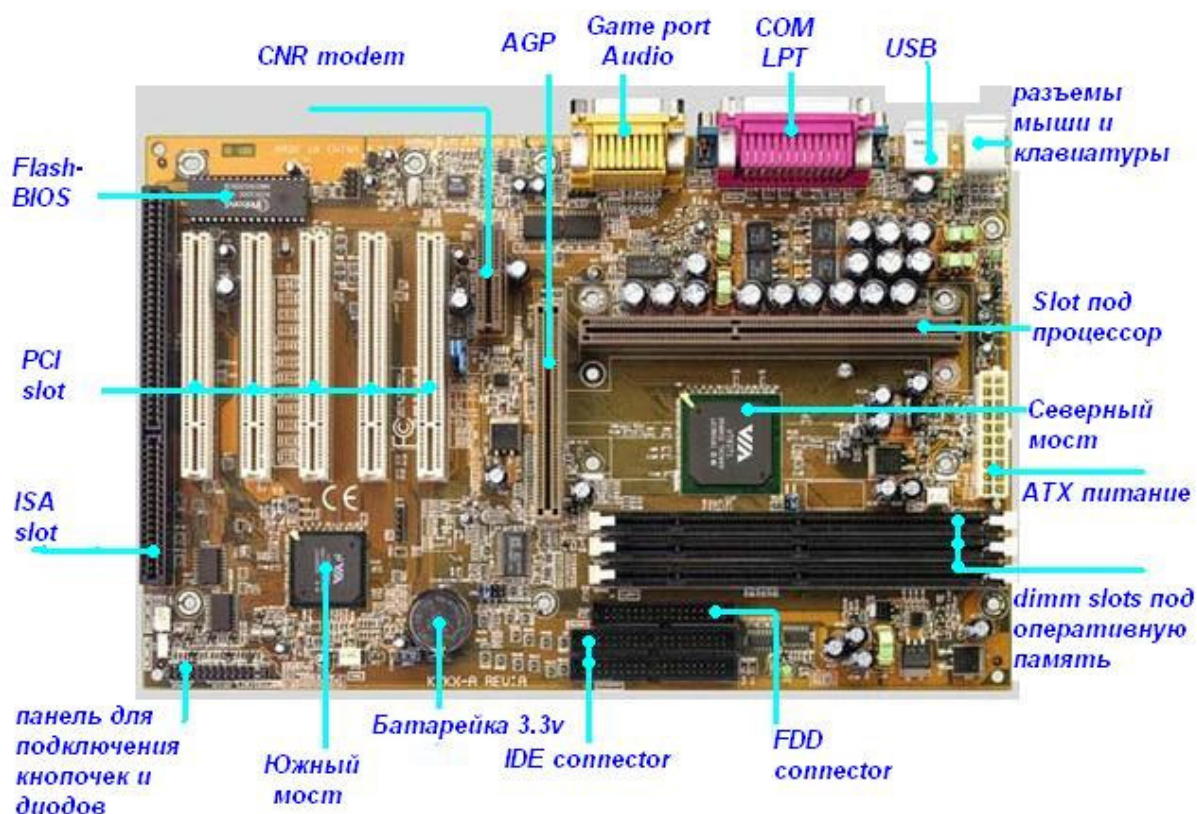


Рис.4. Системная плата ПК со оригинальным слотом под процессор

3.1.2. Форм-фактор системной платы. Форм-фактор (от англ. *form factor*) – стандарт, задающий габаритные размеры технического изделия, а также описывающий дополнительные совокупности его технических параметров, например форму, типы дополнительных элементов размещаемых в/на устройстве, их положение и ориентацию.

Форм-фактор (как и любые другие стандарты) носит рекомендательный характер. Спецификация форм-фактора определяет обязательные и дополнительные компоненты. Однако подавляющее большинство производителей предпочитают соблюдать спецификацию, поскольку ценой соответствия существующим стандартам является совместимость материнской платы и стандартизированного оборудования (периферии, карт расширения) других производителей в будущем. Форм-фактор для компьютеров может определяться как для корпуса, так и для устанавливаемой в него системной (материнской) платы.

Т а б л и ц а 1.

Форм-факторы системных (материнских) плат

Форм-фактор материнской платы	Физические размеры, (ширина × длина)		Спецификация, год	Примечание
	дюймы	миллиметры		
Массовые персональные компьютеры				
XT	8,5 × 11	216 × 279	IBM, 1983 г.	Оригинальная архитектура IBM PC/XT
AT	12 × 11 – 13	305 × 279 –	IBM,	Архитектура IBM PC/AT

		330	1984 г.	(Desktop/Tower)
ATX	12 × 9,6	305 × 244	Intel, 1995 г.	Основная архитектура полноразмерных плат для установки в системных блоках типов MiniTower, FullTower.
microATX	9,6 × 9,6	244 × 244	Intel, 1997 г.	Сокращённый формат ATX. Вследствие меньшего размера имеет меньше слотов. Также возможно использование блока питания меньшего размера.
Mini-ATX	11,2 × 8,2	284 × 208	AOpen, 2005 г.	Разработаны с использованием технологии MoDT (англ. <i>Mobile on Desktop Technology</i>) оптимизированной для мобильных процессоров.
LPX	9 × 11 – 13	229 × 279 – 330	Western Digital, 1987 г.	Предназначен для розничной торговли готовыми компьютерами в корпусах типа Slim, собранными OEM-производителями.
Mini-LPX	8 – 9 × 10 – 11	203 – 229 × 254 – 279	Western Digital, 1987 г.	Функционально тот же LPX, но с уменьшенными габаритами.
Офисные компьютеры, серверы				
DTX		200 × 244 (макс.)	AMD, 2007 г.	Является изменением спецификации ATX, разработанным AMD специально для ПК малого форм-фактора. Форм-фактор DTX является открытым стандартом и обратно совместим с ATX.
Mini-DTX		200 × 170 мм (макс.)	AMD, 2007 г.	Уменьшенный формат DTX.
BTX	12,8 × 10,5	325 × 267	Intel, 2004 г.	Стандарт, предложен в начале 2000-х Intel в качестве преемника ATX. По данным Intel,

				имеет лучшее охлаждение компонентов на материнской плате. Допускается до 7 слотов и 10 отверстий для монтажа материнской платы.
MicroBTX	10,4 × 10,5	264 × 267	Intel, 2004 г.	Уменьшенная производная стандарта BTX. Допускается до 4 слотов и 7 отверстий для монтажа материнской платы.
PicoBTX	8,0 × 10,5	203 × 267	Intel, 2004 г.	Уменьшенная производная стандарта BTX. Допускается 1 слот и 4 отверстия для монтажа материнской платы.
Ultra ATX	9,625 × 14,4	244 × 367 мм	Foxconn, 2008 г.	Негабаритная версия ATX, которая поддерживает 10 слотов расширения (в отличие от 7 слотов в стандартной ATX плате). Вследствие этого требует корпус достаточной высоты (специально выпущены корпуса Ultra ATX) с установленными видеокартами.
Встраиваемые (embedded) системы				
UTX		88 × 108	TQ-Components, 2001 г.	Используется в встраиваемых системах и промышленных компьютерах.
ETX (англ. <i>Embedded Technology eXtended</i>)	3,7 × 4,9	95 × 114	PICMG, 2005 г. 3,0 2006 г.	Используется во встраиваемых системах и компьютерах, построенных на единственной плате. Формат COM (англ. <i>computer-on-module</i>), представляет собой одну из самых

				быстрорастущих концепций в мире встроженных систем.
XTX		95 × 114	Advantech, Ampro, 2005 г.	COM-формат. Используется во встраиваемых системах. 75 % совместимость по контактам со стандартом ETX. Исключена поддержка архитектуры ISA, вместо неё добавлены PCI-Express, SATA и LPC.
nanoETXexpress Также известный как «Nano COM Express Type 1»		55 × 84 мм	Kontron	Используется во встраиваемых системах и компьютерах, построенных на единственной плате. Требуется несущая материнская плата.
Mini-ITX	6,7 × 6,7	170 × 170	VIA Technologies, 2003 г.	Входит в состав плат, основанных на технологии VIA EPIA (англ. <i>VIA Embedded Platform Innovative Architecture</i>) с использованием интегрированного центрального процессора. Допускаются блоки питания только до 100 Вт.
Nano-ITX	4,7 × 4,7	120 × 120	VIA Technologies, 2004 г.	Входит в состав плат, основанных на технологии VIA EPIA. Предназначен для построения цифровых развлекательных устройств таких как ТВ-приставки, медиа-центры, автомобильные ПК.
Pico-ITX	3,9 × 2,7	100 × 72	VIA, 2007 г.	Входит в состав серии плат, основанных на технологии VIA EPIA. Используются в ультракомпактных встраиваемых системах

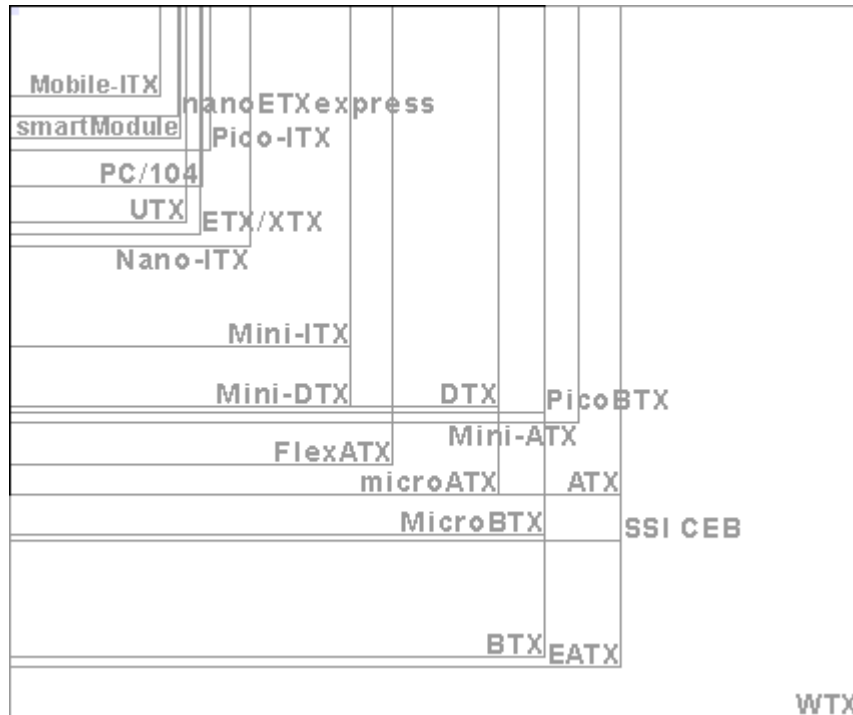


Рис.5. Компьютерные форм-факторы в масштабе, от меньшего к большему

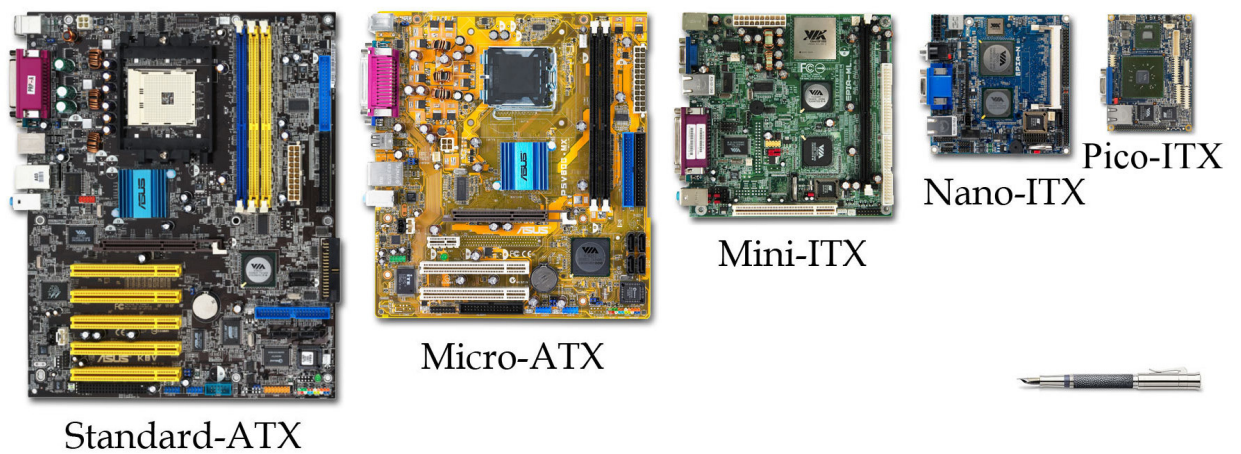


Рис.6. Компьютерные форм-факторы в масштабе, от меньшего к большему

3.1.3. Логическое устройство системной платы показано на рис. 7–9. Опишем наиболее важные компоненты материнской платы – северный и южный мосты.

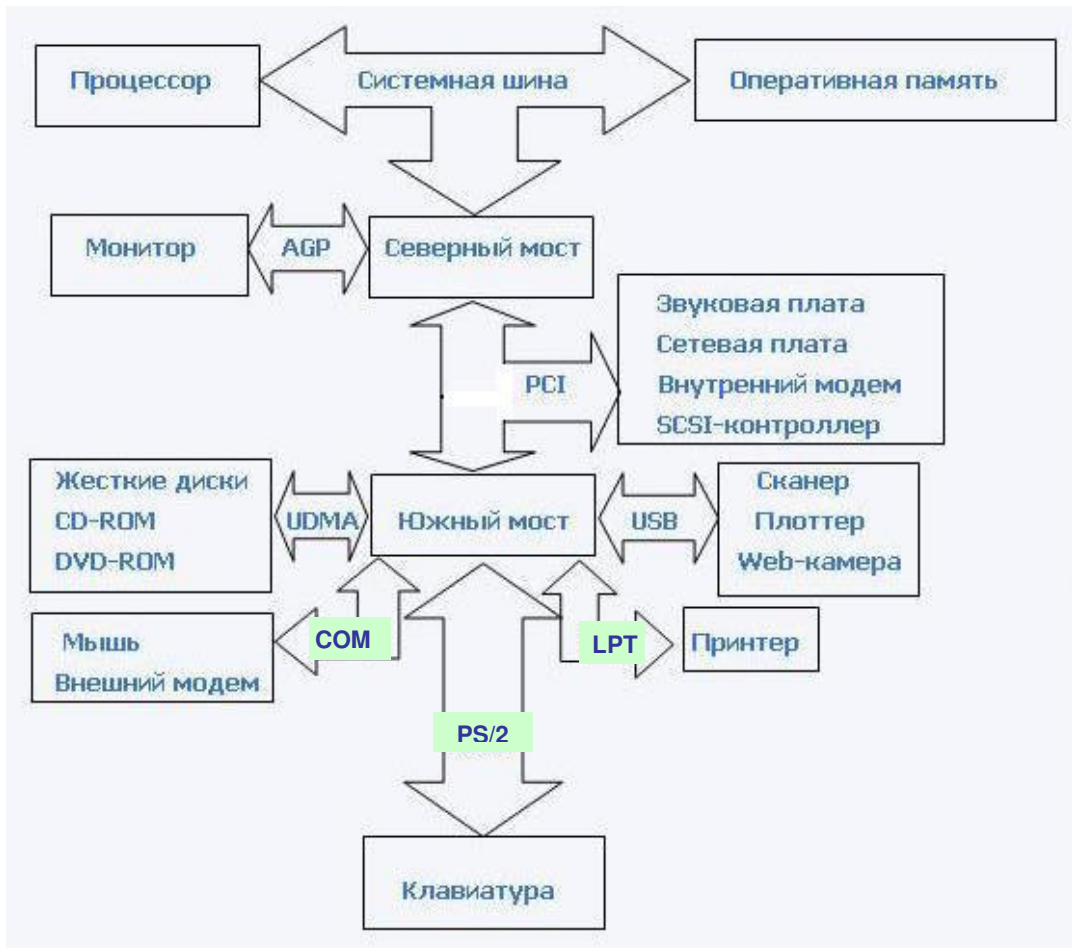


Рис.7. Структурная схема системной платы ПК.

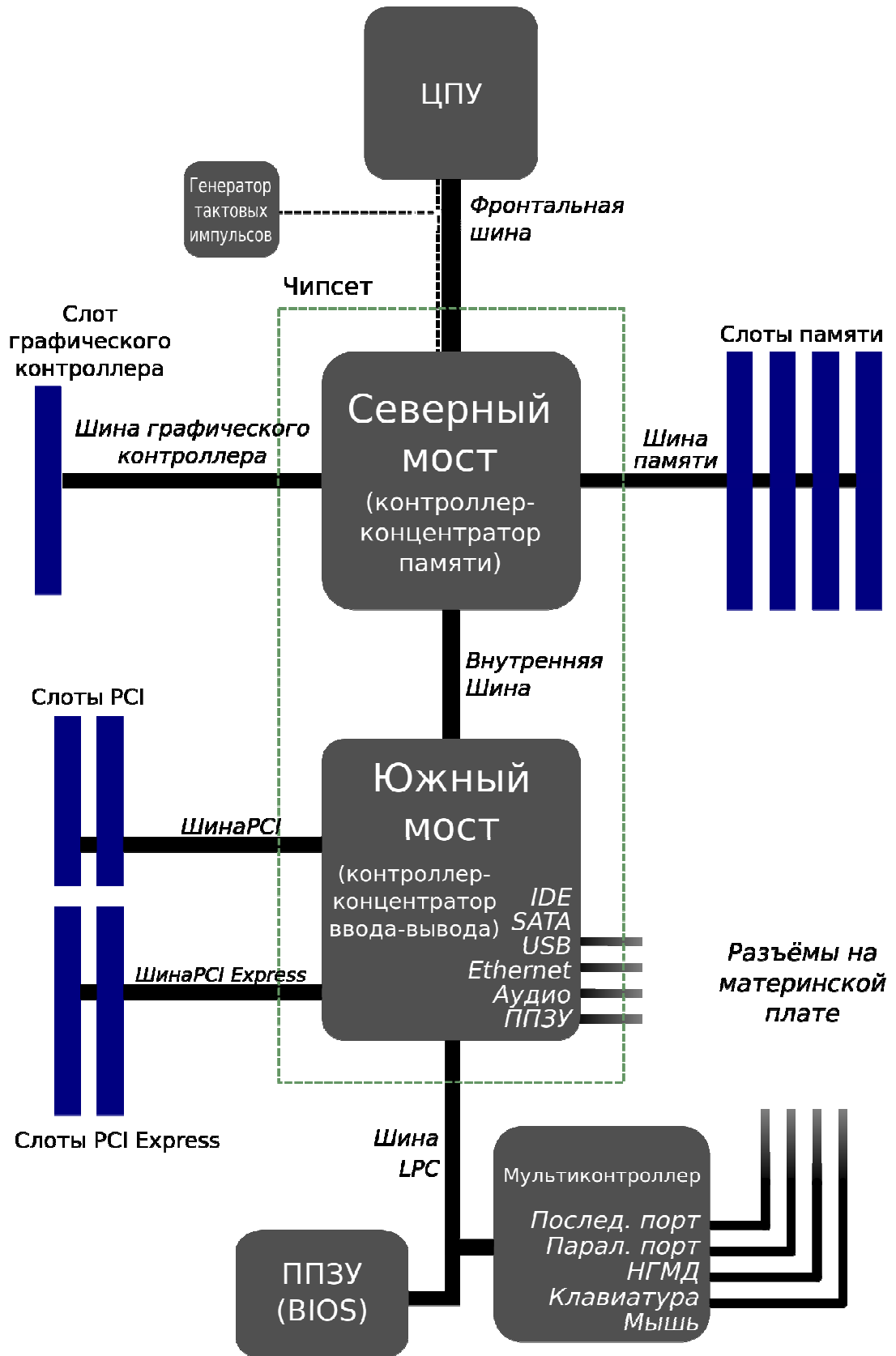


Рис.8. Логическая структура системной платы ПК.

Северный мост. Северный мост (Northbridge) – это системный контроллер, являющийся одним из элементов чипсета материнской платы, отвечающий за

работу с оперативной памятью (RAM), видеоадаптером и процессором (CPU). Северный мост отвечает за частоту системной шины, тип оперативной памяти и ее максимально возможный объем. Одной из основных функций северного моста является обеспечение взаимодействия системной платы и процессора, а также определение скорости работы. Частью северного моста во многих современных материнских платах является встроенный видеоадаптер. Таким образом, функциональная особенность северного моста является еще и управление шиной видеоадаптера и ее быстродействием. Также северный мост обеспечивает связь всех вышеперечисленных устройств с южным мостом.

Северный мост получил свое название благодаря "географическому" расположению на материнской плате. Внешне это квадратной формы микрочип, расположенный под процессором, но в верхней части системной платы. Как правило, северный мост использует дополнительное охлаждение. Обычно это пассивный радиатор, реже – радиатор с активным охлаждением. Связано это с тем, что температура северного моста примерно на 30 град. всегда выше температуры "южного".

Завышенная температура вполне обоснована. Во-первых, северный мост находится в непосредственной близости от центрального процессора, во-вторых, он находится выше видеокарты, жестких дисков и южного моста. Это означает, что часть тепла от вышеупомянутых устройств доходит до северного моста. Ну и в-третьих, самое главное – северный мост отвечает за обработку команд самых сильных компонентов системы – процессор, память и графику. Поэтому повышенная температура является нормой для северного моста любой материнской платы.

Южный мост. Южный мост (Southbridge) – это функциональный контроллер, известен как контроллер ввода-вывода или ICH (In/Out Controller Hub). Отвечает за так называемые "медленные" операции, к которым относится отработка взаимодействия между интерфейсами IDE, SATA, USB, LAN, Embedded Audio и северным мостом системы, который, в свою очередь, напрямую связан с процессором и другими важными компонентами, такими как оперативная память или видеоподсистема. Также южный мост отвечает за обработку данных на шинах PCI, PCIe и ISA (в старых моделях системных плат).

Список обслуживаемых систем материнской платы южным мостом довольно велик. Помимо вышеприведенных IDE, SATA, USB, LAN и прочего, южный мост отвечает еще и за SM шину (используется для управления вентиляторами на плате), DMA-контроллер, IRQ-контроллер, системные часы, BIOS, системы энергообеспечения APM и ACPI, шину LPC Bridge.

Как правило, выход из строя южного моста ставит точку в жизни системной платы. Именно южный мост является порой первым щитом, принявшим "удар на себя". Ввиду технологических особенностей это так. Причин "гибели" южного моста на порядок больше, чем северного, ведь он работает напрямую с "внешними" устройствами. Так, частой причиной выхода из строя ЮМ является банальный перегрев, вызванный коротким замыканием, например, USB-разъема. Либо неисправности питания жесткого диска. Т.к. в большинстве случаев южный мост не оборудован системой дополнительного охлаждения, он перегревается и сгорает. Реже причиной поломки южного моста является заводской брак. Деформация (излишние изгибы) системной платы также приводит к повышению нагрева южного моста с последующим выходом его из строя.

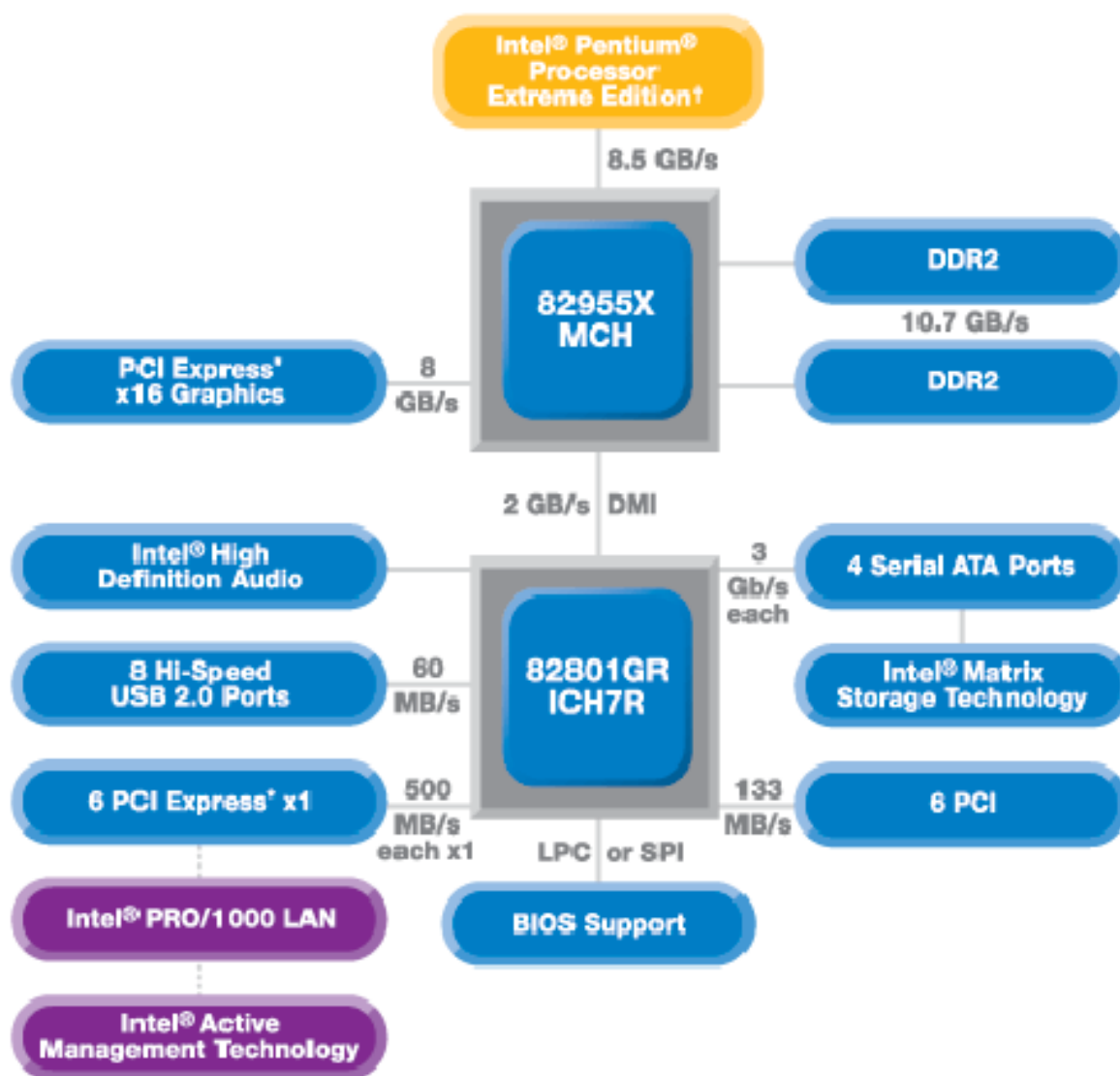


Рис.9. Структурная схема системной платы ПК с обозначением чипсетов, интерфейсных стандартов и скоростями передачи данных.

3.1.4. Новые разработки процессоров и компьютеров, включая российские.

Моноблок Kraftway с процессором «Эльбрус-2С+» (рис.10, а). Создание ПК на российском процессоре от компании МЦСТ является одним из главных ИКТ-событий 2012 года. Процессоры МЦСТ ранее в «обычных» компьютерах не использовались. Основным рынком сбыта процессоров для компании является оборонный сектор, куда МЦСТ поставляет так называемые индустриальные вычислительные системы. Например, они используются в системах ПВО С-400 и С-300. Также у МЦСТ есть **защищенный ноутбук** (рис.10,б) для эксплуатации в жестких условиях. Он способен работать в диапазоне температур от -20°C до $+50^{\circ}\text{C}$, его можно ронять с 10-метровой высоты и топить в воде. Стоимость такого устройства составляет порядка \$14 тыс.



Рис.10. Моноблок Kraftway с процессором «Эльбрус-2С+» (а), защищенный ноутбук (б), процессор «Эльбрус-2С+» (в)



Рис.11. Системная плата компьютера с процессором «Эльбрус-2С+» (2012г.).

Raspberry Pi – одноплатный компьютер размером с банковскую карту (рис. 12), рекламируемый как система для обучения компьютерным наукам. Выпускается в двух версиях: «А» (256 Мб ОЗУ), стоимостью \$ 25, и «В» (\$ 35, с Ethernet, 512 Мб ОЗУ). Разрабатывается Raspberry Pi Foundation (Великобритания, 2012г.).



Рис.12. Одноплатный компьютер Raspberry Pi (2012г.).

- ОС: Rasbian, Debian, Android и т.п.;
- Процессор: Broadcom BCM2835 (или Samsung);
- Тактовая частота: 700 МГц;

- ОЗУ: интегрирована в процессор – 512 МБ;
- Видеоподсистема: интегрирована в процессор;
- ПЗУ: флеш-карта MMC;
- Чипсет: Ethernet и USB: SMSC LAN9512;
- Интерфейсы: HDMI, USB, видео RCA, Stereo Jack 3,5 мм, Ethernet, UART, GPIO, JTAG, SPI, I2C, DSI, CS;
- Питание: micro-USB 5В при 700мА;
- Размер: 85,6 × 54 × 17 мм³;
- Масса: 45 г.

3.2. Контрольные вопросы

1. Что такое системная плата ?
2. Каков англоязычный термин, соответствующий русскому термину «системная плата»?
3. Какие существуют форм-факторы системных плат ?
4. Что такое контроллер?
5. Что такое «северный мост», и для чего он предназначен ?
6. Что такое «южный мост», и для чего он предназначен ?
7. Что такое BIOS?
8. Перечислить типы системных шин.
9. Перечислить компьютерные интерфейсы, отметить их назначение.
10. Каково распределение скоростей передачи данных по системной плате?
11. Рассказать о новых разработках компьютеров, включая российские.

3.3. Задание

1. Снять крышку с системного блока ПК.
2. Исследовать устройство системной платы.
3. Измерить геометрические размеры системной платы и классифицировать её по принадлежности к определённому форм-фактору.
4. Изобразить эскиз системной платы с указанием всех элементов и разъёмов.
5. Описать и дать краткую характеристику всех элементов и разъёмов системной платы.
6. Показать и представить результаты преподавателю.
7. Подготовить отчет о работе, который содержит краткие ответы на контрольные вопросы и эскиз системной платы.
8. Отчёт в виде компьютерного файла сохранить в формате DOC, дать ему имя, содержащее номер группы и фамилию и отправить преподавателю.

4. Прямое соединение компьютеров в сеть

Цель работы – научиться соединять компьютеры в сеть типа «точка–точка» через различные порты (IrDA, USB, COM, LAN), настраивать их, передавать данные через созданные соединения.

Средства для выполнения работы.

1. Аппаратные средства: два компьютера, расположенных на небольшом расстоянии друг от друга; IrDA адаптер с удлинительным USB-кабелем (2 шт.); кабельный адаптер USB–COM (2 шт.); нуль-модемный переходник для соединения по COM-порту; адаптер USB–LAN (2 шт.); перекрёстный Ethernet-кабель на витой паре для соединения по LAN-порту.

2. Программное обеспечение: ОС Windows, драйвер SH341SER для адаптера USB–COM, драйвер для USB–LAN-адаптера, программа для работы с COM-портом Terminal или другая, например HyperTerminal или Putty.

3. Информационные средства: номер COM-порта, скорость передачи данных; общее имя рабочей группы (например, WORKGROUP), имя компьютера 1 и 2, IP-адрес 1 и 2.

4.1. Общие сведения. Способы прямого соединения двух компьютеров

Компьютерные сети – это совокупность компьютерных узлов, объединенных каналами передачи данных. Рассмотрим способы прямого соединения двух компьютеров по схеме «точка-точка», которые используются, как правило, для создания временных сетей типа «компьютер-компьютер» с целью совместного использования файлов. При этом сразу заметим, что прямое соединение двух ПК пассивным USB- кабелем в принципе невозможно, и здесь требуются адаптеры – преобразователи интерфейса.

Итак, для обмена данными между двумя компьютерами (например, настольным и переносным), когда они соединяются непосредственно друг с другом, без помощи дополнительного коммуникационного оборудования можно применять следующие способы соединения:

1. Прямое соединение компьютеров через последовательный (COM), параллельный (LPT) или инфракрасный (ИК – IR) порты.

2. Соединение двух компьютеров через LAN-порт в локальную вычислительную сеть (ЛВС, Local Area Network – LAN) с использованием сетевых карт и проводных линий связи (UTP, Unshielded Twisted Pair – неэкранированная витая пара).

4.1.1. IrDA – инфракрасные порты предназначены для беспроводного соединения двух компьютеров или подключения гаджета к компьютеру. Связь обеспечивается при условии прямой видимости, дальность передачи данных – не более 1 м. Если в компьютере нет встроенного IrDA адаптера, то он может быть выполнен в виде дополнительного внешнего устройства – USB–IrDA адаптера, подключаемого через USB-порт (рис.1). В Windows XP имеются встроенные средства для работы с ИК-портом, позволяющие без дополнительной установки внешних драйверов осуществлять беспроводную передачу файлов.

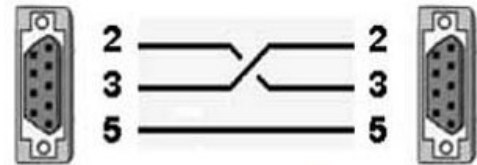


Рис.1. USB-IRDA адаптер.

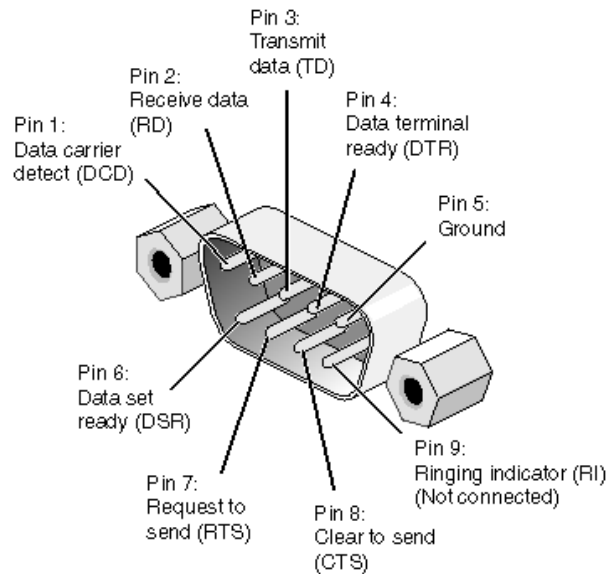
4.1.2. Последовательный порт COM (RS-232C). Наиболее простой и доступный способ соединения двух компьютеров – это прямое соединение их через асинхронный последовательный порт COM (рис.2) . В этом случае используется лишь пассивный нуль-модемный кабель (рис.3). Однако не все современные персональные компьютеры оснащены COM-портами, а тем более ноутбуки. И, тем не менее, этот типа подключения на сегодняшний день остаётся наиболее распространенным в промышленной автоматике, поэтому он весьма важен для изучения.



а)

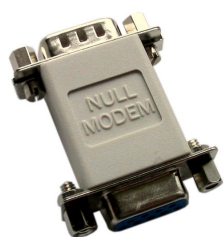


б)



в)

Рис.2. Последовательный COM-порт (RS-232C): а) соединитель DB-9; б) разводка простого нуль-модемного кабеля с разъёмами DB-9; в) нумерация и назначение контактов DB-9.



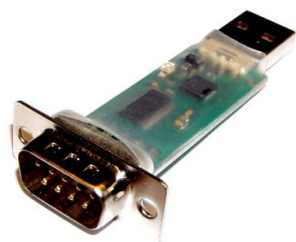
а)



б)

Рис.3. Нуль-модемный переходник (а) и нуль-модемный кабель (б).

Если в компьютере отсутствует COM-порт, то его эмулируют с помощью адаптера USB–COM. Если печатный узел адаптера монтируется в корпусе одного из разъёмов, то можно говорить о кабельном адаптере USB–COM (рис.4). Для функционирования USB–COM адаптера необходимо установить его драйвер, например SH341SER.



а)



б)

Рис.4. Адаптер-переходник USB–COM (а), кабельный адаптер USB–COM (б).

При работе с COM портом весьма удобно использовать программу Terminal, основное окно которой представлено на рис. 5.

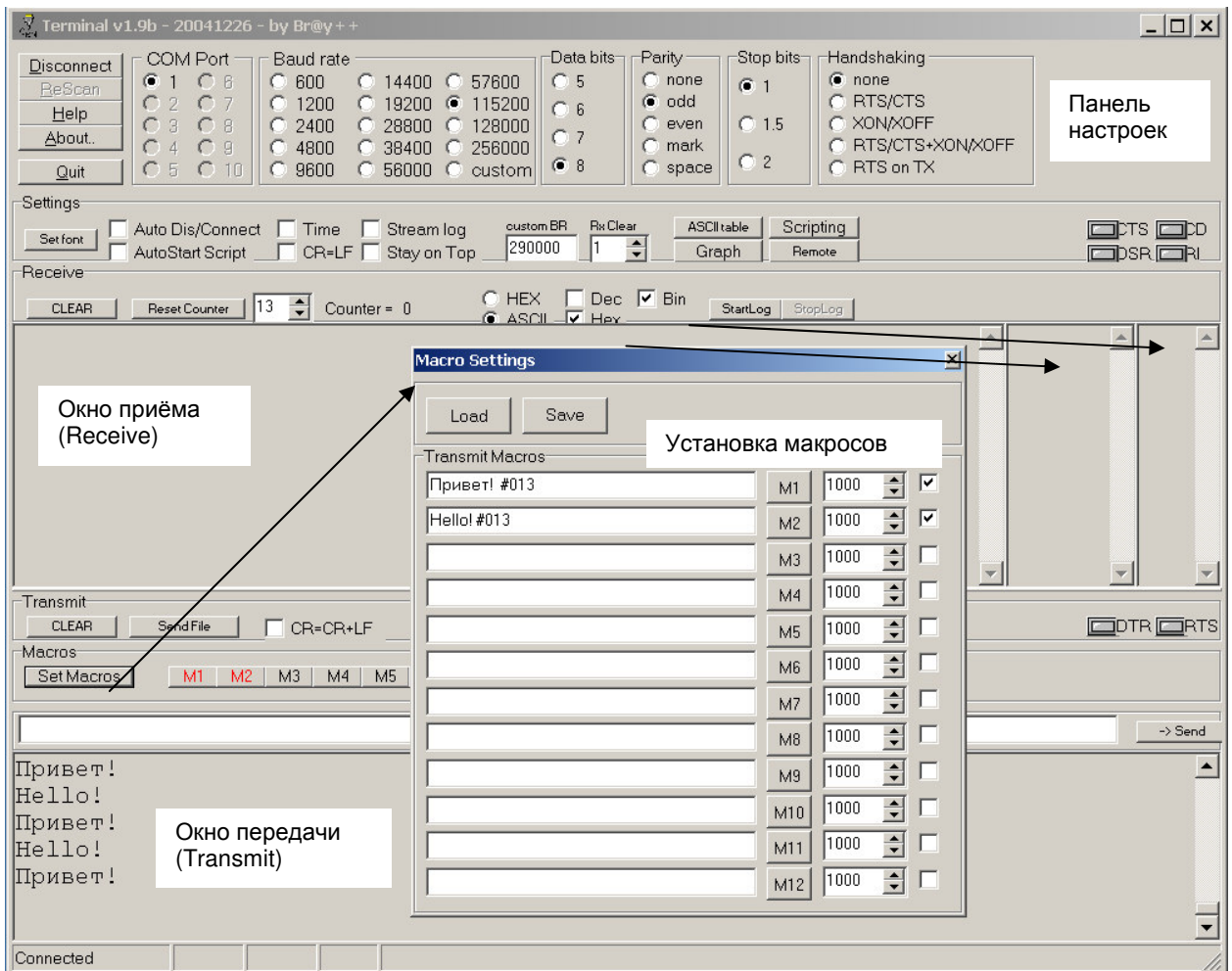


Рис.5. Окно программы Terminal v.1.9.

Перед установкой связи (Connect) на каждом из компьютеров необходимо задать следующие основные параметры COM-порта: номер COM-порта (от 1 до 10); скорость передачи данных (Baud rate) – 115200 бит/с; количество бит данных (Data bits) – 8; признак чётности (Parity) – none; количество стоп-бит (Stop bits) – 1; управление обменом данными (Handshaking) – none. Поставьте «галочки» в полях ASCII, Hex, Bin. Щёлкните по кнопке Set Macros и в первом поле наберите текст Hello ! #013, а во втором Good by ! #013.

Далее, нажмите кнопку **Connect** на каждом из компьютеров, и между ними будет установлена прямая связь с заданной скоростью и другими установленными параметрами. Нажав кнопку M1 на одном компьютере, увидим текст Hello ! в окне Receive (Приём) второго компьютера.

4.1.3. LAN-порт (Ethernet). Для соединения двух компьютеров в локальную сеть по схеме «точка-точка» используются сетевые карты Ethernet 10 Base-T (или Fast Ethernet 100 Base-T) и проводные линии связи типа «витая пара» (UTP, Unshielded Twisted Pair – неэкранированная витая пара).

Линии связи представляют собой перекрёстный кабель (cross-over cable) с соединителями RJ-45. Например, для четырехпроводного перекрёстного кабеля (две пары) разводка следующая: разводка 1-2-3-6 на одном из разъемов должна соответствовать разводке 3-6-1-2 на другом разьеме. Разводка восьмипроводного перекрёстного кабеля (четыре пары) показана на рис. 6.

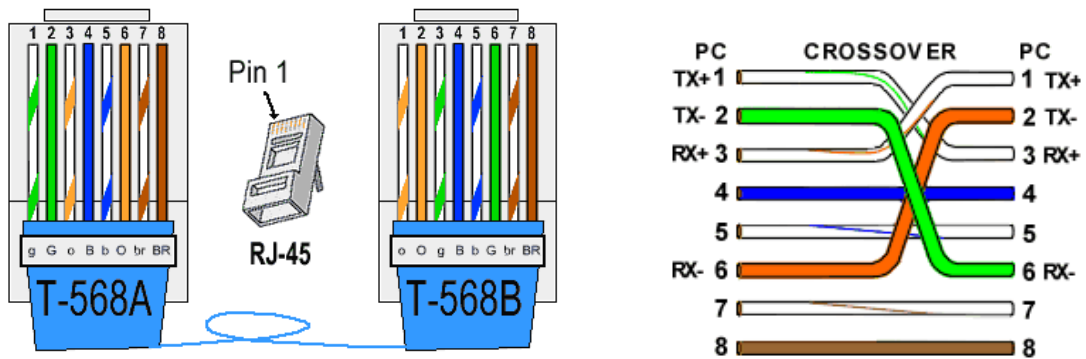


Рис.6. Перекрестный кабель для прямого соединения компьютеров сетевым перекрестным Ethernet кабелем (crossover cable) по схеме «точка-точка» для создания LAN (локальной вычислительной сети), а точнее рабочей группы.

Если в компьютере отсутствуют LAN-порты (нет сетевой карты) или они заняты другими соединениями, то новый LAN-порт создают с помощью адаптера USB–LAN. (рис. 7). При этом для функционирования USB–LAN-адаптера возможно потребуется установить драйвер, например QF9700.



Рис.7. Адаптеры USB–LAN (USB to Fast Ethernet 10/100 Mbps Network LAN): а – без кабеля; б – с кабелем.

Заметим, что многие современные компьютеры не нуждаются в перекрестном кабеле: они используют режим автоматической установки интерфейса кроссовера в зависимости от среды (Auto-Medium Dependent Interface Crossover – Auto-MDIX) и автоматически настраивают Ethernet-порт. Такие свойства однозначно есть у адаптеров с гигабитными скоростями передачи. Однако, если вы не уверены в автоматических свойствах сетевой платы, то просто используйте перекрестный Ethernet-кабель.

После физического соединения двух компьютеров кабелем (рис.8) требуется настройка операционных систем каждого из них.

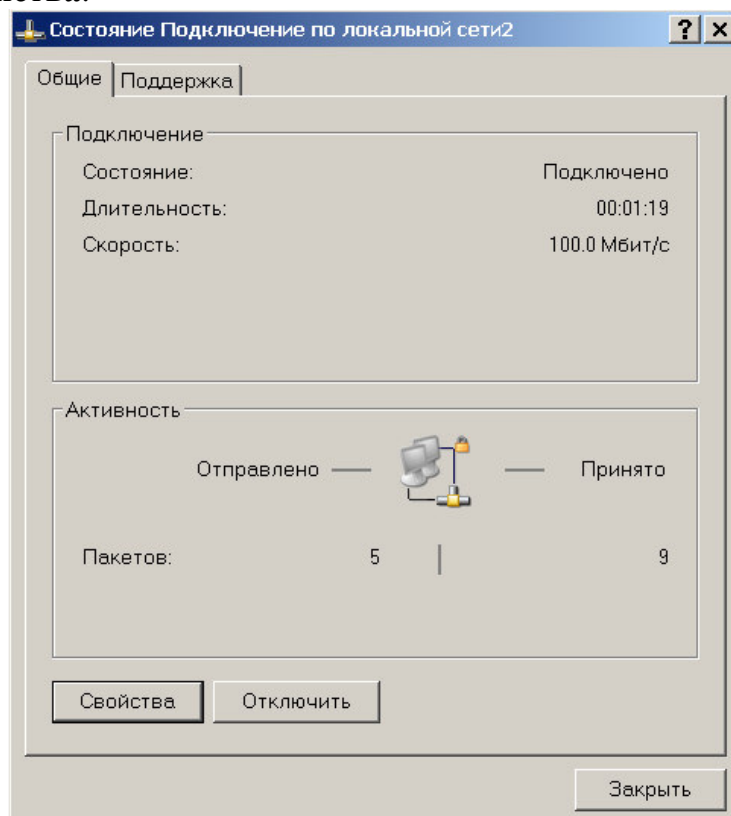


Рис.8. Непосредственное соединение ноутбука с Windows 7 и настольного ПК с Windows XP сетевым перекрёстным Ethernet кабелем (crossover cable) по схеме «точка-точка» для создания LAN (локальной вычислительной сети), точнее рабочей группы.

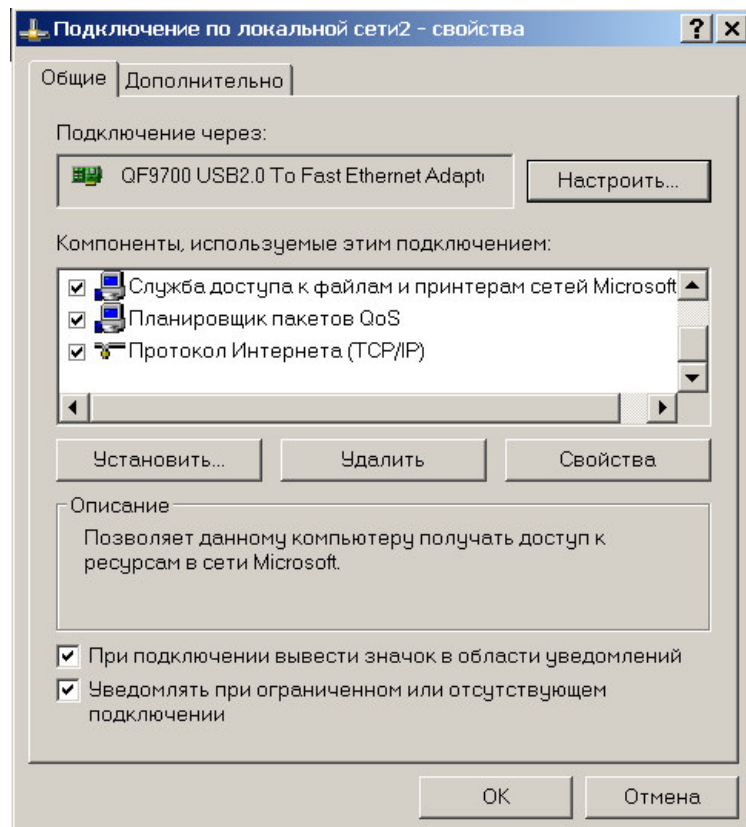
4.1.4. Настройка локальной сети между двумя ПК с Windows XP.

1. На первом компьютере выполняем следующие действия:

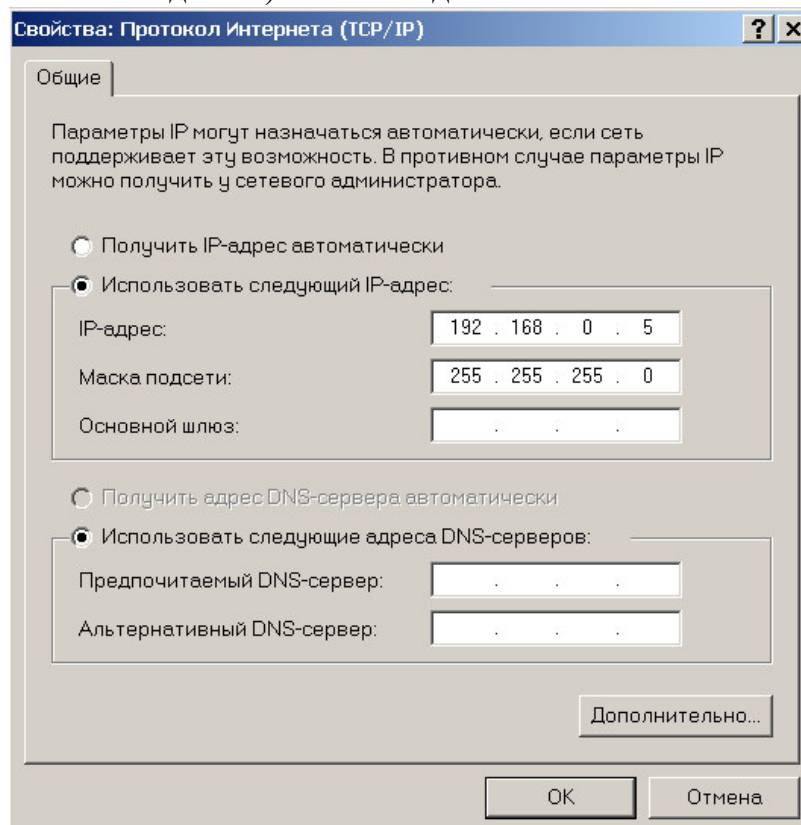
- Открываем **Пуск > Настройка > Панель управления > Сетевые подключения**.
- Находим **Подключение по локальной сети** и правой кнопкой мыши открываем **Свойства**.



Щёлкнув по кнопке **Свойства**, получаем окно



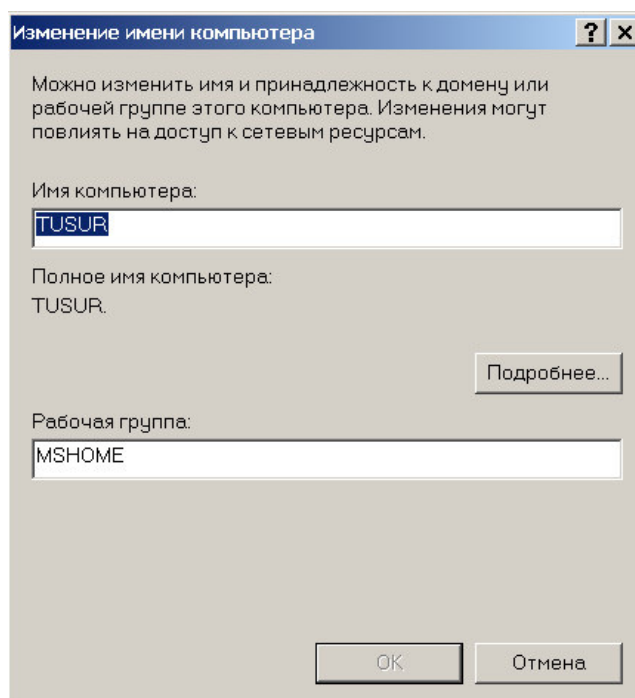
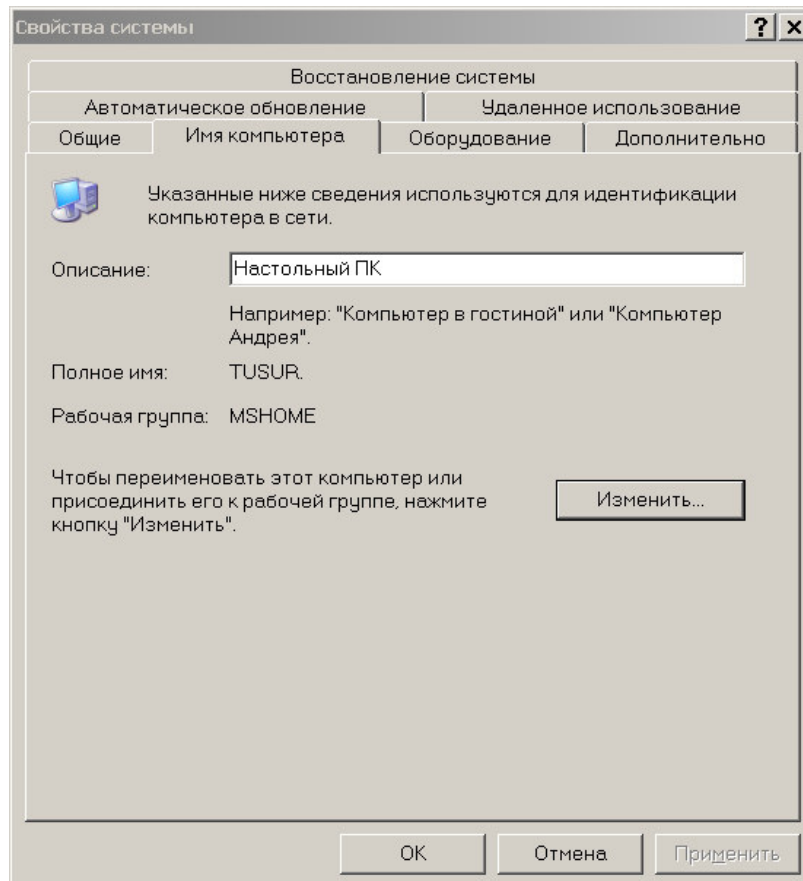
- В списке выбираем **Протокол Интернета TCP/IP** и снова открываем **Свойства**.
- В открывшемся окне выбираем пункт **Использовать следующий IP-адрес** и вводим локальный адрес нашего компьютера 192.168.0.5 (последнее число может быть любым от 0 до 255). Маска подсети 255.255.255.0.



Щёлкаем мышью по «ОК» и возвращаемся в исходное состояние.

2. На втором компьютере проделываем те же действия, указывая IP адрес, например, 192.168.0.6. Затем необходимо убедиться, что устройства находятся в одной рабочей группе.

- На рабочем столе правой кнопкой мыши нажимаем на ярлык **Мой компьютер** и выбираем **Свойства** (комбинация клавиш Win+Break).
- В открывшемся окне Свойства системы выбираем вкладку **Имя компьютера и Изменить**.



Компьютеры должны иметь одинаковую рабочую группу, например MSHOME или WORKGROUP или др., но разные имена в сети !

- Примечание. Включение общего доступа к файлам. Щелкните правой кнопкой мыши по значку выбранного сетевого подключения, затем выберите пункт **Свойства**. Перейдите на вкладку **Дополнительно** и нажмите кнопку **Параметры брандмауэра Windows**. В окне **Параметры брандмауэра Windows**, перейдите на вкладку **Исключения**, и убедитесь, что выбран пункт Общий доступ к файлам и принтерам.

- Сохраняем изменения и перезагружаем компьютеры.

3. Проверить, установлено ли соединение между двумя ПК можно командой ping.

Открываем командную строку: **Пуск > Выполнить > cmd** и щелкаем ОК. Вводим команду **ping 192.168.0.6** (здесь указываем IP второго компьютера). Если пакеты успешно передаются, сеть настроена.

4.1.5. Настройка локальной сети между двумя ПК с Windows 7.

При работе с Windows 7 на двух компьютерах необходимо сразу указать одинаковую рабочую группу, как и в случае с XP.

- На рабочем столе правой кнопкой мыши нажимаем на ярлык **Мой компьютер** и выбираем **Свойства** (комбинация клавиш Win+Break).
- В открывшемся окне **Свойства** системы выбираем вкладку **Имя компьютера** и **Изменить**. Компьютеры должны иметь одинаковую рабочую группу, например MSHOME или WORKGROUP или др., но разные имена в сети.
- Сохраняем изменения и перезагружаем компьютеры.

После этого операционная система должна сама произвести все настройки и опознать сеть, если этого не произошло, придется выполнить еще несколько действий. Открываем **Пуск > Панель управления > Сеть и интернет > Центр управления сетями > Изменение параметров адаптера** и в настройках необходимого подключения задаем IP-адрес компьютера аналогично предыдущей инструкции для Windows XP.

4.1.6. Настройка сети между компьютерами с Windows 7 и Windows XP.

Выше была рассмотрена настройка сети между компьютерами с одинаковыми операционными системами, но часто возникает задача подключения ноутбука с Windows 7 к настольному ПК с Windows XP. Вначале выполняем известные действия: задаем одинаковые рабочие группы и указываем имена компьютеров (обязательно латинскими символами и без пробелов).

Чтобы открыть доступ к файлам и папкам одного ПК для другого, необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши по нужной папке (или по логическому диску) и выбрать пункт **Общий доступ**. В разделе **Конкретные пользователи** открываем доступ.

Чтобы войти с Win XP на Win 7 потребуется принять учетную запись пользователя «семерки», ввести *имя пользователя* и *пароль*.

Так же, возможно, понадобится выполнить следующее действие – из **Центра управления сетями и общим доступом** перейти в **Дополнительные параметры общего доступа**, где нужно выставить требуемые значения настроек.

На компьютере под управлением Windows XP также может потребоваться включить совместный доступ к файлам и принтерам.

4.2. Контрольные вопросы

1. Какие порты могут быть использованы для прямого соединения компьютеров в сеть типа «точка–точка»?
2. Охарактеризовать соединение компьютеров через ИК-порт (IrDA)
3. Охарактеризовать соединение компьютеров через COM-порт (RS-232).
4. Охарактеризовать соединение компьютеров через LAN-порт (Ethernet).
5. Охарактеризовать беспроводное соединение компьютеров по Wi-Fi.

4.3. Задание

Задание 1. Установить соединение двух ПК через ИК-порт.

1. Подключить к USB-порту каждого из двух компьютеров удлинительный USB-кабель с USB–IrDA адаптером. При необходимости установить драйверы для IrDA адаптеров.

2. Осуществить взаимную передачу небольших файлов через ИК-порт.

Задание 2. Установить соединение двух ПК через COM-порт.

1. Подключить к USB-порту каждого из двух компьютеров кабельный USB–COM адаптер. Установить драйверы для этих адаптеров CH340. Соединить кабели с помощью нуль-модемного переходника или кабеля.

2. Запустить программу **Terminal**. Выполнить соединение **Connect**, предварительно выбрав номер соединяемого COM-порта. Настроить параметры соединения (скорость 115200 бит/с и т.д.) одинаковые на обоих компьютерах.

3. Передать и принять отдельные символы, генерируемые клавиатурой.

4. Осуществить передачу и приём макросов.

5. Осуществить передачу и приём небольших текстовых файлов.

6. Показать и представить результаты преподавателю. Подготовить отчет о работе.

Задание 3. Установить соединение двух ПК через LAN-порт.

1. Подключить к USB-порту каждого из двух компьютеров адаптер USB–LAN. При необходимости установить драйверы этих адаптеров. Соединить компьютеры перекрёстным UTP-кабелем.

2. Настроить операционные системы обоих компьютеров и установить прямое LAN-соединение между ПК.

3. На одном из ПК осуществить работу с файлами, например выбор и просмотр, другого ПК.

4. Подготовить отчет о работе. Показать и представить результаты преподавателю.

5. Отчет в виде компьютерного файла сохранить в формате DOC или RTF, дать ему имя, содержащее номер группы и фамилию, после чего отправить преподавателю на электронный адрес sychevan@kcup.tusur.ru.

5. Устройства вывода графической информации. Плоттер

Цель работы – изучить функциональные возможности, назначение и состав плоттера Roland DXY 1100. Освоить методику его практического использования, включая этапы подключения к компьютеру и подготовки графических файлов для печати. Получить навыки программирования на графическом языке **HPGL**.

Средства для выполнения работы

Аппаратная часть: персональный настольный компьютер, плоттер, соединительные кабели для параллельного (LPT) и последовательного (COM, RS-232) портов.

Программное обеспечение: Corel Draw – графический редактор; SPLOT – программа-симулятор (имитатор) плоттера для просмотра и конвертирования файлов в различные графические форматы; команда COPY, вводимая из командной строки Windows.

5.1. Общие сведения

В силу особенностей задач, решаемых САПР (CAD), для их эффективного использования применяется достаточно широкий спектр специфического периферийного оборудования (технического обеспечения САПР), как правило, не имеющего хождения в других отраслях использования компьютеров. Специфика САПР накладывает свои особенности даже на выбор стандартных компонентов оборудования [1].

Плоттер, или графопостроитель, – это устройство для автоматического вычерчивания с высокой точностью сложных чертежей, схем, рисунков, карт и другой графической информации на бумаге или другом носителе, например плёнке или ткани (рис.1).

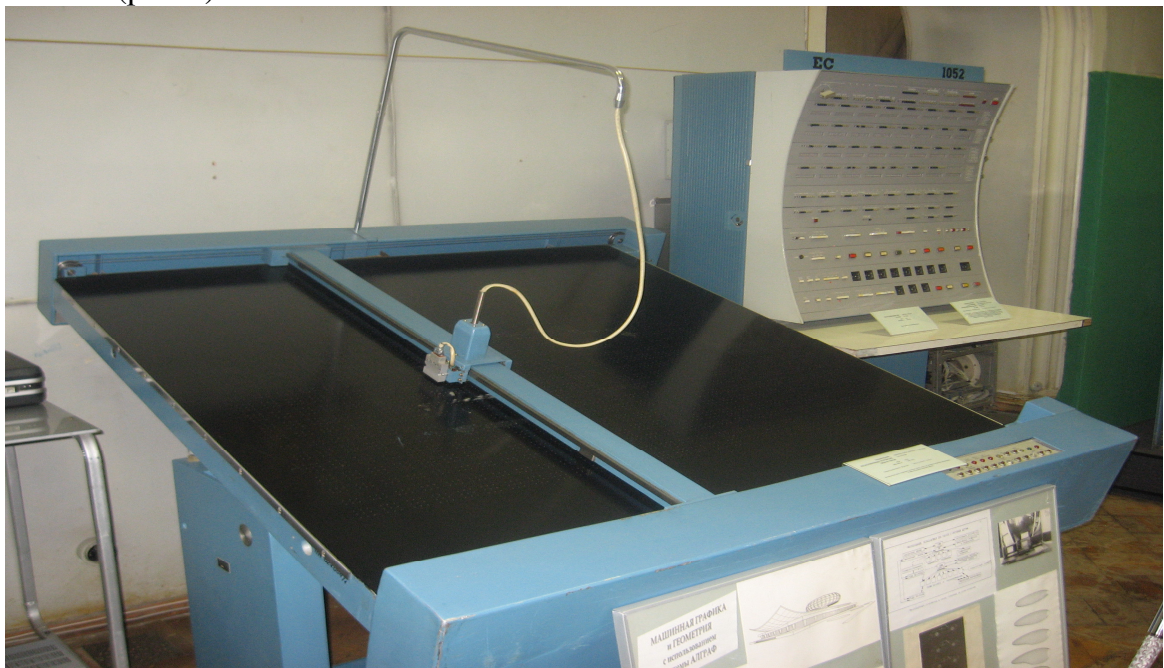


Рис.1. Графическое регистрирующее устройство типа EC-7051M. СССР, 1980–1983 гг. Скорость вычерчивания 50 мм/с. Автоматически чертит на бумажных носителях: схемы, карты и др. документы по данным, поступающим от ЭВМ или устройств подготовки данных (Политехнический музей, Москва, 2011 г.).

Плоттеры появились как необходимое дополнение к 2D CAD-системам, так как традиционно чертежи исполняются на листах крупного размера, которые невозможно отпечатать на обычном принтере.

Плоттеры *по конструктивному исполнению* делятся на: 1) рулонные (барабанные) и 2) планшетные (плоские). **Рулонные** плоттеры работают на принципе передвижения материала (бумаги) с помощью ролика, обеспечивая тем самым продольную координату X, а Y обеспечивается поперечным движением каретки. В качестве рисующего элемента используются рисующие головки, а также перья различных видов. Главной особенностью этой технологии является возможность создания произведений ограниченной ширины, но практически неограниченной длины. Во втором типе плоттеров – **планшетных** графопостроителях – бумага располагается на плоскости и неподвижна. Над плоскостью устанавливается рисующий блок, одновременно перемещающийся по двум координатам. Недостаток этого метода заключается в том, что требуется пространство, соответствующее всей расчерчиваемой области. Но достоинством этого решения является высокая точность позиционирования пера и соответственно точность самого рисунка, наносимого на бумагу. Рисующая головка плоттеров часто дополняется кассетными держателями с перьями разной толщины и цвета.

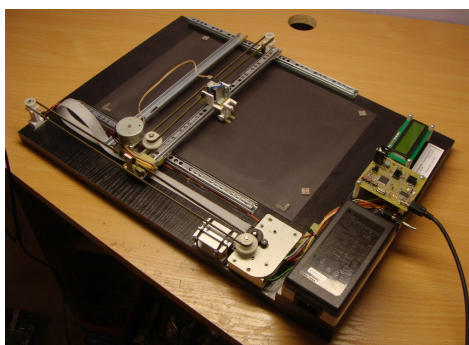


Рис.2. Настольный плоттер планшетного типа

Кроме того, *по типу графики* плоттеры делятся на: 1) растровые и 2) векторные, а *по типу рисующего инструмента* на: 1) струйные и 2) перьевые.

Вследствие совершенствования технологии струйной печати с высокой разрешающей способностью, удешевления компьютерной памяти и скорости обработки изображений сейчас широкое распространение получили **растровые струйные** плоттеры. При этом **векторные перьевые** плоттеры своих позиций не утратили.

Заметим, что в современных плоттерах часто совмещают рисующую и сканирующую головки, установленные на одной каретке. Такое многофункциональное устройство позволяет не только рисовать электронные чертежи и схемы, но и **сканировать** ранее созданные документы (например чертежи, выполненные вручную), а также создавать копии документов без их ввода в CAD-системы.



Рис.3. Рулонный растровый струйный плоттер-сканер

Кроме того, существуют комбинированные **режущие плоттеры**, позволяющие по сколь угодно сложному контуру прорезать гибкие материалы на подложке – самоклеящиеся виниловые аппликационные и трафаретные пленки, тонкие фольги на гибкой диэлектрической основе и многое другое. Они эффективны для решения задач визуализации, а также изготовления гибких плат и шлейфов.

Несмотря на набирающую популярность технологию публикации электронных чертежей и документов, широкоформатные плоттеры ещё остаются востребованными. Они используются для печати чертежей, карт, результатов компьютерной визуализации. Обеспечивая максимальную точность, высокую цветопередачу, широкий цветовой охват, плоттеры предоставляют большие возможности для печати графической информации. Основным их достоинством является большой **размер** получаемого изображения, т.к. мониторы размером более метра на метр вряд ли скоро станут стандартным оснащением рабочих мест инженеров и конструкторов, и потому плоттеры приходится использовать для получения твердой копии электронных данных – так эти данные проще анализировать. В ряде отраслей бумажный чертеж не сдает своих позиций, например на строительной площадке [1].

Планшетный плоттер **Roland DXY-1100**, который будет использован в данной лабораторной работе, показан на рис. 4.



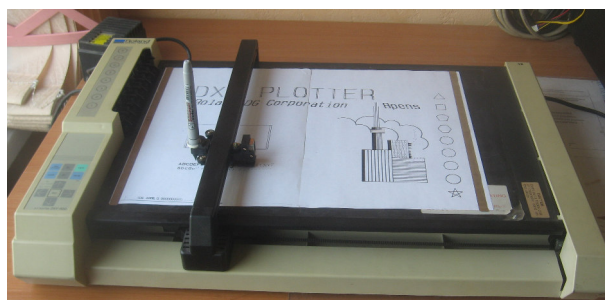
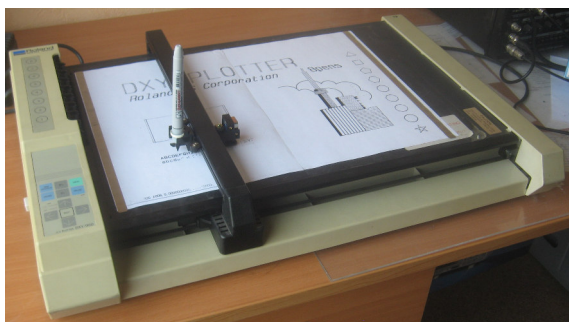


Рис.4. Планшетный плоттер Roland DXY-1100 с фломастером в качестве рисующего пера.

5.2 Графический язык HPGL [2]

HPGL (или **HP-GL**) является основным языком управления плоттерами Hewlett–Packard и других фирм. Его название представляет собой аббревиатуру **Hewlett–Packard Graphics Language** (графический язык от Хьюлетт–Паккард). На данный момент он является стандартом «де-факто» практически для всех плоттеров.

Язык представляет собой сочетание кода из двух букв и следующих за ним дополнительных параметров. Например, дуга (arc) может выводиться на печать следующей командой:

AA 100,100,50;

AA – сокращение от *Arc Absolute*; 100, 100 – координаты центральной точки дуги; 50 – начальный угол, измеряемый против часовой стрелки.

Четвертый параметр, неиспользуемый в данном случае, определяет угол рисования дуги и по умолчанию равен 5 град. Обычно HPGL файлы начинаются с нескольких команд, устанавливающих параметры, и продолжаются длинным списком графических команд. Пример HPGL-файла приводится в табл. 1 и рис. 10.

Т а б л и ц а 1

Команда	Значение
IN;	инициализация, запуск процесса черчения
IP;	определяет начальную точку, в данном случае по умолчанию 0, 0
SC 0,40,0,40;	устанавливает размеры страницы от 0 до 200 шагов в направлениях X и от 0 до 100 шагов по Y (1 мм = 40 шагов)
SP1;	выбирает перо 1
PU0,0;	перемещает перо в начальную позицию
PD100,0,100,100,0,100,0,0;	опускает и двигает перо по заданным позициям (чертит прямоугольник вокруг страницы формата А4-альбом)
PU50,50;	поднимает и перемещает перо в позицию 50, 50 шагов
CI25;	чертит окружность с радиусом 25 шагов

SS;	выбирает стандартный шрифт
DT*,1;	устанавливает в качестве текстового разделителя символ * и запрещает его печать на бумаге (1 – «true»)
PU 1000,100;	поднимает и перемещает перо в позицию X=1000 шагов, Y=100 шагов
LB Hello World*;	чертит надпись

Координатная система основана на наименьших единицах (шагах), поддерживаемых плоттерами – 1 шаг = 0,025 мм = **25 мкм**, то есть 40 шагов/мм или 1016 шагов на дюйм. Координаты задаются числами с плавающей точкой в пределах $\pm 2^{30}$.

Язык HPGL/2. Первоначальный язык HPGL не поддерживал линий различной ширины. Этот параметр определялся перьями, устанавливаемыми в плоттер. С появлением первых струйных плоттеров ширина линий «перьев», указанных в HPGL-файлах, должна была устанавливаться на принтере для каждого пера, что представляло собой довольно трудоемкий процесс, сопровождающийся частыми ошибками. В HPGL/2 данная возможность была предусмотрена непосредственно на уровне языка, что позволило автоматизировать данный этап. Среди прочих улучшений был добавлен бинарный формат. Это нововведение уменьшило размер файлов и время на их передачу. Также было улучшено минимальное разрешение.

Команды графического языка HPGL [3]

Число команд этого графического языка достаточно велико, и ничто не расскажет о них лучше, чем фирменное руководство. Поэтому кратко остановимся лишь на основных группах графических команд.

Т а б л и ц а 2

Команда	Значение
PA	Position Absolute (абсолютные координаты)
PR	Position Relative (относительные координаты)
SP	Select Pen (выбрать перо)
PU	Pen Up (перо поднять)
PD	Pen Down (перо опустить)

Инициализация плоттера

Часть из этих команд уже описана, но здесь они будут дополнены остальными, т.к. невозможно работать с плоттерами без его инициализации (задания начальных значений).

IN; – получение этой команды равносильно включению плоттера с последующим выключением;

Команды установки

IP P1x, P1y [, P2x, P2y]; – ввод в абсолютных единицах плоттера координат точек масштабирования; если P2x и P2y не указаны, но они устанавливаются таким образом, что расстояния по осям X и Y между P1 и P2 остается неизменным. Для формата **ISO A4** (альбом, ландшафт) команда выглядит так: **IP 0, 0, 11040, 7721**.

Для формата **A4** (книга, портрет) команда выглядит так: **IP 0, 0, 7721, 11040**.

SC Xmin, Xmax, Ymin, Ymax; – определяет систему координат в единицах пользователя путем нанесения величин на точки P1min и P2max; **SC** без параметров отключает масштабирование. Изменение положения точек командой **IP** приведет к изменению масштаба.

IW X1, Y1, X2, Y2; – ограничение программного передвижения пера прямоугольным окном ввода (аппаратное отсечение).

RO угол; – вращение системы координат, где значения угла в градусах = 0, 90, 180, 270; команда без параметров отменяет вращение. Значение угла поворота не накапливается, т.е. – команда **RO 0**; всё возвращает в исходное состояние.

Команды управления пишущим элементом

SP n; – команда выбора пишущего элемента, n – номер пера, n = 1...8.

AS accel, [Pn]; – выбор ускорения пишущего элемента accel = 1...4; допустимо назначать ускорение на каждое перо в отдельности, по умолчанию на все.

VS vel, [Pn]; – выбор скорости: vel = 1...60 см/с.

CTn – команда предельной хорды, управляет способом восприятия параметра предельной хорды в командах отрисовки дуг, окружностей и т.д. n = 0 – градусы, n = 1 – устанавливает в текущих единицах максимальное расстояние, решенное между хордой и сегментом дуги.

PU; PD; – подъем и опускание пера. Эти команды могут использоваться и для рисования, если задаются с параметрами.

GP Nгруппы [, Nпэ [, Spэ [, Len]]]; – команда установки пишущих элементов (ПЭ).

Nгруппы – номер группы – означает группу пишущих элементов для использования в команде **SB**.

Nпэ – это номер первого пишущего элемента в группе, если он пропущен, то группа будет состоять из одного пишущего элемента, номер которого совпадает с номером группы.

Spэ – число пишущих элементов – полное число пишущих элементов в группе; группа начинается в ПЭ, определенного в параметре 2 и возрастает на 1 последовательно до тех пор, пока полное их число не сравняется с третьим параметром.

Len – длина в миллиметрах, на которой ПЭ переключается. (1...5000, но по умолчанию 100).

GP; – равносильно вводу 8 групп по одному перу в каждой.

SG Nгруппы; – команда выбора группы пишущих элементов, по умолчанию 0 (**SG**);).

Выбор типа линии

Все отрисовки графических примитивов, исключая строки символов, рисуются текущим типом линии. Строки всегда рисуются сплошной линией.

LT Nструкт, [Len]; – выбор типа линии. Ввод LT; устанавливает сплошную линию. Nструкт – 0...6 – номер структуры линии.

Len – длина структуры (по умолчанию 4% от расстояния P1 и P2). Диапазон от 10^{-9} до $2 \cdot 10^{26} - 1$ %.

Команды рисования

Существует два режима рисования: в абсолютных координатах и в относительных. В первом случае все параметры команд отрисовки воспринимаются как абсолютные значения, отсчитываемые от «0» графопостроителя, во втором – они воспринимаются как приращения от текущего положения рисующего элемента.

PU X, Y, [, ...];

PD X, Y, [, ...]; – в такой форме эти команды воспринимаются как аналоги одной из команд PA или PR в зависимости от того, какая из них была последней.

PA X, Y, [, ...]; – установить режим абсолютного черчения и передвигать элемент в определенные точки в положении, установленном командой PU или PD; **PA** без параметров устанавливает режим абсолютного рисования.

PR dX, dY, [, ...]; – то же самое, но для режима относительного рисования.

Примечание: В относительном режиме рисования и при установленном масштабировании может возникнуть ситуация, когда единицы графопостроителя, эквивалентные координатам в единицах пользователя выйдут за текущий числовой диапазон (до $2 \cdot 10^{26} - 1$). Это называется «потерянный режим». Заметим, что относительные движения совокупны и при невнимательном использовании могут превысить допустимый диапазон.

AA X, Y, a [, ax]; – построение абсолютной дуги.

X, Y – центр дуги окружности;

a – угол дуги: $a < 0$ – по часовой стрелке, $a > 0$ – против часовой стрелки. ax – угол хорды. Дуга строится из текущей точки в текущем положении пера.

AR dX, dY, a [, ax]; – команда относительного построения дуги. Все то же самое, только dX и dY определяют приращение от текущего положения пера.

CI R, [chord]; – отрисовка круга: если $R > 0$, то круг начинается в точке 0 град., если $R < 0$ – в точке 180 град. Центр окружности находится в точке текущего положения пера.

Примечание: Координаты точек и значение радиуса воспринимаются и в единицах графопостроителя, если масштабирование не включено, и в единицах пользователя – при включенном масштабировании.

Это далеко не все команды графического языка HPGL. Еще существуют команды вывода текстовых строк (с заданием размера, угла поворота, вариантного набора знаков и др.) и отрисовки маркеров, команды чертежных отметок, команда режима символов, рисуящую символ в конце каждого вектора. HPGL также поддерживает команду задания конфигурации памяти, загрузки пользовательских

символов (на диапазон кодов 0 – 127), выбор 8-битного режима символов. Многие из этих команд весьма сложны, поэтому здесь они только упоминаются.

5.3. Настройки и управление плоттером Roland DXY-1100

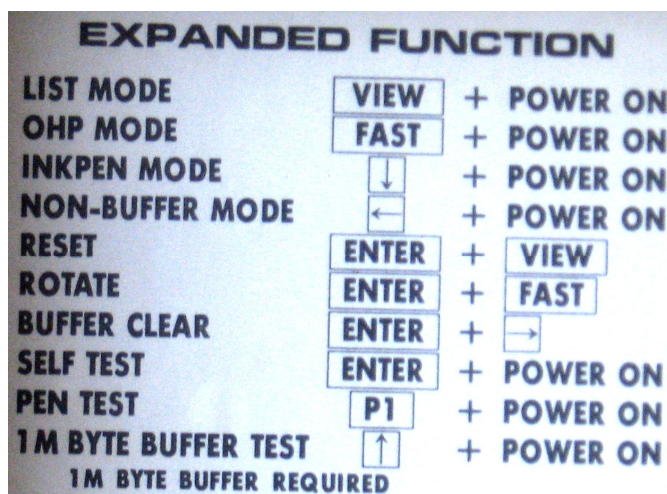
Для установки режимов работы, настройки и тестирования плоттера используются следующие расширенные функции, вводимые с фронтальной панели (табл. 3 и рис.5):

Т а б л и ц а 3

Выполняемое действие	Нажимаемые кнопки
<ul style="list-style-type: none"> • LIST MODE – режим печати списка команд. Символы распечатываются «как есть» без какой-либо обработки подобно принтеру 	VIEW + POWER ON
<ul style="list-style-type: none"> • OHP MODE – режим рисования на плёнке для проектора (OHP – overhead projector) 	FAST + POWER ON
<ul style="list-style-type: none"> • INKPEN MODE – режим чернил 	↓ + POWER ON
<ul style="list-style-type: none"> • Режим без использования буферной памяти (используется для отладки) 	← + POWER ON
<ul style="list-style-type: none"> • Сброс 	ENTER + VIEW
<ul style="list-style-type: none"> • Вращение 	ENTER + FAST
<ul style="list-style-type: none"> • Очистка буфера 	ENTER + →
<ul style="list-style-type: none"> • Самотестирование 	ENTER + POWER ON
<ul style="list-style-type: none"> • Тест перьев 	P1 + POWER ON
<ul style="list-style-type: none"> • Тест буфера 1 МБ 	↑ + POWER ON



(а)



(б)

Рис. 5. Фронтальная панель управления (а) и расширенные функции тестирования плоттера (б).

Некоторые параметры рисования, устанавливаемые на плоттерах Roland, приводятся в табл. 4. Здесь принято 40 шагов на 1 миллиметр, т.е. 1016 шагов на 1 дюйм (1дюйм =25,4 мм).

Формат и размер бумаги, мм	Максимальная область черчения, мм	Максимальная область черчения, шагов
RD-GL, DXY-GL (1 шаг = 0,025 мм = 25 мкм)		
ISO A3 / 420 x 297	403,95 x 276	16158 x 11040
ISO A4 / 297 x 210	276 x 193,025	11040 x 7721
A4 вертикальный / 210 x 297	193,025 x 276	7721 x 11040

Заметим, что формат А4 по умолчанию предполагает альбомную ориентацию, т.е. с горизонтальным расположением длинной стороны (рис.6). Это следует помнить при работе с книжной (вертикальной) установкой А4, являющейся нестандартной.

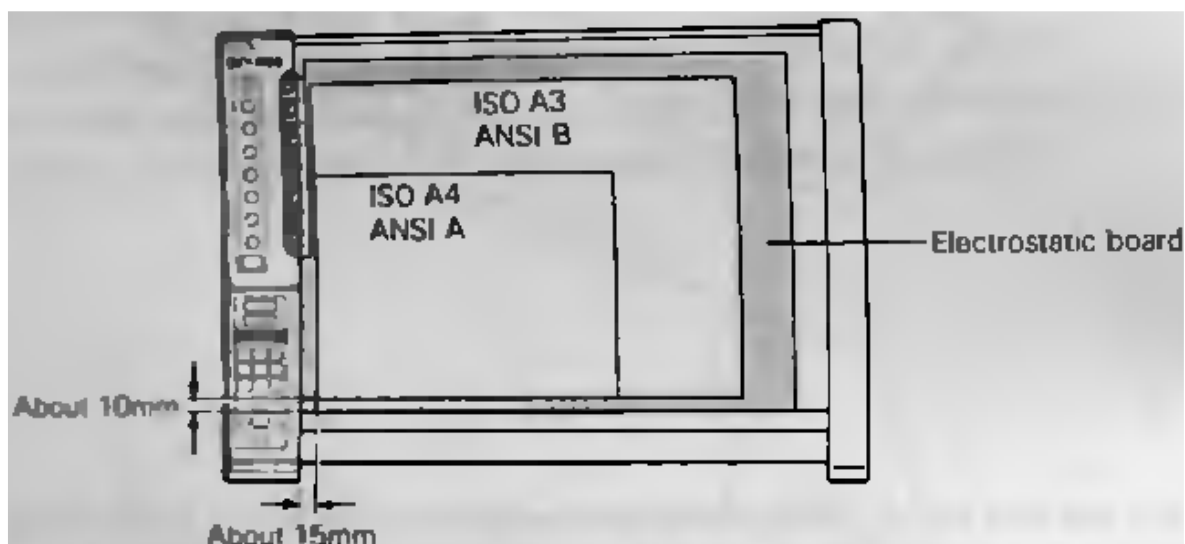


Рис. 6. Стандартные форматы и ориентация листов бумаги на плоттере

DIP-переключатели на задней панели плоттера

DIP-переключатели на задней панели плоттера (рис. 7) позволяют аппаратно установить различные режимы его работы. По умолчанию все переключатели находятся в положении OFF (ВЫКЛ). Для перевода в положение ON (ВКЛ) **необходимо применить соответствующее приспособление.

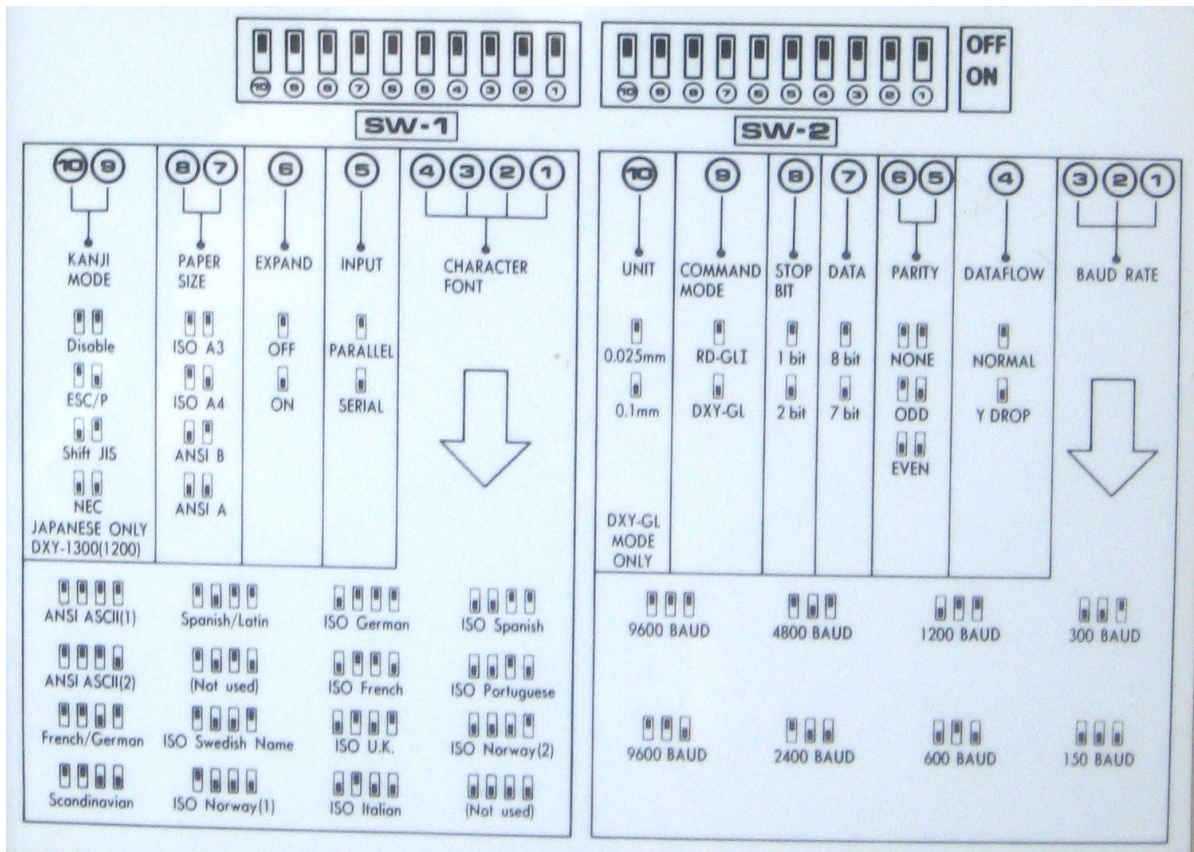


Рис. 7. DIP-переключатели на задней панели плоттера Roland DXY-1100.

SW1-1...4 – выбор символов шрифтов. По умолчанию все OFF – ANSI ASCII (1).

SW1-5 – выбор **входного порта** плоттера (INPUT): OFF – параллельный (Parallel, LPT – по умолчанию); ON – последовательный (Serial, COM).

SW1-6 – выбор расширения (EXPAND). По умолчанию: OFF.

SW1-7, 8 – выбор размера бумаги (PAPER SIZE). OFF – размер A3 (по умолчанию). Для установки размера A4L надо установить переключатели SW1-7 – ON, SW1-8 – OFF.

SW1-9, 10 – выбор режима японских иероглифов кандзи (KANDJI). По умолчанию он отключен – OFF.

SW2-1...3 – установка скорости последовательного порта: OFF, OFF, OFF – 9600 Бод (по умолчанию).

SW2-9 – выбор языка управляющих команд: OFF – RD-GL I (по умолчанию); ON – DXY-GL. Заметим, что DXY-GL – это специализированный набор команд, используемый плоттерами DXY фирмы Roland. **RD-GL I** – это набор команд, который является расширением базового языка **HPGL** и используется по умолчанию.

SW2-10 – выбор точности прорисовки: OFF – **0,025 мм** (по умолчанию), ON – 0,1 мм.

5.4 Подключение плоттера к компьютеру

Первое с чем необходимо определиться – это выбрать порт подключения. Как правило, плоттеры имеют два порта, по которым они могут принимать данные от компьютера: параллельный (parallel, т.е. LPT) и последовательный (serial, т.е., COM, RS-232). Однако в современных компьютерах оба типа портов – редкость, а

в ноутбуках они вообще отсутствуют. Тем не менее, выход есть – это универсальный порт USB, который имеется практически во всех компьютерах. И конкретное решение заключается в применении адаптера USB–COM с сопутствующей установкой драйвера (например SH341SER). В этом случае кабельный адаптер одним концом подключается к USB-порту компьютера, а другим – к последовательному COM-порту плоттера. При этом на задней панели плоттера Roland DXY-1100 DIP-переключатель SW1-5 необходимо установить в положение ON.

По умолчанию подключаемся через параллельный LPT-порт компьютера.

Ещё важно выяснить на каком языке будет осуществляться управление. По умолчанию все плоттеры «понимают» графический язык HPGL. Поэтому переключатель SW2-9 (см. рис. 6) оставляем в положении OFF. В этом режиме плоттер будет «понимать» язык RD-GL I, являющийся расширением стандартного языка HPGL.

Итак, аппаратное соединение плоттера и компьютера установлено, осталось подготовить графические файлы для вывода их на прорисовку.

5.5. Последовательность подготовки графических файлов для прорисовки на плоттере Roland DXY-1100

Предварительно заметим, что подготавливаемый графический файл является двуединым, т.е. он одновременно представляет собой обычный «пассивный» текстовый документ, создаваемый и обрабатываемый программами **Блокнот**, **SPLIT**, **Corel Draw** и т.п., и «активной» управляющей программой, содержащей HPGL-команды для управления плоттером. Итак, последовательность действий по подготовке векторных графических файлов следующая:

1. Нарисовать фигуры в каком-нибудь векторном графическом редакторе, самое простое – в **Microsoft Word**, используя панель **Рисование**. Сохранить файл для последующей работы. Рисунок потом будет необходимо скопировать в буфер обмена и вставить в документ **Corel Draw**. Заметим, что графический редактор **Paint** не годится, т.к. он растровый (точечный).

2. Графику можно также импортировать из какой-либо программы математического моделирования или сразу нарисовать фигуры в «солидном» векторном графическом редакторе, например в **Corel Draw** (можно и в AutoCAD) и предварительно сохранить файл в «родном» для него формате *.CDR.

3. Теперь с помощью **Corel Draw** надо экспортировать исходный файл рисунка в файл управления плоттером, содержащий графические команды на языке HPGL с расширением *.PLT. Последовательность действий: Файл > Экспорт > тип файла HPGL Plotter File (PLT/HGL) > Экспорт > ОК (рис. 8). Заметим, что перед тем как нажать ОК, в появившемся окне «HPGL экспорт» необходимо в закладке «Другое» поставить галочку у пункта «Без команд о толщине или скорости».

4. Файл с расширением *.PLT, содержащий понимаемые Roland-плоттером команды, напрямую или с помощью программы **SPLIT** (рис. 9) посылаем в порт, к которому подключён Roland-плоттер (это может быть последовательный COM-порт, эмулированный USB-портом). Отправка напрямую заключается в выполнении системной команды копирования **copy name.plt comN**, где **name** – имя графического файла, **N** – номер COM-порта. Заметим, что эту команду можно для удобства записать в командный BAT-файл и запускать на выполнение нажатием лишь одной клавиши Enter.

Если плоттер подключен к параллельному LPT-порту, то команда отправки файла на плоттер будет, например такой **сору имя.lpt1**, где **имя** – имя графического файла, 1 – номер LPT-порта.

С целью исследования рекомендуется один и тот же графический файл *.PLT открыть в нескольких программах: в **Блокноте** (рис. 10) или текстовом редакторе **FAR** (клавиша F4) – для ручной коррекции кодов, а также в **SPLIT** – для отображения результатов «ручного» воздействия на коды (графические команды).

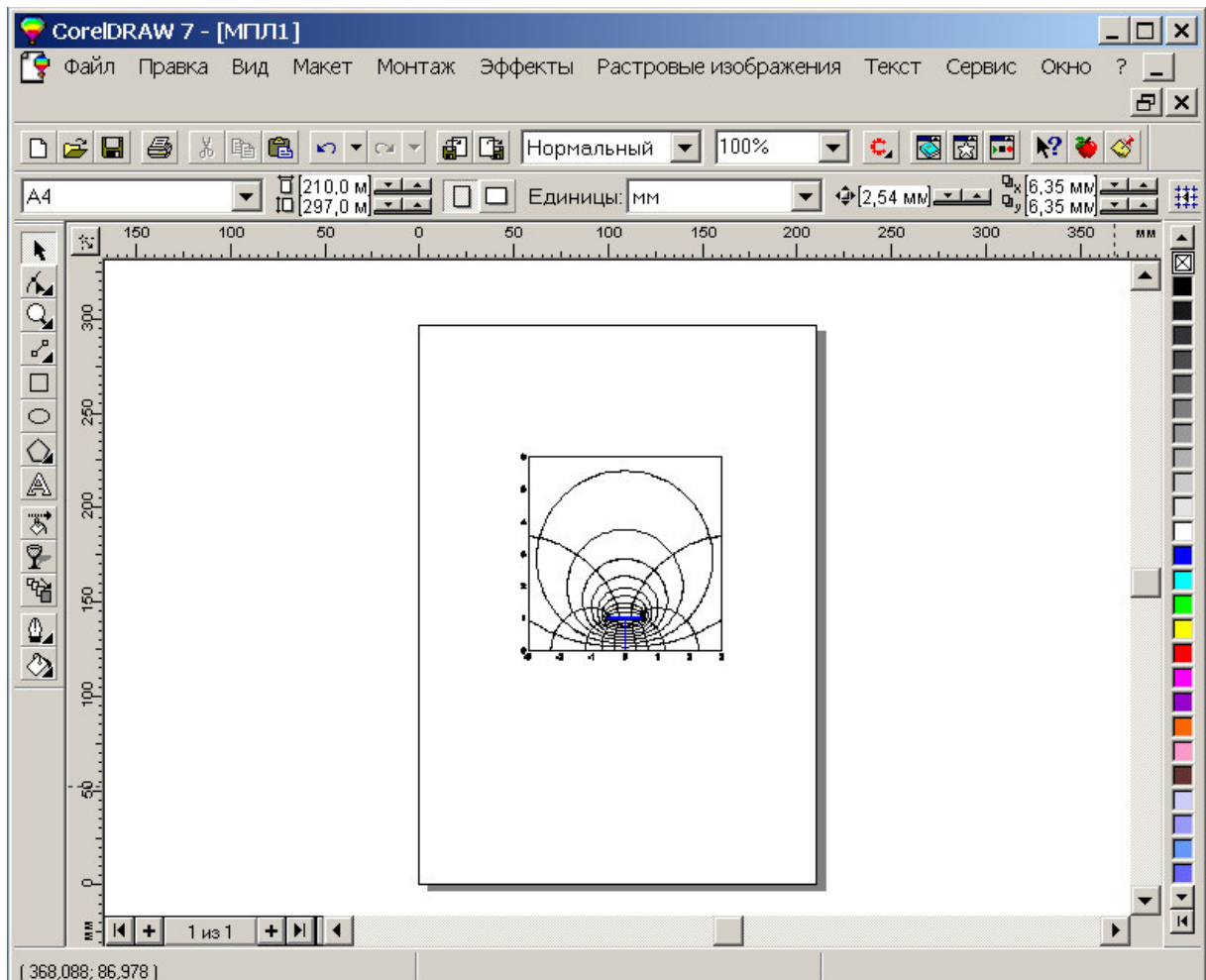


Рис. 8. Окно программы графического редактора **Corel Draw**

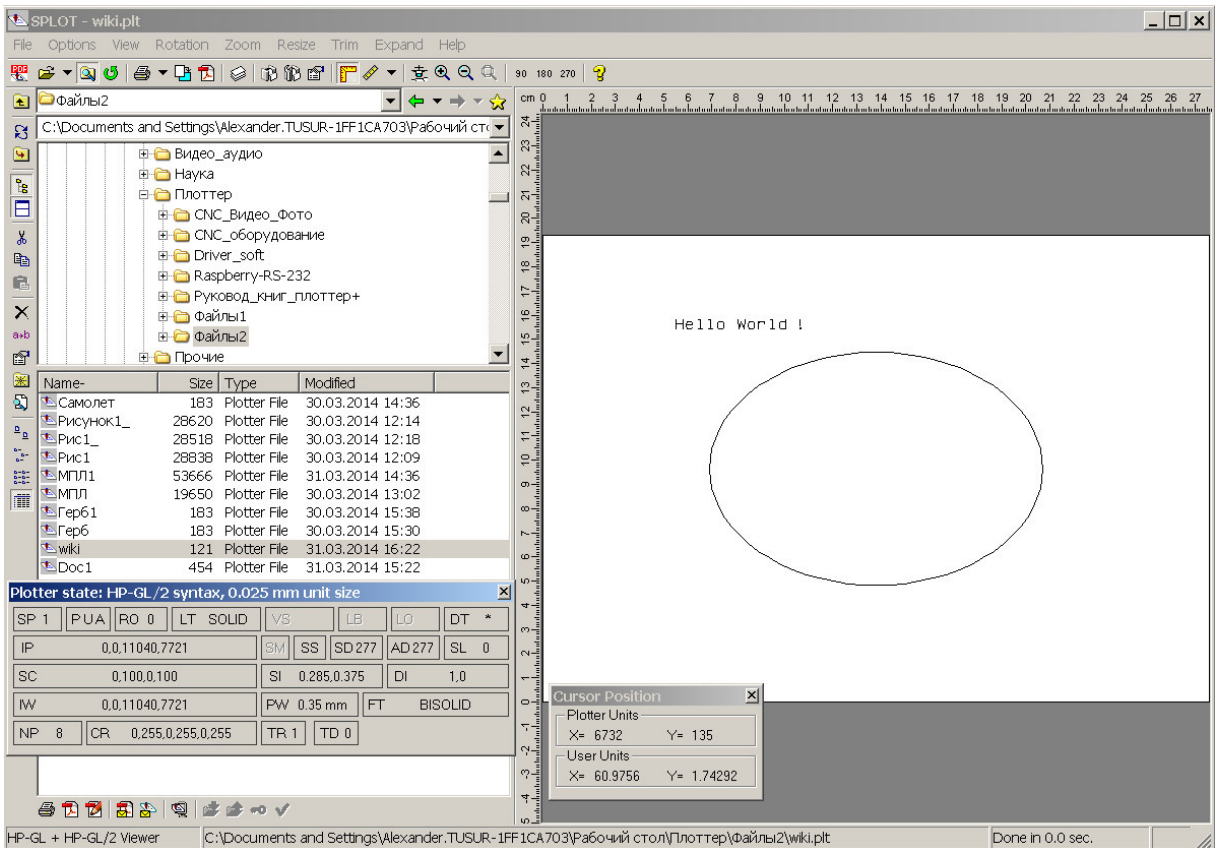


Рис. 9. Окно программы графического симулятора (имитатора) плоттера **SPLIT**

```

wiki - Блокнот
Файл Правка Формат Вид Справка
IN
LT5,10
IP
SC0,100,0,100;
SP1
PU0,0
PD100,0,100,100,0,100,0,0;
PU50,50;
CI25;
SS;
DT*,1;
PU20,80;
LBHello World !*;
  
```

а)

```

редактирование wik.plt - Far
D:\...\Файлы\Файлы\wik.plt
IN;
IP;
SC0,100,0,100;
SP1;
PU0,0;
PD100,0,100,100,0,100,0,0;
PU50,50;
CI25;
SS;
DT*,1;
PU20,80;
LBHello World*;
  
```

б)

Рис. 10. Текст простой программы (см. табл.1) на графическом языке HPGL в **Блокноте** (а) и в текстовом редакторе файлового менеджера **FAR** (б)

5.6. Контрольные вопросы

1. Что такое графопостроитель (плоттер)?
2. Какие типы плоттеров существуют?
3. Какие типы технологий печати используются в плоттерах?
4. Какие типы графических форматов используются при работе с плоттерами?
5. Какие порты персонального компьютера могут быть задействованы для подключения плоттера?
6. Какие графические языки используются для черчения на плоттере?

7. Каковы размеры шагов перемещения пера в плоттере? Сколько при этом шагов в миллиметре?

8. Перечислить и описать основные группы графических команд языка HPGL, а также сами команды, используемые в файлах, отсылаемых на плоттер.

9. Какие графические редакторы и программы необходимы для подготовки данных, используемых при рисовании на плоттере?

5.7. Задание

Задание 1. Домашняя самостоятельная работа.

1. Требуется на листе формата А4 изобразить с помощью плоттера прямоугольник и окружность или иные фигуры, а в нижней части листа написать текст, содержащий номер группы и фамилии исполнителей на английском языке.

2. Для выполнения задания подготовить в текстовом редакторе FAR или «Блокноте» текст управляющей программы на языке HPGL, содержащий векторную графическую информацию (см. п. 7.3). Сохранить файл, присвоив ему какое-либо имя и расширение PLT. Проверить правильность изображения, открыв файл в программе SPLOT.

3. Новый более сложный векторный рисунок изобразить в подходящем графическом редакторе и сохранить.

4. Далее, открыть (импортировать) подготовленный рисунок в графическом редакторе Corel Draw, а оттуда экспортировать его в формат, содержащий графические команды HPGL, т.е. в файл с расширением PLT. Проверить корректность экспорта изображения, открыв файл в программе SPLOT.

Задание 2. Лабораторная работа.

1. Подключить плоттер к компьютеру. Закрепить бумагу и установить перо (фломастер).

2. Включить электропитание плоттера и проверить его функционирование (подъем/опускание пера), осуществляя управление им посредством клавиш на фронтальной панели (см. п. 7.3).

3. Послать графический файл с компьютера на плоттер (см. п. 7.5) для прорисовки и получить результат. Отправку файла на плоттер (порт LPT1) осуществить из программы SPLOT или из командной строки Windows командой COPY.

4. Показать результат и представить отчет преподавателю.

Благодарности

Автор выражает благодарность Анатолию Николаевичу Дьячку, сотруднику кафедры Компьютерных систем в управлении и проектировании (КСУП) за техническую поддержку работы, а также студенту гр. 580-1 Миронюку Д.К. за проектирование и изготовление на 3D-принтере пластмассовой детали – держателя рисующего фломастера для плоттера.

Список использованных источников

1. Малюх В.Н. Введение в современные САПР: Курс лекций. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 192 с.
2. <http://ru.wikipedia.org/wiki/HPGL>
3. Принтеры и плоттеры, М.: Инженер, 1991. – 140 с.

6. Технологическое оборудование с числовым программным управлением

Цель работы – изучить назначение, состав, функциональные возможности и структуру станка с числовым программным управлением (ЧПУ). Научиться использовать станок, включая этапы подключения его к компьютеру, ручного управления, автоматического программного управления, а также подготовки управляющих программ (файлов) для станка. Научиться писать программы в G-коде – языке программирования ЧПУ. Конечная цель – получить знания и умения изготовления печатных плат методом механического гравирования.

Средства выполнения работы

Аппаратная часть: 1) фрезерно-сверлильный станок (ООО «МП РЕАБИН») с числовым программным управлением (ЧПУ); 2) персональный настольный компьютер; 3) соединительные кабели (LPT и др.).

Программное обеспечение: 1) **Mach3** (ArtSoft Corp) – специализированная САМ-программа для управления станком с ЧПУ посредством G-кодов; 2) **LazyCAM** (ArtSoft Corp.) – программа для просмотра и конвертирования файлов из различных графических форматов (PLT, HPGL, DXF, WMF и др.) в G-коды (TAP, TXT).

6.1. Общие сведения

Современное гибкое автоматизированное производство (ГАП), другими словами цифровое производство или производство с помощью компьютера (Computer Aided Manufacturing, **САМ**) – это производство, основанное на технологическом оборудовании с числовым программным управлением.

Числовое программное управление (ЧПУ) – это компьютеризованная система управления, управляющая приводами технологического оборудования, включая станочную оснастку. Оборудование с ЧПУ – это станки, промышленные роботы, обрабатывающие центры и т.п.

Аббревиатура **ЧПУ** соответствует двум англоязычным – **NC** и **CNC**, – отражающим эволюцию развития систем управления оборудованием:

1) системы типа **NC** (англ. *Numerical Control* – *числовое (цифровое) управление*), появившиеся первыми, предусматривали использование жестко заданных схем управления обработкой – например, задание программы с помощью штекеров или переключателей, хранение программ на внешних носителях. Каких-либо устройств оперативного хранения данных, управляющих процессоров не предусматривалось.

2) более современные системы ЧПУ, называемые **CNC** (англ. *Computer Numerical Control*), – системы управления, позволяющие использовать для модификации существующих и/или написания новых программ программные средства. Базой для построения **CNC** являются (микро)контроллер или (микро)процессор.

Несколько станков с ЧПУ могут объединяться в гибкую автоматизированную производственную систему (ГПС), которая, в свою очередь, может быть дополнена гибким автоматизированным участком (ГАУ) и войти в состав автоматической линии (производства масштаба участка либо цеха), ГАП.

В общем, оборудование с ЧПУ входит в состав систем цифрового производства (Digital Manufacturing).

6.2. Проектирование и производство печатных плат методом механической обработки (фрезерования/гравировки)

Этапы конструкторского и технологического проектирования, технологической подготовки производства (ТПП) и изготовления печатных плат методом механической обработки:

1. **Этап конструкторского проектирования** (конструирования). **Разработка** геометрической модели изделия в системах автоматизированного проектирования (САПР – CAD), например P-CAD, AutoCAD, КОМПАС, Corel Draw. Результат – электронная модель изделия в виде электронного конструкторского документа. Работает конструктор.

2. **Этап технологического проектирования** (ТП) и **технологической** подготовки производства (ТПП). **Разработка** управляющих программ, содержащих G-коды для станков с ЧПУ (CNC). Используются САМ-программы, например LazyCAM и т.п. Работает технолог-программист.

3. **Этап производства.** Технологический процесс **механообработки** печатных плат:

а) **фрезерование** (mill, millig) канавок в фольге на поверхности печатных плат (ПП);

б) **сверление** (turn, drilling) отверстий для монтажа электрорадиоэлементов (ЭРЭ) на ПП. Используются САМ-системы, например Mach3. Работает оператор станка с ЧПУ.

Пример главного окна САМ-системы технологической подготовки производства **LazyCAM**, с загруженным файлом 2D-топологии печатной платы, показан на рис. 1.

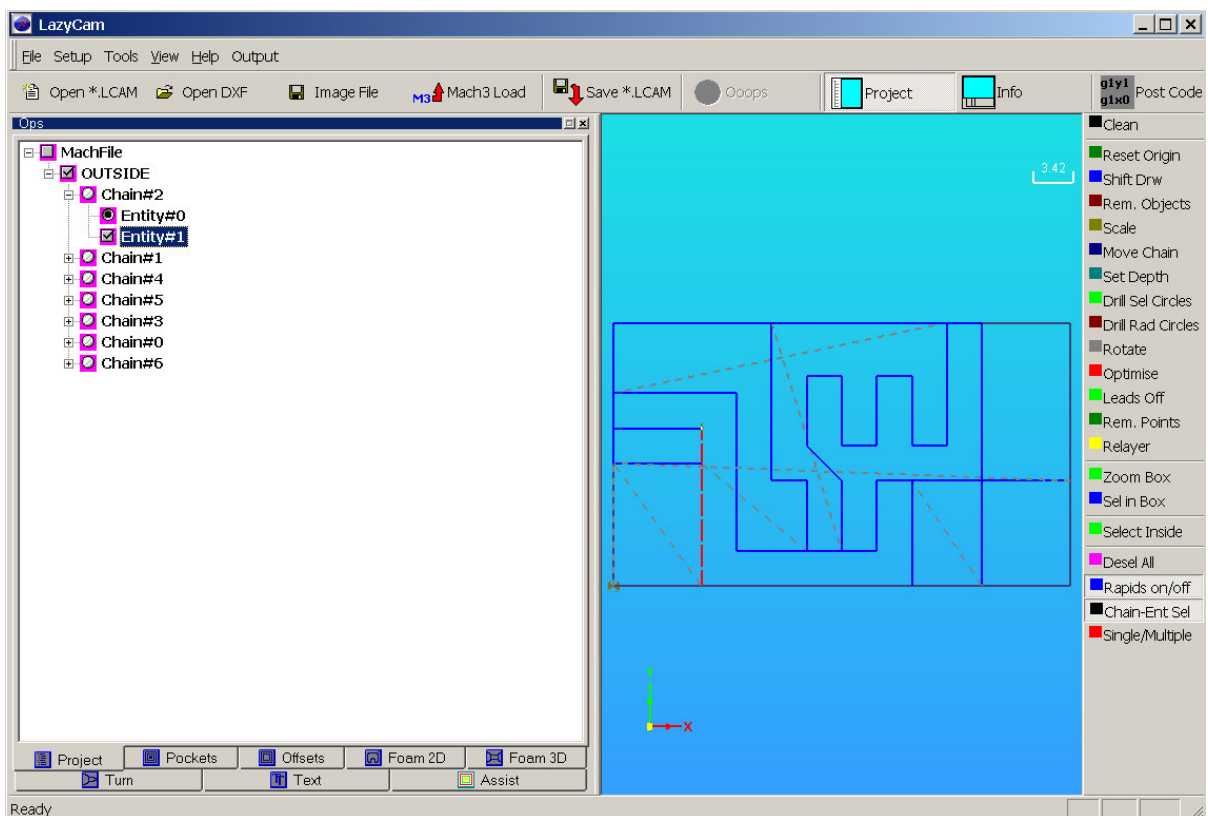


Рис.1. Главное окно программы **LazyCAM** с загруженным файлом топологии.

В станке «РЕАБИН» по осям X и Y перемещается не режущий инструмент, а стол с заготовкой (рис. 2). Это ведёт к тому, что если нулевая позиция на чертеже располагается слева внизу (рис. 3, а), то на самой печатной плате эта позиция – справа вверху (рис. 3, б).

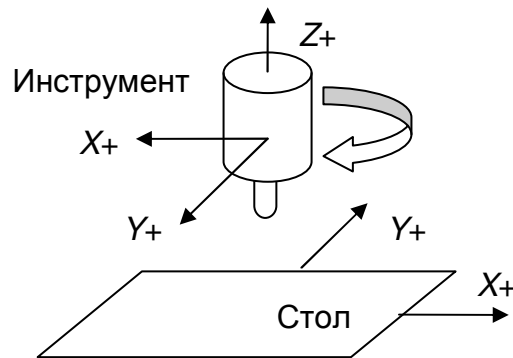


Рис.2 Относительное движение инструмента и стола станка

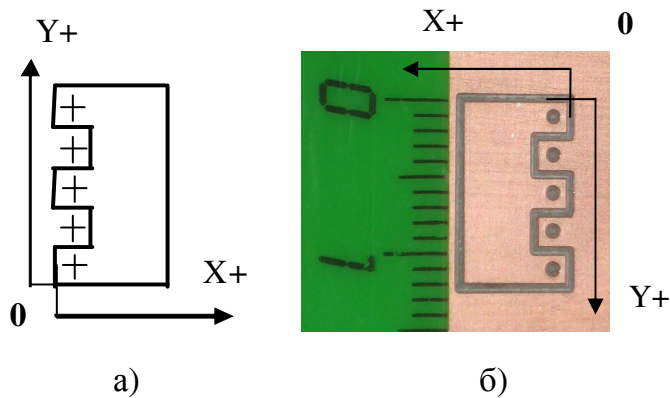


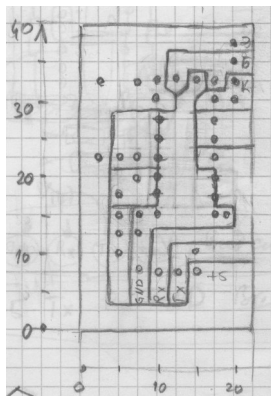
Рис.3. Чертёж топологии (а) и фотография печатной платы (б) в масштабе М 2:1 с указанием точки начала координат (нулевой позиции)

Пример топологии печатной платы, показанной на рис. 3, реализуется программой для фрезерного станка с ЧПУ «РЕАБИН» и содержит следующие управляющие G-коды:

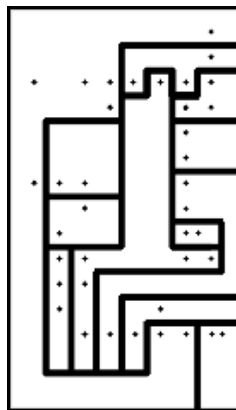
F100	(установка скорости подачи)	M1	(Останов, смена инструмента: фрезы на сверло)
G0 Z2	(быстрый подъём на 2 мм)	G0	(быстрое позиционирование далее)
X0 Y12.5	(холостой ход в начало)	X1.25	
Z0	(снижение до касания 0 мм)	Y1.25	(начальное позиционирование)
G1	(медленный рабочий ход)	Z-.2	(сверление/заглубление - 0,2мм)
Y10	(движение по Y)	Z2	(подъём на 2 мм)
X2.5	(движение по X)	Y3.75	
Y7.5		Z-.2	
X0		Z2	
Y5		Y6.25	
X2.5		Z-.2	
Y2.5		Z2	
X0		Y8.75	
Y0		Z-.2	
G0 Z2	(быстрый подъём)	Z2	
X0 Y12.5	(холостой ход в начало)	Y11.25	
Z0	(снижение до касания 0 мм)	Z-.2	
G1	(рабочий ход)	Z2	
X7.5 Y12.5		M5 M30	(стоп вращение, стоп программа)
Y0			
X0			
G0 Z40	(быстрый подъём на 40 мм)		

6.3. Этапы технологического процесса изготовления печатных плат методом механического фрезерования, а также сборки и монтажа узлов на печатной плате

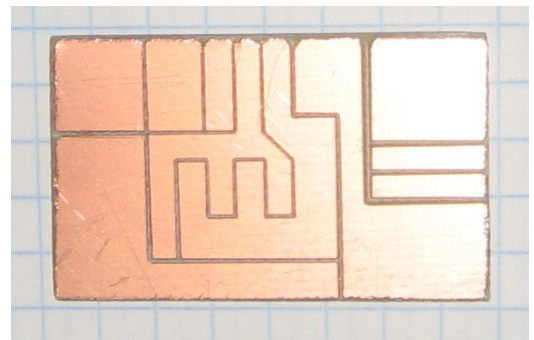
Основные этапы процесса изготовления печатной платы методом механического фрезерования, а также сборки и монтажа печатного узла показаны на рис. 4. В учебных целях проектирование топологии печатной платы, т.е. трассировку канавок, а также генерацию соответствующих G-кодов выполняем вручную.



а)



б)



в)

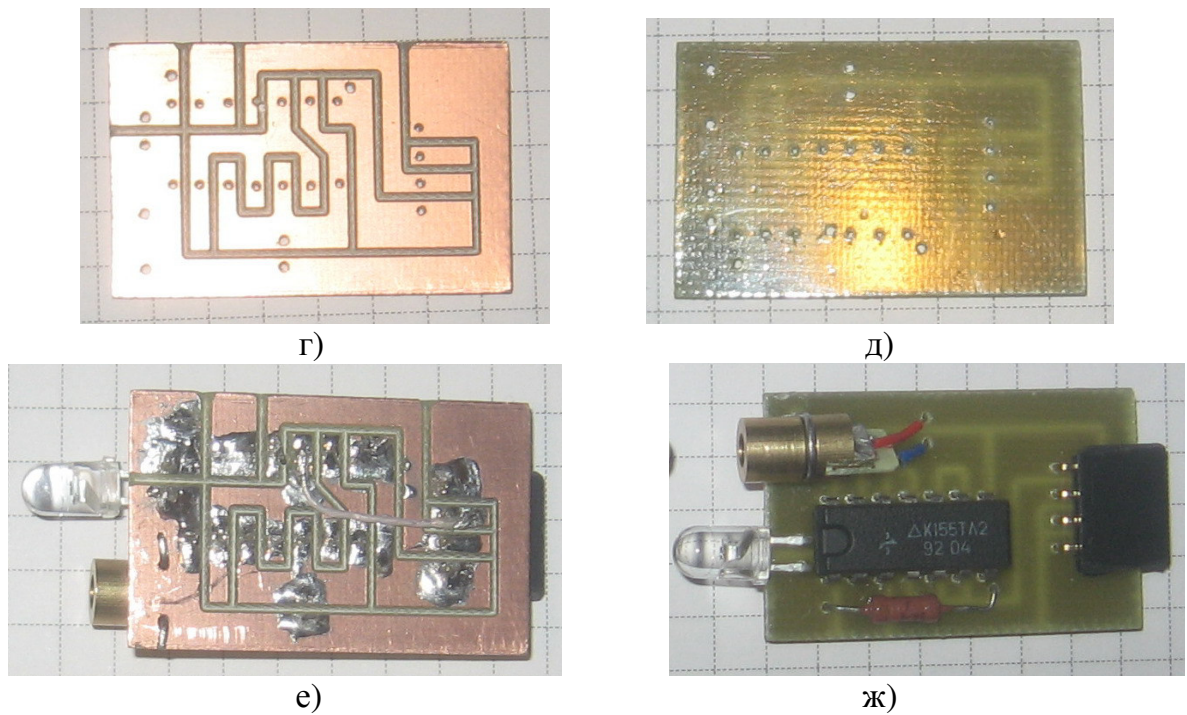


Рис. 4. Этапы проектирования и изготовления односторонней печатной платы (ПП) методом механического фрезерования: а – эскиз топологии печатной платы; б – электронный конструкторский документ, т.е. чертёж топологии, выполненный в одном из графических редакторов (AutoCAD, Corel Draw, P-CAD, и т.п.); в – печатная плата с отфрезерованными (выгравированными) канавками в фольге; г – та же ПП с высверленными отверстиями (вид со стороны фольги); д – та же ПП с высверленными отверстиями (вид со стороны монтажа электрорадиоэлементов); е – та же ПП с установленными и распаянными электрорадиоэлементами (вид со стороны фольги и пайки); ж – та же ПП с установленными и распаянными электрорадиоэлементами (вид со стороны монтажа электрорадиоэлементов).

Структурная схема автоматизированного технологического оборудования с системой ЧПУ показана на рис. 5. Фрезерно-сверлильный станок с блоком управления показан на рис. 6, а его оснастка и режущий инструмент – на рис. 7

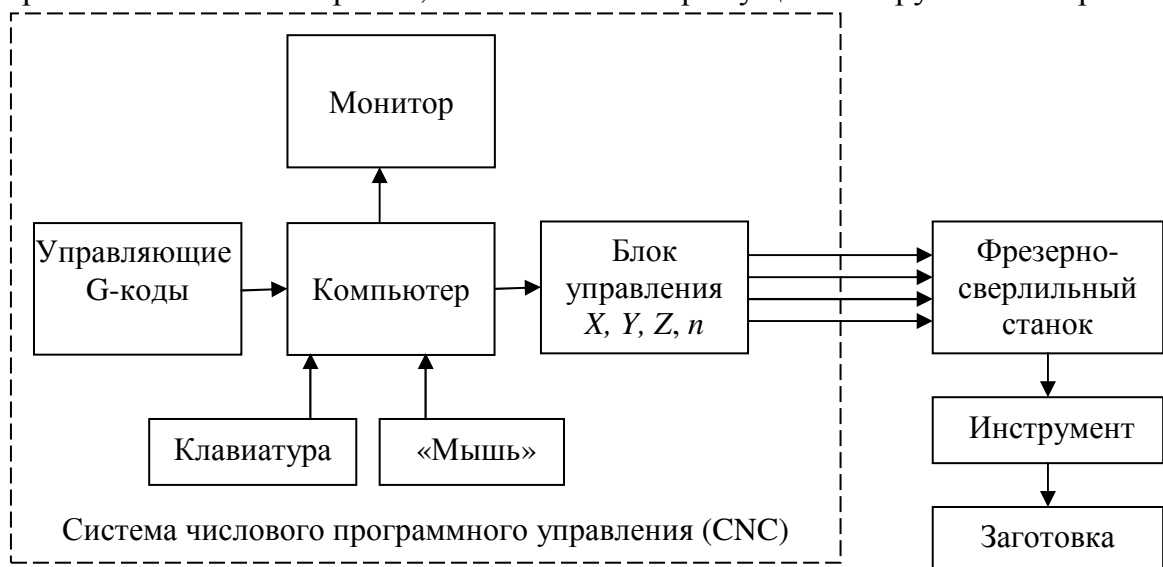
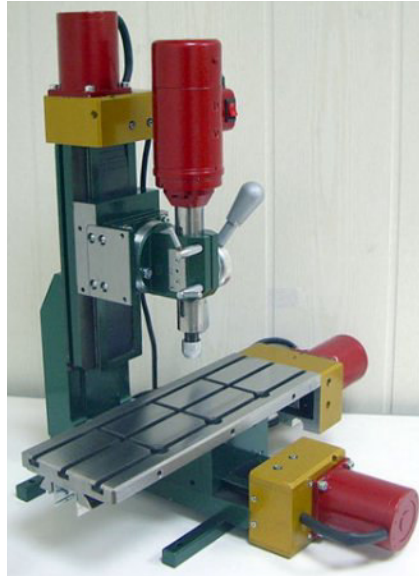


Рис.5. Структурная схема автоматизированного технологического оборудования с системой ЧПУ.



а)



б)

Рис.6. Фрезерно-сверлильный станок (а) и блок управления им (контроллер) (б)



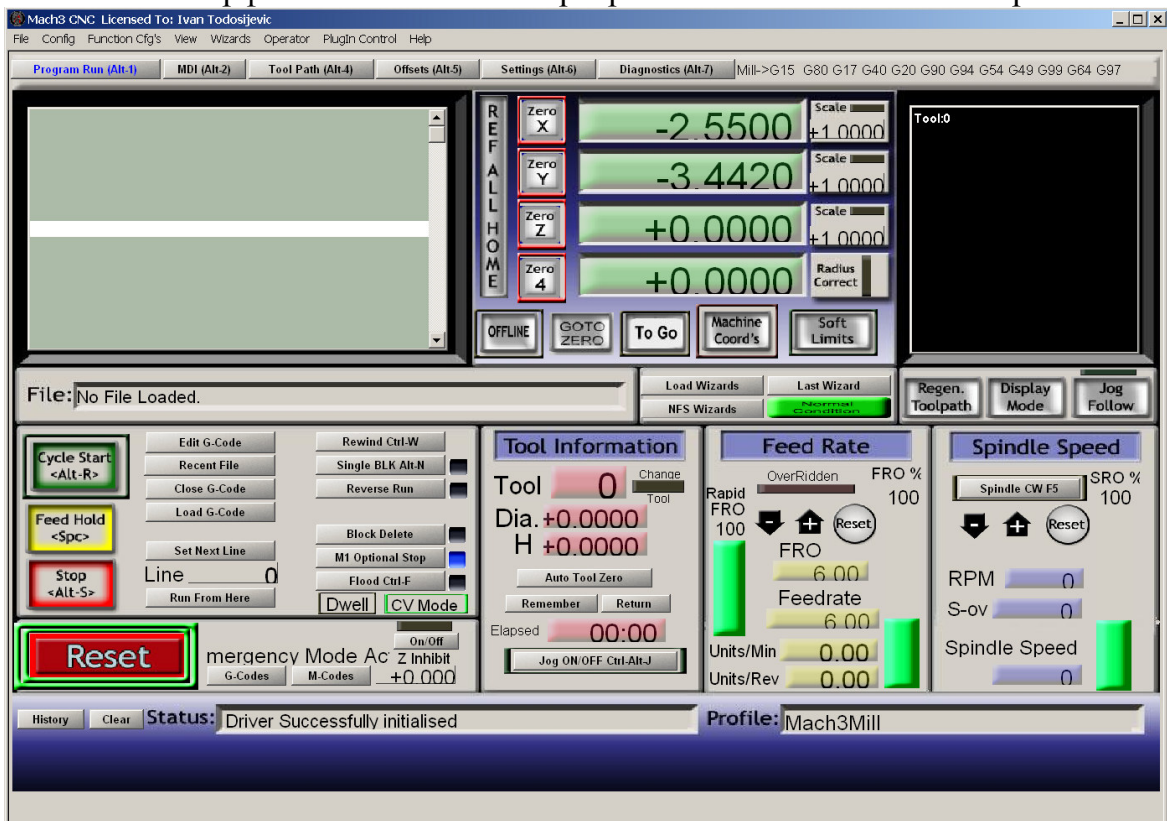
а)



б)

Рис.7. Оснастка и режущий инструмент: цанговый зажим (а), концевая фреза (б)

Главное интерфейсное окно САМ-программы **Mach3** показано на рис. 8.

Рис.8. Главное окно САМ-программы **Mach3**.

Главное меню программы Mach3:

- Файл (File);
- Конфигурация (Config);
- Функции конфигурации (Function Cfg's);
- Просмотр (View);
- Руководства (Wizards);
- Оператор (Operator);
- Дополнительные устройства (PlugIn Control);
- Справка (Help).

Закладки главного окна программы Mach3:

- Запуск программы (Program Run) (Alt-1);
- Ручной ввод данных (РВД – MDI) (Alt-2);
- Трасса инструмента (Tool Path) (Alt-4);
- Смещения (Offsets) (Alt-5);
- Установки (Settings) (Alt-6);
- Диагностика (Diagnostics) (Alt-7).

САМ-программа обрабатывает G-коды и посылает в параллельный LPT-порт компьютера соответствующие информационные сигналы, которые по интерфейсу LPT-кабелю поступают в блок управления, где формируются «силовые» управляющие воздействия на каждый из шаговых двигателей станка (см. рис. 5).

6.4 Последовательность выполнения работы

1. Установить и закрепить заготовку печатной платы на рабочем столе.
2. Установить инструмент (фрезу, гравёр или центровочное сверло) в шпинделе станка. Предварительно необходимо **заблокировать шпиндель** штырём и с помощью ключа отвернуть гайку, фиксирующую цанговый зажим с фрезой.
3. Включить управляющий компьютер (см. рис. 5).
4. Включить блок управления (см. рис. 6, б). Выключатель находится на задней панели слева.
5. На компьютере запустить САМ-программу Mach3. При запуске выбрать профиль Reabin Mill (Фрезерование).
6. В программе Mach3 мышью (см. рис. 8) щелкнуть по кнопке «**Reset**» («Сброс») и удостовериться в прекращении её мигания и фиксации зелёного цвета окантовки. Теперь система готова к настройке.

7. На клавиатуре нажать клавишу **Tab**, и появится всплывающее окно (рис.9) «MPG mode» – режим ручного управления инструментом станка (MPG, Manual Pulse Generator – РГИ, Ручной Генератор Импульсов для шаговых двигателей станка). Теперь, щёлкая мышью по кнопкам X+, X-, Y+, Y-, Z+, Z-, убедиться в возможности ручного позиционирования инструмента относительно заготовки по всем осям. Повторное нажатие **Tab** приводит к удалению окна.

8. Убедившись в корректном функционировании станка по осям X, Y, Z, также проверить возможность **вращения шпинделя** выключателем, расположенным в тыльной части электродвигателя. Скоростью его вращения управляем с блока управления.

9. Загрузить подготовленную заранее управляющую программу (написанную в G-кодах), щёлкнув по кнопке «**Load G-Code**» или File > Load G-Code (см. рис. 8).

10. Установить нулевые координаты по всем осям (см. рис.8) – Zero X, Y, Z. Выполнить программу, нажав на кнопку «**Cycle Start**» (см. рис. 8).

11. В экстренном случае остановку оборудования осуществляем нажатием на **красную кнопку** на передней панели блока управления.

12. Результат – обработанную деталь – показать преподавателю и представить отчёт о работе, включающий чертеж топологии и текст управляющей программы.

6.5. Контрольные вопросы

1. Что такое САМ-системы? Что такое ЧПУ, NC, CNC?
2. Какое оборудование может быть оснащено УЧПУ?
3. Изобразить и описать структурную схему станка с ЧПУ.
4. Перечислить и охарактеризовать основные этапы производства печатных плат методом механического фрезерования.
5. Перечислить и охарактеризовать основные программные продукты, используемые для технологического оборудования с ЧПУ.
6. Назвать и кратко охарактеризовать основной язык программирования УЧПУ.
7. По какой кнопке надо щёлкнуть в программе Mach3 самом начале работы?
8. На какую клавишу клавиатуры надо нажать, чтобы появилось окно «MPG mode»?
9. Что означают термины «MPG mode» и «режим РГИ»? Расшифруйте аббревиатуры, объясните их смысл. Каково функциональное назначение этого режима?

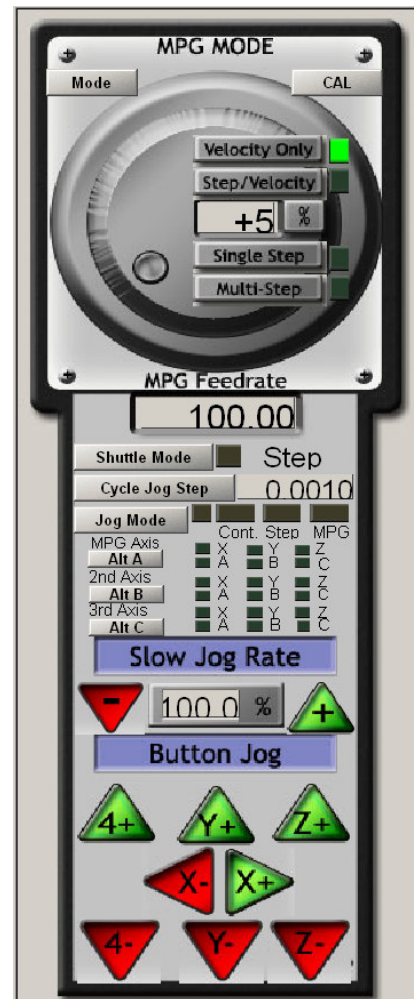


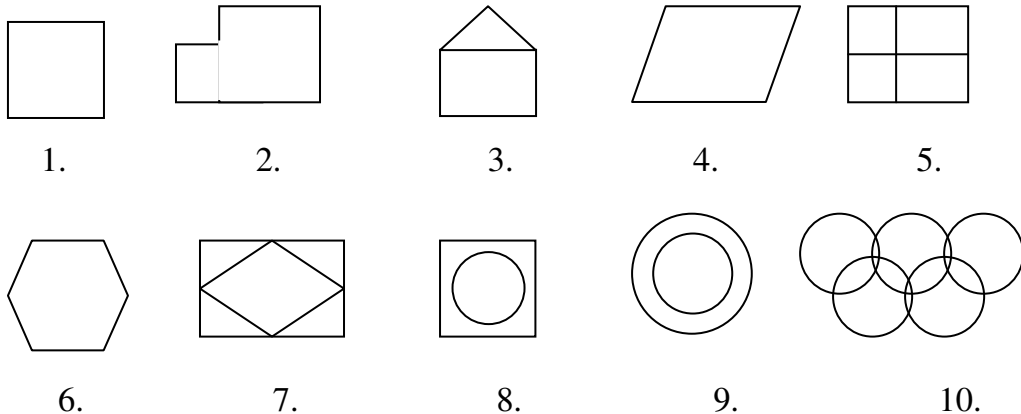
Рис. 9. Окно «режима РГИ»

10. Как загрузить G-коды в САМ-программу Mach3 ?
11. Как запустить на выполнение G-коды, управляющие станком с ЧПУ?
12. Как включить вращение шпинделя и как управлять скоростью его вращения ? Показать на оборудовании. Как заблокировать вращение шпинделя при установке инструмента ?
13. Как осуществить экстренную остановку оборудования ?

6.6. Задание

Задание 1. Домашняя самостоятельная работа.

1. Подготовить в текстовом редакторе «Блокнот» файл, содержащий управляющую программу для фрезерования топологии печатной платы (G-коды), и записать его на флеш-носитель. В учебных целях реальная топология имитируется геометрическими фигурами; варианты заданий следующие (выбрать один из них, при этом рекомендуется не превышать максимальные размеры 10 x 20 мм²):



2. Ответить на контрольные вопросы п.8.5.

Задание 2. Работа на оборудовании с ЧПУ.

1. Выполнить работу согласно п.8.4, переписав свою программу с флеш-носителя на управляющий компьютер.
2. Показать результат и представить отчёт преподавателю.

Благодарности

Автор выражает благодарности Ковтуну Александру, сотруднику ТУСУР, за полезные консультации и сотрудничество, Шеерману Федору Ивановичу, доценту кафедры Компьютерных систем в управлении и проектировании (КСУП) за полезные консультации, а также студенту-дипломнику гр. 518 Сокуру Андрею за реализацию работы, техническую поддержку и написание G-кодов ряда управляющих программ.

Список использованных источников

1. Малюх В.Н. Введение в современные САПР: Курс лекций. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 192 с.
2. <http://reabin.ru> веб-сайт ООО «МП РЕАБИН».

7. Цифровое производство. 3D-принтер

Цель работы – изучить назначение, состав и функциональные возможности 3D-принтера. Освоить методику его практического использования, в том числе этапы подключения к компьютеру и подготовки файлов управляющих программ для 3D-печати. Получить навыки трёхмерной печати пластмассовых деталей на 3D-принтере.

Средства для выполнения работы

Аппаратная часть: 1) IBM-PC совместимый компьютер; 2) 3D-принтер RepRap Prusa Mendel v2.0 с блоком питания и соединительными кабелями; 3) расходный материал для печати – термопластичный пруток.

Программное обеспечение: 1) КОМПАС 3D – графический редактор для трёхмерного проектирования деталей; 2) Repetier-Host – программа управления 3D-принтером; 3) Slic3r – программа для выполнения слайсинга и генерации рабочего G-кода.

7.1. Общие сведения

В силу особенностей задач, решаемых САПР (CAD), для их эффективного использования применяется достаточно широкий спектр специфического периферийного оборудования (технического обеспечения САПР), как правило, не имеющего хождения в других отраслях использования компьютеров. Специфика САПР накладывает свои особенности даже на выбор стандартных компонентов оборудования [1].

Быстрое прототипирование (rapid prototyping) – технология быстрого создания физических геометрических макетов (моделей) деталей и сборок, позволяющих оценить внешний вид детали, проверить элементы конструкции, провести необходимые испытания, изготовить мастер-модель для последующего литья. Эти технологии начали развиваться в 80-х годах XX века и преимущественно основаны на принципе постепенного наращивания (добавления) материала или изменения фазового состояния вещества в заданной области пространства. На данный момент значительного прогресса достигли технологии послойного формирования трехмерных объектов по их компьютерным моделям. Построение прототипа происходит на основе твердотельной модели из САП-систем или модели с замкнутыми поверхностными контурами. Большинство известных САПР обеспечивают экспорт моделей в формате STL, являющемся стандартом де-факто для быстрого прототипирования. Модель, записанная в этом формате, разбивается на тонкие слои в поперечном сечении с помощью специальной программы, причем толщина каждого слоя равна разрешающей способности оборудования по Z-координате. Построение детали происходит послойно до тех пор, пока не будет получен физический прототип (рис. 1).

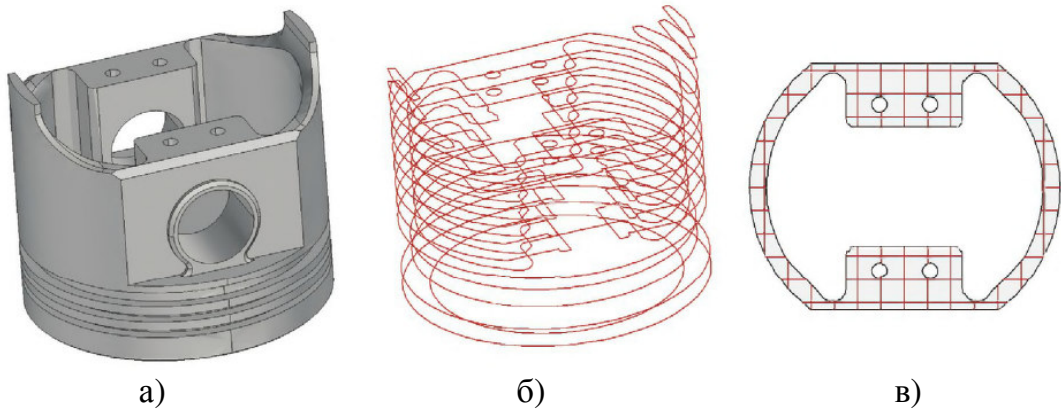


Рис. 1. Основные этапы подготовки данных для послойного выращивания:
 а) 3D-модель; б) разбиение на тонкие слои с заданным шагом (слайсинг);
 в) формирование траектории для заполнения слоя.

Принципиальная схема всех устройств прототипирования одинакова: на рабочий стол наносится тонкий слой материала, воспроизводящего первое сечение изделия, затем стол смещается на шаг вниз, и наносится следующий слой. Таким образом, слой за слоем воспроизводится полный набор сечений модели, реализуя требуемую форму [1].

Основным различием между технологиями являются используемый материал и способ его нанесения.

Наиболее распространенной, недорогой и простой в использовании является **технология изготовления физической модели методом наплавления** (англ. fused deposition modeling – **FDM**). 3D-принтеры, использующие такую технологию, называются прутковыми.

Главным элементом в прутковом 3D-принтере является **экструдер**, в который поступает материал (пруток из прочного пластика). В экструдере материал расплавляется и выдавливается на нагретую площадку. Движение площадки и экструдера по осям осуществляется с помощью шаговых двигателей. Выдавленный расплавленный материал затвердевает очень быстро, что позволяет следом накладывать новый слой. После завершения печати, уже достаточно твердую, но еще теплую деталь извлекают с рабочей поверхности [2].

На рис. 2 изображена структурная схема 3D-принтера основанного на технологии моделирования методом наплавления.

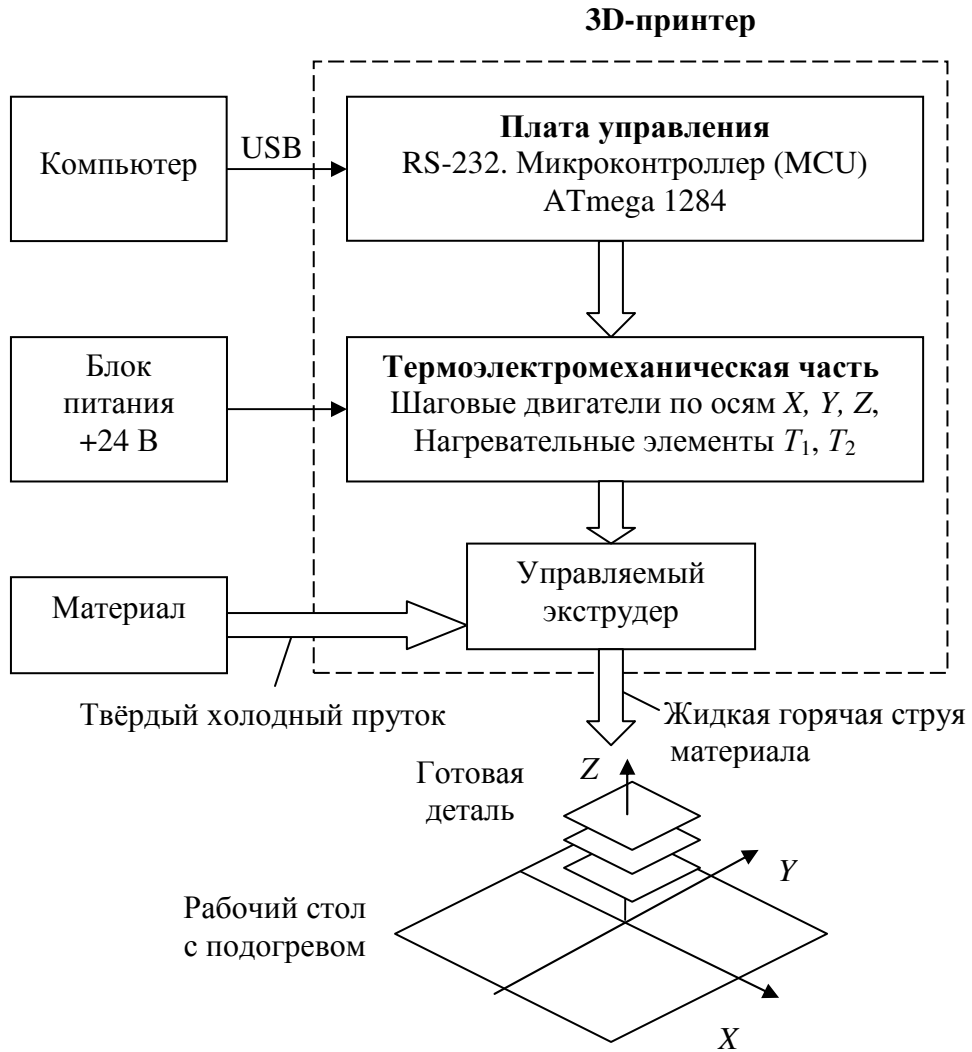


Рис. 2. Структурная схема 3D-принтера RepRap Prusa Mendel v2.0.

Для печати может использоваться PLA либо ABS-пластик. ABS-пластик ([акрилонитрилбутадиенстирол](#)) – это дешевый, прочный и стойкий к внешним воздействиям материал. Сырьем для его производства служит нефть. Преимущество ABS-пластика в том, что он обладает более высокой механической прочностью и способен противостоять различным факторам среды.

PLA ([полилактид](#)) – это биоразлагаемый пластик, применяемый для производства одноразовой посуды, медицинских изделий и пр. Сырьём для его производства служит кукуруза и сахарный тростник.

3D-принтер – это периферийное устройство, использующее метод послойного создания физического объекта по цифровой 3D-модели [3].

Создание прототипа или трехмерной модели всегда было весьма долгим и сложным процессом, и сопровождалось, как правило, большим количеством ошибок. Современные технологии позволяют с высокой точностью, с наименьшими затратами и в кратчайшие сроки создавать 3D-модели. Для этих целей и используются 3D-принтеры.

3D-принтеры сейчас успешно конкурируют с традиционными технологиями производства. По сравнению с производством полного цикла 3D-принтеры работают с более высокой скоростью и низкой себестоимостью

Технология «струйной печати» использующая пластиковый материал была разработана в Массачусетском технологическом институте, а первым и основным производителем оборудования стала компания Z Corporation.

3D-принтеры, способны изготавливать детали собственной конструкции. Первым занимался разработкой такой машины проект RepRap. На данный момент принтер уже производит более половины собственных деталей.

3D-принтер RepRap Prusa Mendel v2.0, который будет использован в данной лабораторной работе, показан на рис. 3.

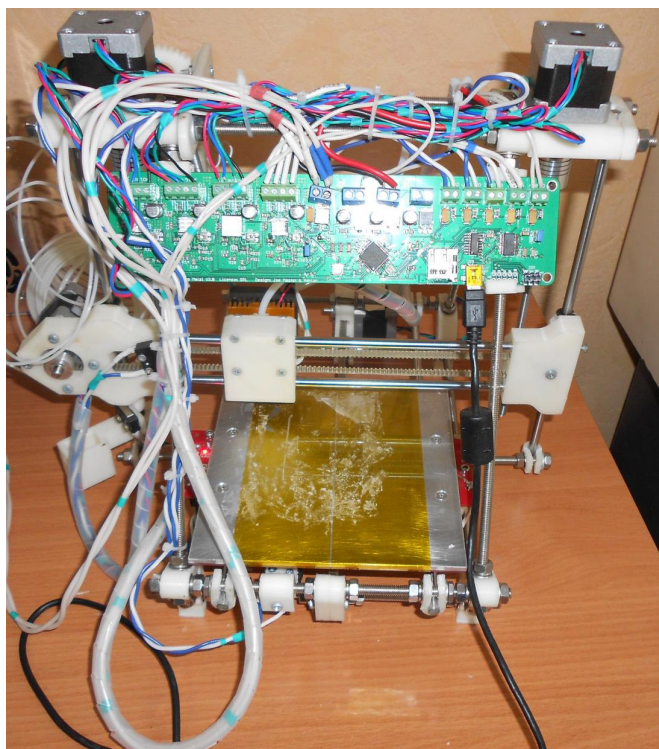


Рис. 3. 3D-принтер RepRap Prusa Mendel v2.0

7.2 Предварительная настройка системы управления 3D-принтером

Первоначальная настройка системы управления 3D-принтером RepRap Prusa Mendel v2.0 осуществляется в два этапа:

Этап 1. Установка драйверов USB порта для осуществления взаимодействия 3D-принтера с компьютером;

Этап 2. Программирование микроконтроллера ATmega 1284, т.е. настройка прошивки и её загрузка в постоянную память микроконтроллера (ППЗУ) платы управления 3D-принтером;

Этап 1. Для соединения компьютера с 3D-принтером используется кабель, который подключается к компьютеру с помощью USB разъёма, а к принтеру с помощью разъёма micro-USB (рис. 4). На плате управления принтером установлен преобразователь сигналов USB-порта в сигналы последовательного COM-порта, т.е. USB-порт эмулирует виртуальный COM-порт (RS-232), через который работает большинство устройств промышленной автоматике.

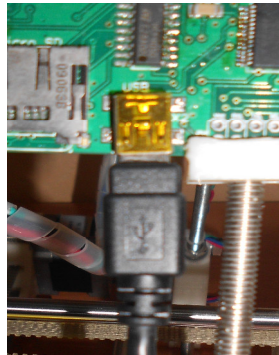


Рис. 4. Подключение кабеля к 3D-принтеру через разъем micro-USB.

Подключив 3D-принтер к компьютеру, на экране монитора появится окно, сообщающее об отсутствии драйвера подключенного устройства (рис. 5).

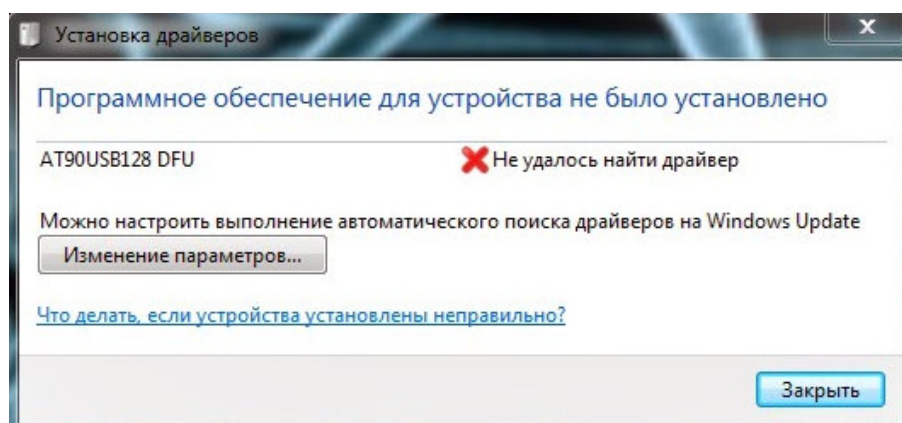


Рис. 5. Окно установки драйвера подключенного устройства.

Из данного сообщения следует, что необходимо установить драйвер для подключенного устройства (название устройства на разных компьютерах может варьироваться). Для этого требуется файл установки FT232R драйвера.

Для установки драйвера FT232R для операционной системы Windows 7 и 8 требуется открыть в панели инструментов «Диспетчер устройств» и найти устройство с желтым предупредительным значком, означающим отсутствие установленного драйвера (рис. 6).

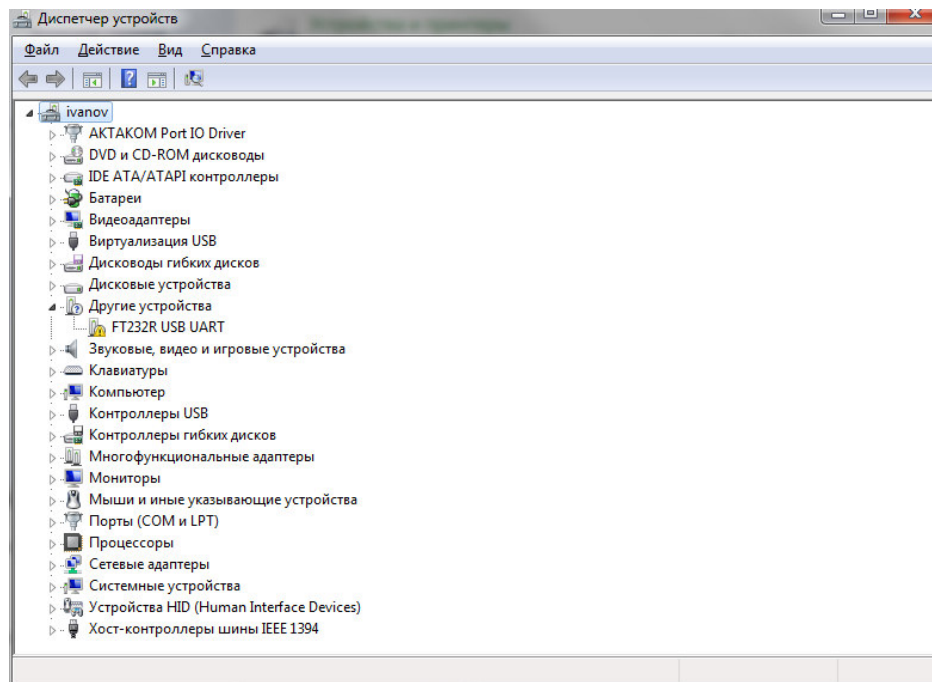


Рис. 6. Окно диспетчера устройств.

Далее необходимо нажать на проблемное устройство правой кнопкой мыши и, в выпавшем меню, выбрать пункт «Обновить драйвер», после чего появится окно автоматического или ручного поиска драйвера (рис. 7).

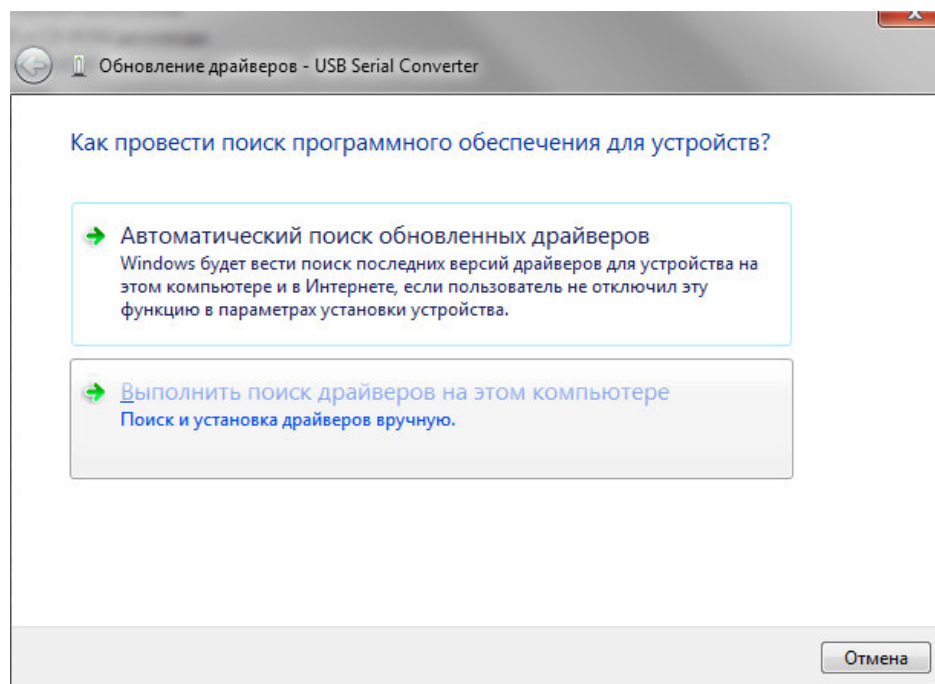


Рис. 7. Окно обновления драйвера

Далее следует выбрать опцию ручного поиска и указать путь к каталогу, в котором располагаются все необходимые файлы для установки (рис. 8). Но перед этим необходимо обязательно отключить компьютер от сети Интернет и не включать до завершения установки.

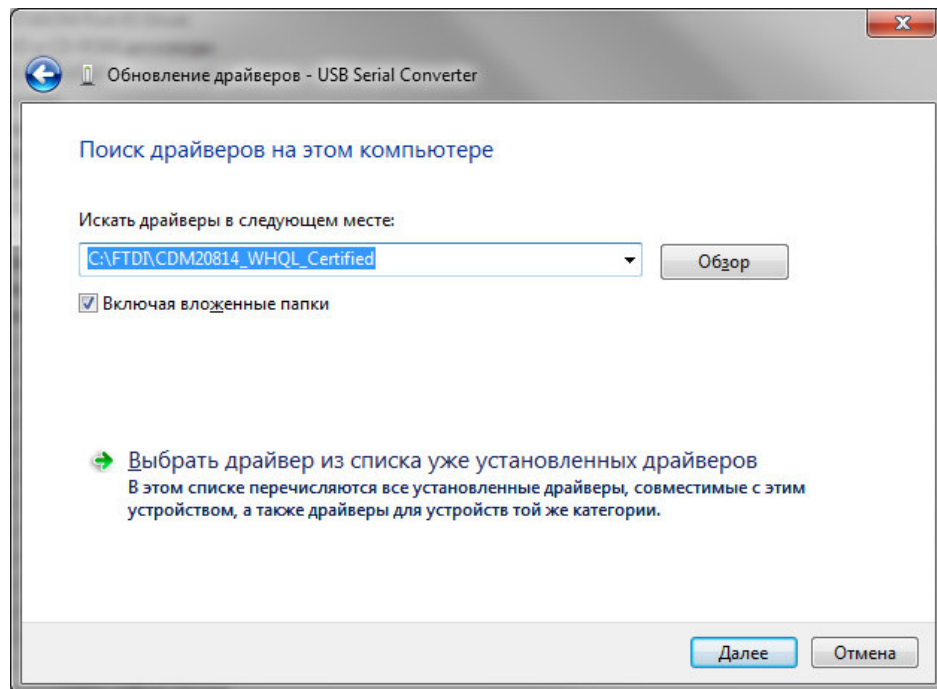


Рис. 8. Окно обновления драйвера.

После нажатия на кнопку «Далее» драйвер FT232R установится для устройства USB Serial Converter.

Установка драйвера FT232R для устройства USB Serial Port выполняется аналогично.

При успешной инсталляции в диспетчере устройств появятся два новых устройства USB Serial Converter и USB Serial Port (рис. 9).

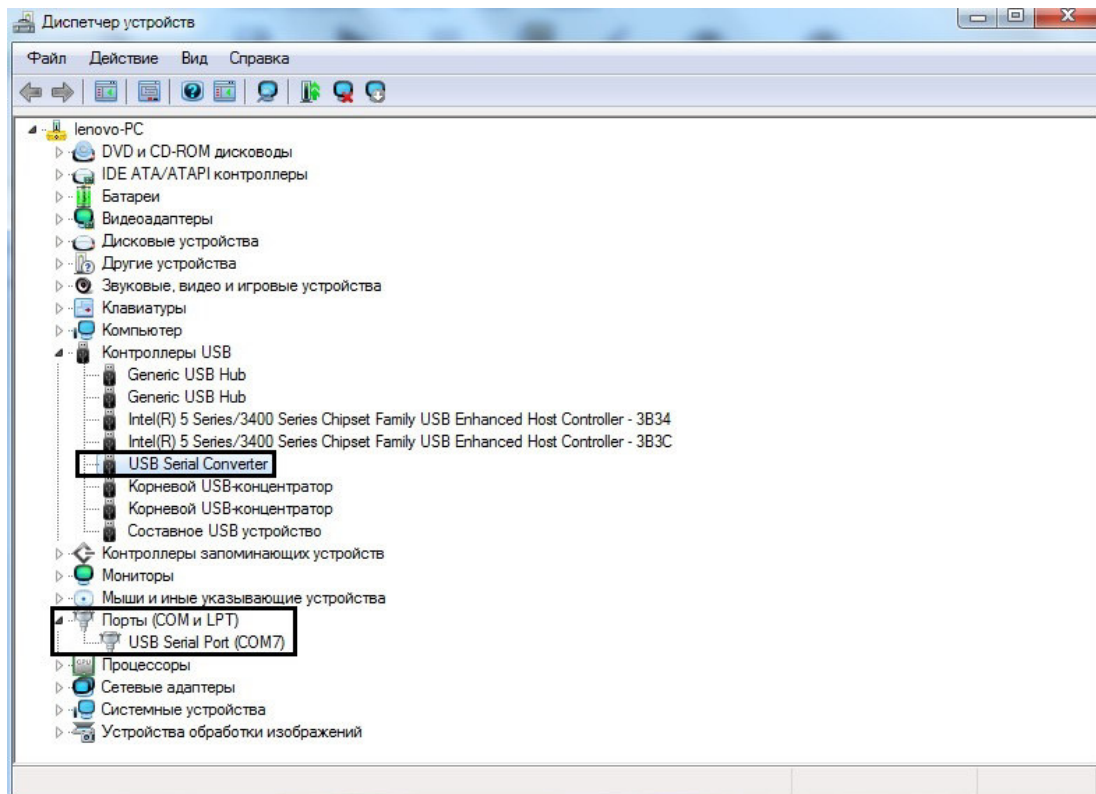


Рис. 9. Окно диспетчера устройств после успешной инсталляции драйвера FT232R
Для корректной работы компьютера с 3D-принтером необходимо в
настройках COM порта установить скорость 115200 бит/с.

Этап 2. Для того чтобы 3D-принтер мог работать и выполнять команды, посылаемые ему пользователем, необходимо запрограммировать микроконтроллер AVR ATmega 1284, расположенный на плате управления принтером (см. рис.2). Программирование этого контроллера (т.е. «прошивка») для 3D-принтера состоит из следующих шагов:

Шаг 1. Настройка прошивки **Marlin** в соответствии с параметрами 3D-принтера;

Шаг 2. Загрузка настроенной прошивки в память микроконтроллера 3D-принтера.

Настройка и загрузка осуществляется в кроссплатформенной интегрированной среде разработки **Arduino 1.0.6** (рис. 10).

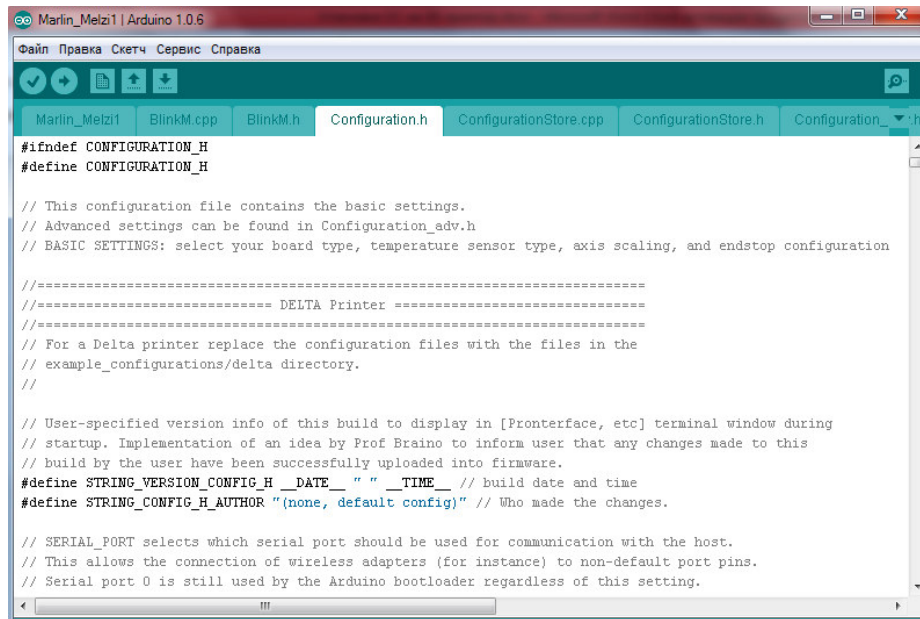


Рис. 10. Окно кроссплатформенной интегрированной среды разработки Arduino 1.0.6 в ходе настройки прошивки.

Прошивка представляет собой исходный текст, написанный на языке C++, который описывает все настройки соответствующие данной модели устройства. При несоответствии хотя бы одного из параметров 3D-принтер работать не будет.

Внимание! В данный момент контроллер 3D-принтера уже запрограммирован. Поэтому данный этап настройки системы управления устройством следует пропустить и сразу перейти к следующему этапу тестирования и подготовки к 3D-печати.

7.3 Тестирование и подготовка к работе 3D-принтера

После того как установлено соединения 3D-принтера с компьютером и устройство запрограммировано, можно приступать к печати детали. Для этого необходимо предварительно выполнить следующие действия:

1. Установить на компьютер управляющую программу (Reptier-Host V0.95F);
2. Установить соединение компьютера с принтером через COM-порт с помощью управляющей программы;
3. Протестировать работу шаговых двигателей и нагревательных элементов принтера;
4. Загрузить в управляющую программу 3D-модель;
5. Выполнить слайсинг 3D-модели для получения управляющего G-кода.

Для управления 3D-принтером с компьютера требуется установить управляющую программу **Reptier-Host V0.95F** (рис. 11). С помощью неё можно тестировать принтер на его работоспособность, а так же запускать печать какой-либо модели.

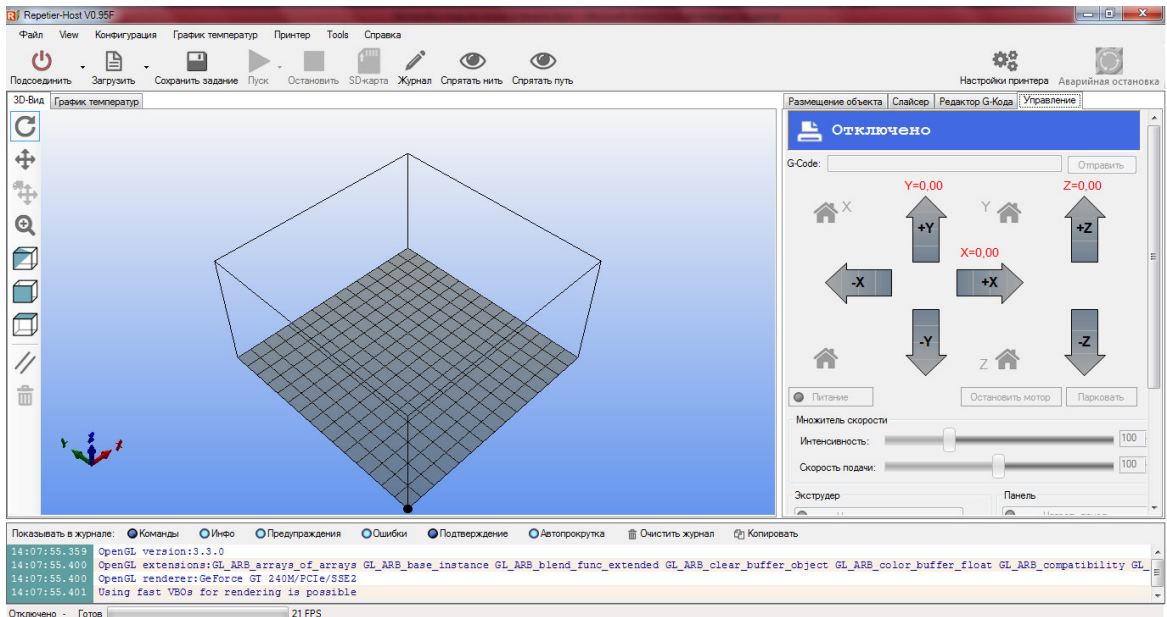


Рис. 11. Окно управляющей программы Repetier-Host V0.95F.

Для установки управляющей программы необходимо скачать Repetier-Host V0.95F и выполнить инсталляцию.

После того, как 3D-принтер подключен к компьютеру с помощью специального кабеля следует в управляющей программе открыть пункт «Настройка принтера» (рис. 12).

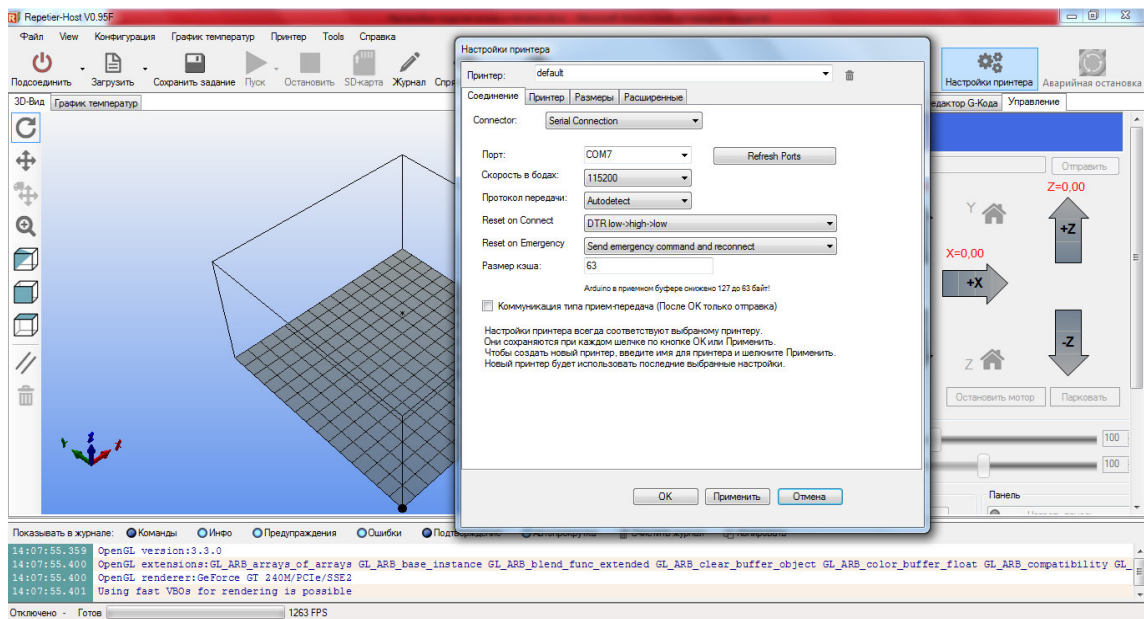


Рис. 12. Окно управляющей программы с открытым меню настройки принтера.

В окне «Настройка принтера» необходимо выбрать вкладку «Соединение». Далее следует выбрать номер последовательного COM-порта, к которому подключен 3D-принтер, установить скорость COM-порта 115200 бит/с и размер кэша 63, остальные параметры следует оставить, как они установлены по умолчанию.

Во вкладке «Размеры» (рис. 13) установить значения X Max = 150 мм и Y Max = 150 мм, которые определяют диапазон координат экструдера.

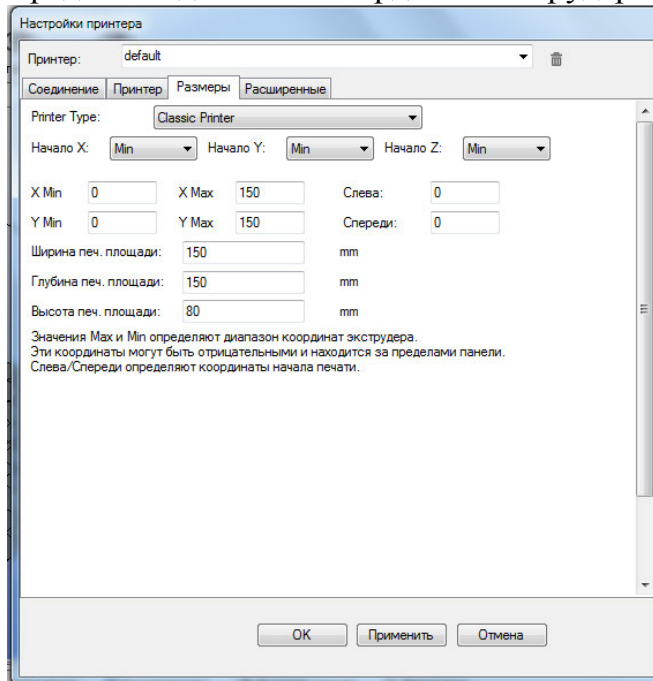


Рис. 13. Окно настройки размерных параметров принтера.

Так же следует установить размеры площадки: ширина = 150 мм, глубина = 150 мм, высота = 80 мм.

Во вкладке «Принтер» (рис. 14) необходимо установить следующие параметры:

- скорость перемещения: 4800 (мм/мин);
- скорость оси Z: 100 (мм/мин);
- температура экструдера по умолчанию: 230 °C;
- температура панели по умолчанию: 100 °C;
- номер экструдера: 1.

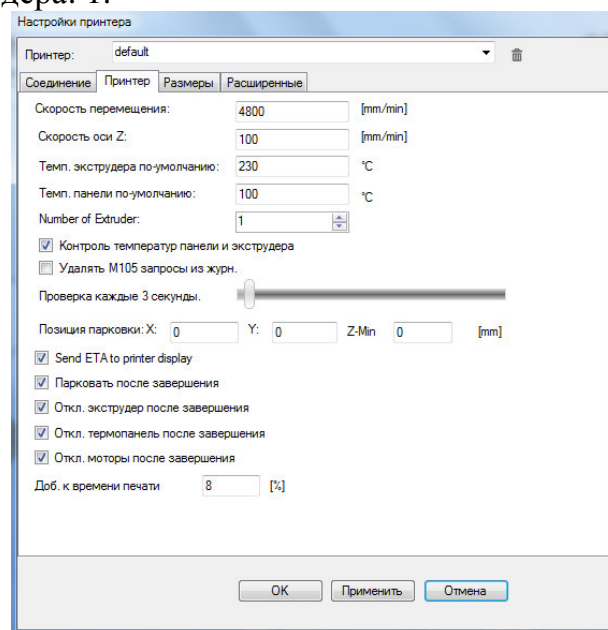


Рис. 14. Окно настройки во вкладке «Принтер».

Остальные параметры устанавливаются по умолчанию управляющей программой. Далее следует нажать кнопку «ОК», после чего окно «Настройка принтера» закроется.

После того как все настройки, описанные выше, установлены, необходимо нажать на кнопку «Подсоединить» и как только соединение будет установлено, кнопка изменит свой цвет с красного на зеленый, а во вкладке «Управление» появится сообщение «Готов» (рис. 15).

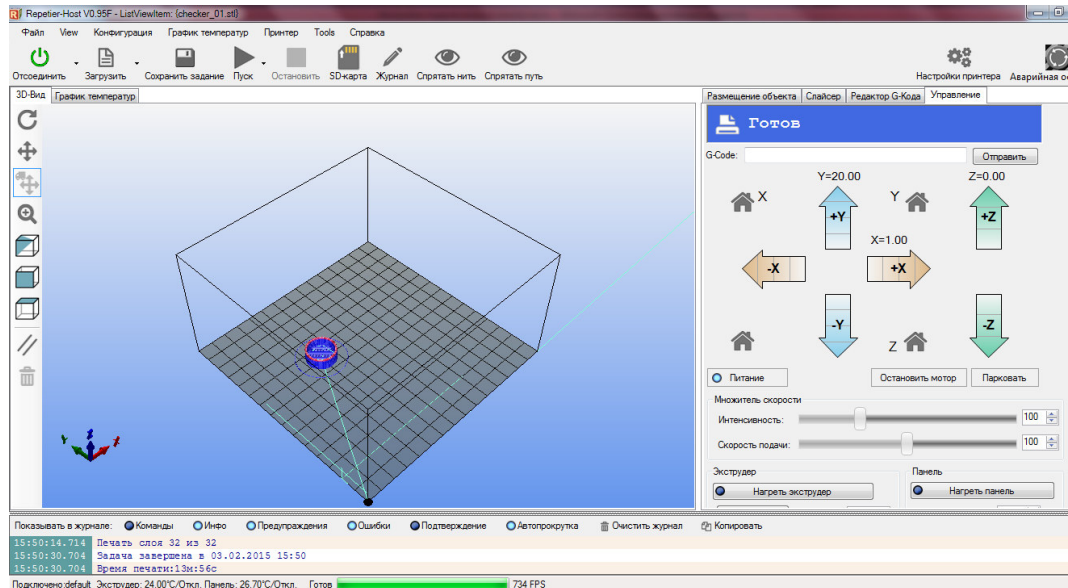


Рис 15 – Окно управляющей программы после подключения принтера

Теперь необходимо протестировать 3D-принтер на его работоспособность. Сделать это можно либо вручную с помощью команд G-кода, либо с помощью специальной управляющей панели.

Тест 1.

Отправим тестовый G-код (рис. 16).

```
G0 X10;
G0 Y10;
G0 Z8;
G0 X20 Y20;
G0 X-20 Y-20;
```

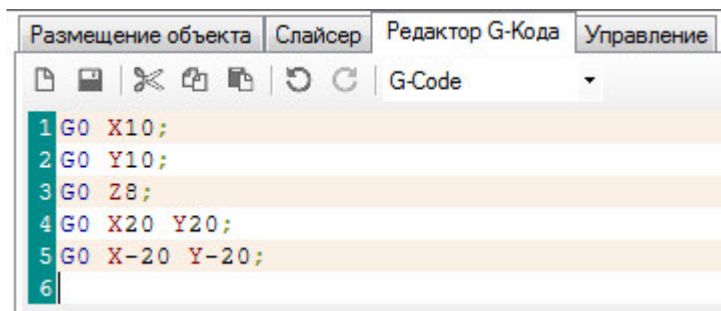


Рис. 16. Окно редактора G-кода в программе Repetier-Host

Далее нажмем «Пуск». В результате, благодаря работе шаговых двигателей, должны выполняться следующие перемещения:

- 1 Экструдер на 10 мм вправо;
- 2 Площадка на 10 мм вперед;
- 3 Экструдер на 8 мм вверх;
- 4 Экструдер на 20 мм вправо и одновременно площадка на 20 мм вперед;
- 5 Экструдер на 20 мм влево и одновременно площадка на 20 мм назад.

Если все перемещения выполнены успешно, то из теста №1 следует, что 3D-принтер адекватно реагирует на поданный на вход G-код и корректно выполняет команды, прописанные в заданном коде.

Тест 2. Панель ручного управления шаговыми двигателями 3D-принтера (рис. 17) позволяет нажатием стрелок перемещать экструдер по осям X, Z и площадку по оси Y.

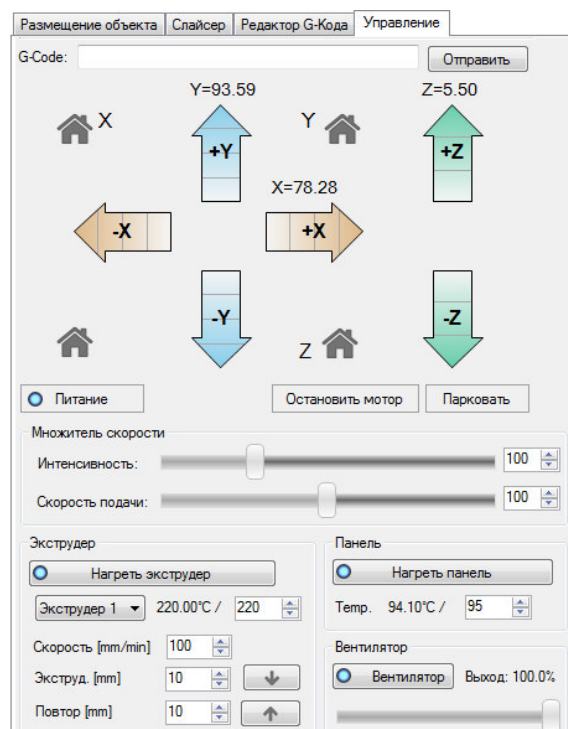


Рис. 17. Окно панели управления 3D-принтером.

Зададим с помощью стрелок следующие параметры:

1. X = 78,28 мм;
2. Y = 93,59 мм;
3. Z = 5,5 мм.

Через несколько секунд 3D-принтер должен выполнить следующие перемещения:

1. Экструдер на 78,28 мм по оси X;
2. Площадка на 93,59 мм по оси Y;
3. Экструдер на 5,5 мм по оси Z.

Если все перемещения выполнены успешно, то из теста № 2 следует, что 3D-принтер адекватно реагирует на команды, отправляемые с панели ручного управления.

Тест 3. Еще одним обязательным тестом является проверка работы нагревательных элементов для экструдера и площадки рабочего стола. Для этого следует обратиться к панели ручного управления 3D-принтером, на которой необходимо активировать кнопки «Нагреть экструдер» и «Нагреть панель» (рис. 18).

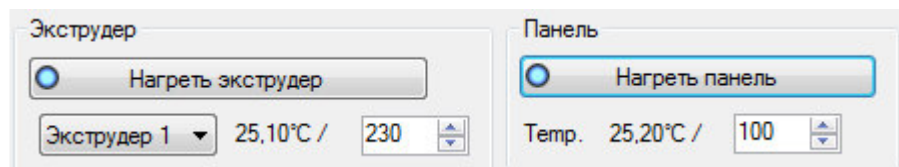


Рис. 18. Кнопки активации нагрева

Процесс нагревания можно отследить по специальным графикам. Для этого в основном окне программы следует открыть вкладку «График температур» (рис. 19).

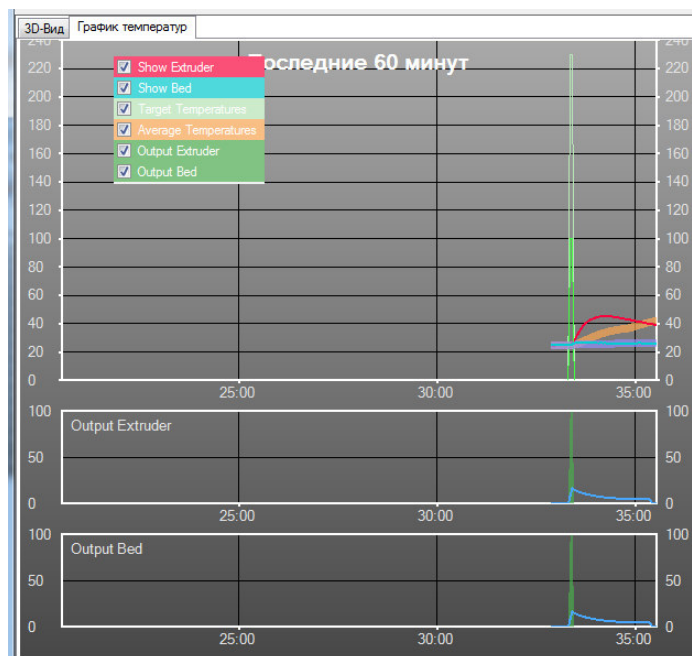


Рис. 19. Окно графиков температур.

График отображает изменения температуры за последние 60 минут. Установим температуру для экструдера 230 C^0 , а для площадки 110 C^0 и активируем кнопки нагревания. При этом на микросхеме площадки загорится красный светодиод, сигнализирующий о работе нагревательного элемента (рис. 20).

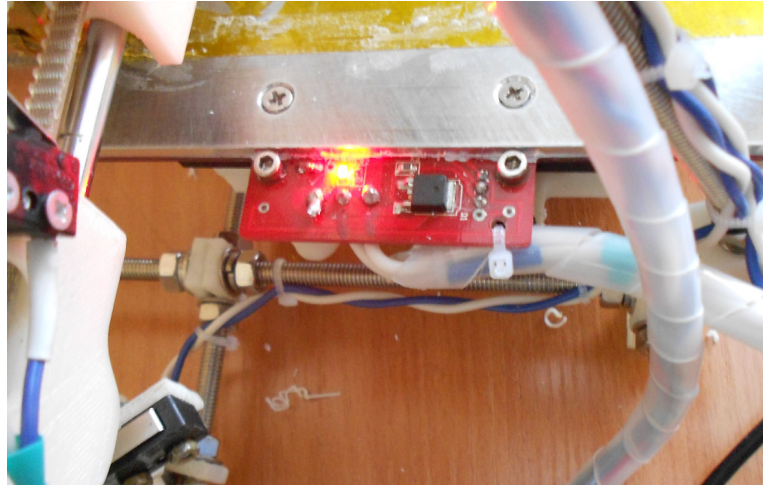


Рис. 20. Красный диод на микросхеме площадки в ходе нагрева.

Далее в течение 5–10 минут следует наблюдать за графиками температур, до тех пор, пока температура не станет равна заданным значениям (рис. 21 – 23).

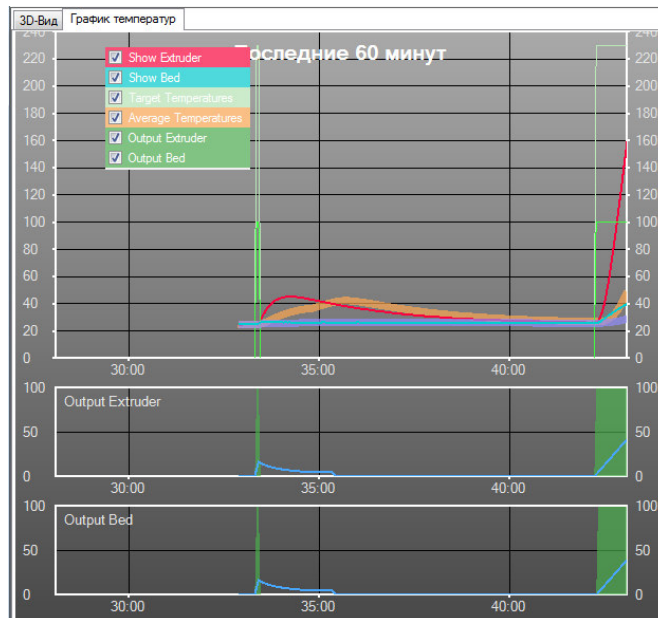


Рис. 21. График температур на начале нагрева.

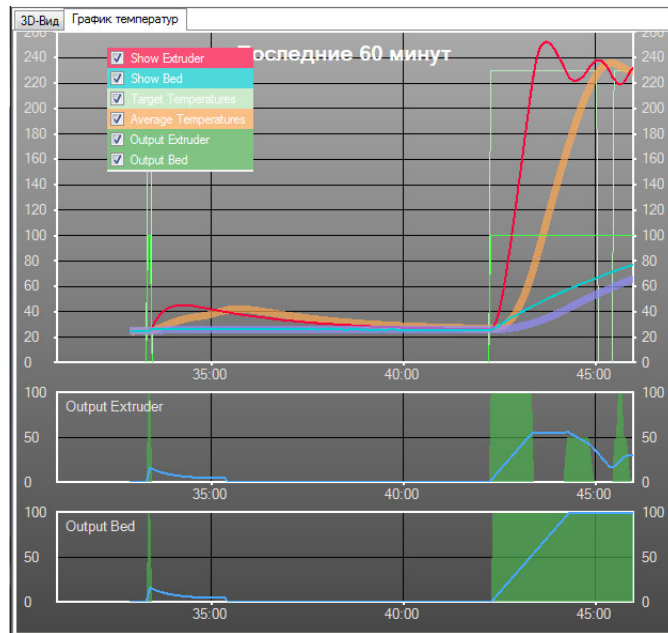


Рис. 22. График температур через 5 минут.

Как видно из графика, представленного на рис. 22, экструдер уже нагрелся, а температура площадки на отметке 80 C^0 .

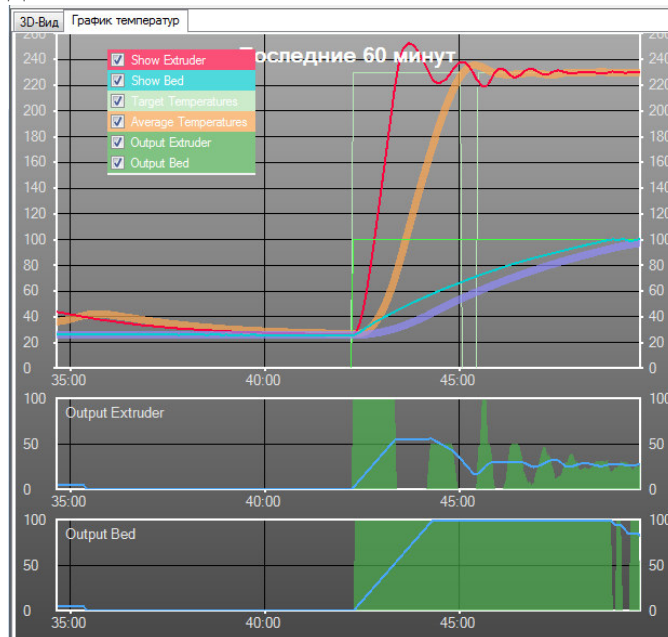


Рис. 23. График температур по достижении заданных значений.

Как видно из графиков температур, нагревание элементов проходило плавно и без каких-либо отклонений. По достижении заданных значений нагрев отключился. При снижении температуры ниже заданных значений нагревательные элементы снова включаются для поддержания температуры.

Если при выполнении теста 3 вы получили такие же результаты, то нагревательные элементы работают корректно.

Теперь можно приступить к подготовке и запуску печати.

7.4. Выполнение печати на 3D-принтере. Подготовка и запуск

Перед началом печати необходимо выбрать и загрузить соответствующий файл 3D- модели в управляющую программу. Для этого необходимо нажать на кнопку «Загрузить», расположенную в панели инструментов интерфейса программы. После чего необходимо найти и выбрать модель, которую хотим напечатать. Файл 3D-модели должен иметь формат и расширение «.STL». 3D-модель такого формата можно скачать в сети Интернет, либо спроектировать самостоятельно с помощью **САПР КОМПАС 3D** (рис. 24).

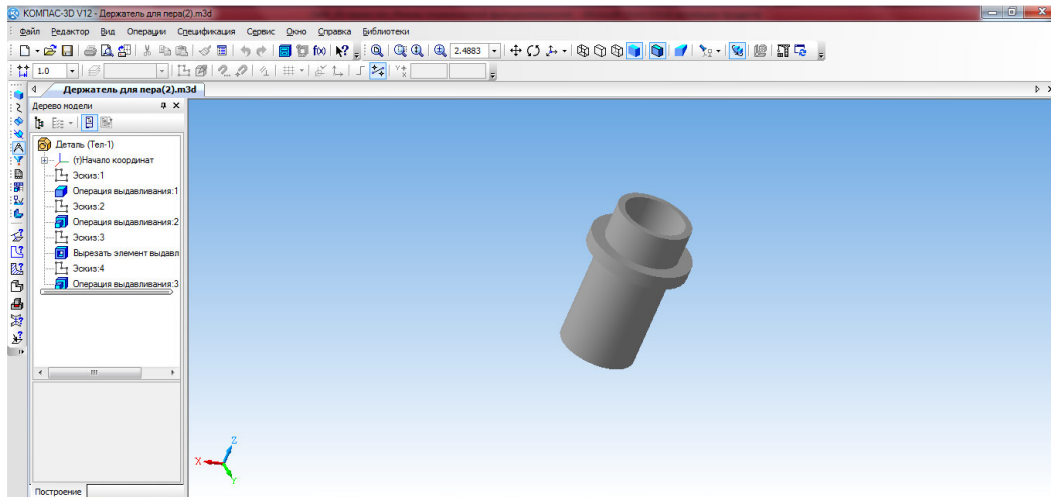


Рис. 24. Пример спроектированной детали держателя для пера плоттера в КОМПАС 3D.

После того как деталь спроектирована, например в **КОМПАС 3D**, необходимо зайти в меню «Файл» и выбрать пункт «Сохранить как». В открывшемся окне следует выбрать расположение сохраняемого файла, назначить имя и тип «STL». После нажатия кнопки «Сохранить» откроется окно «Запись файла формата STL» (рис. 25).

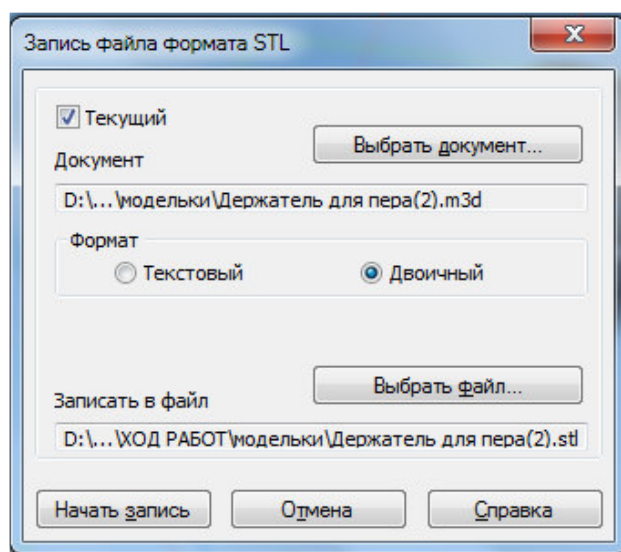


Рис. 25. Окно «Запись файла формата STL».

В данном окне нужно выбрать формат «Двоичный» и нажать кнопку «Начать запись». После этого 3D-файл сохранится в указанное вами место в формате «.STL».

На рис. 26 изображено окно управляющей программы **Repetier-Host**, после того как в нее загружен STL-файл.

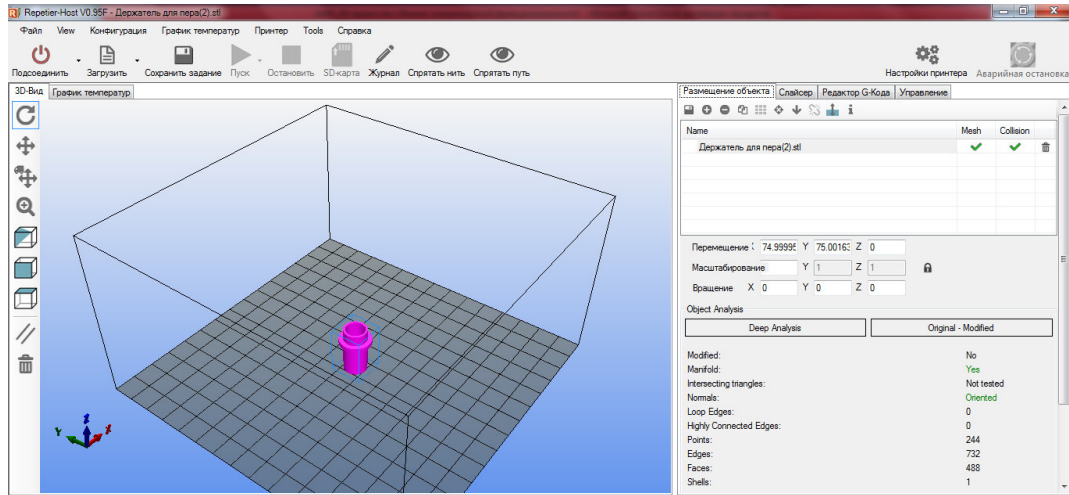


Рис. 26. Окно управляющей программы после того как в нее загружен файл «STL».

Обязательно следует обратить внимание на два пункта в нижнем правом углу «Manifold» и «Normals» (рис. 27).



Рис. 27. Пункты «Manifold» и «Normals».

Если значения этих пунктов будут подсвечиваться красным цветом вместо зеленого и вместо «Yes» и «Oriented» будут другие значения, то это означает, что деталь не соответствует параметрам 3D-принтера и может быть распечатана некорректно, либо печать не запустится совсем. Тогда следует модель подкорректировать, либо загрузить другую.

Далее необходимо выполнить слайсинг 3D-модели. **Слайсинг** – это разложение модели на слои и генерация G-кода. Слайсинг осуществляется с помощью встроенной программы **Slic3r**. Для этого необходимо перейти в управляющей программе на вкладку «Слайсер», выбрать слайсер «Slic3r» (рис. 28) и настроить его конфигурацию в соответствии с параметрами принтера.

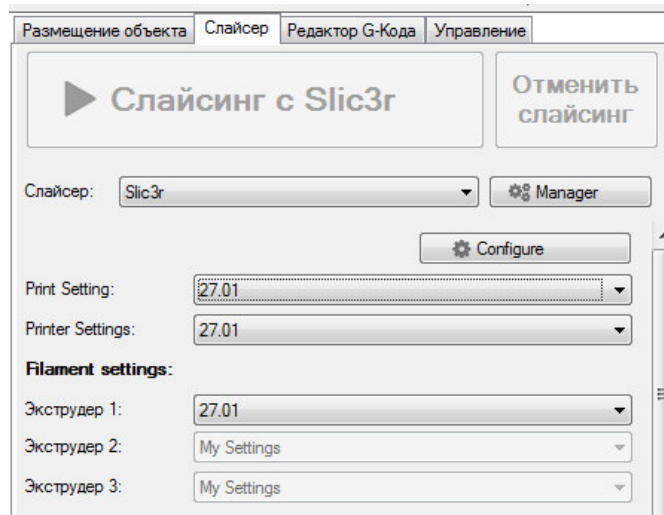


Рис. 28. Выбор слайсера.

Для осуществления настройки конфигурации слайсера следует нажать на кнопку «Configure». Далее появится окно настройки (рис. 29).

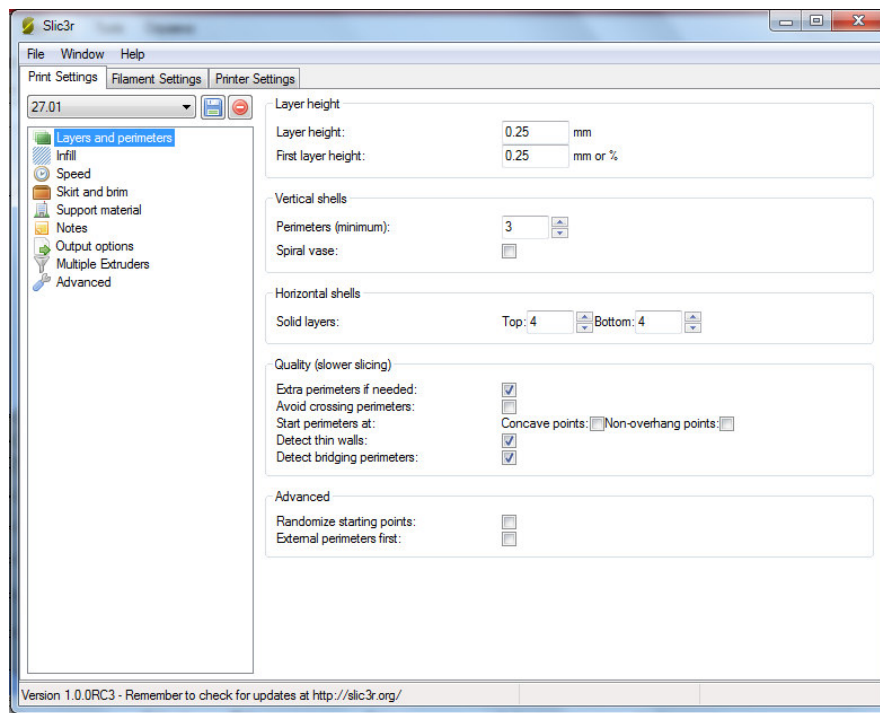



Рис. 29. Окно настройки слайсинга.

Для раздела «**Layers and perimeters**» следует установить настройки так, как указано на рис. 29. После настройки каждого раздела необходимо сохранять конфигурацию кнопкой сохранения  и для всех назначить одинаковое имя, например «27.01».

Для раздела «**Infill**» следует установить настройки так, как указано на рис. 30.

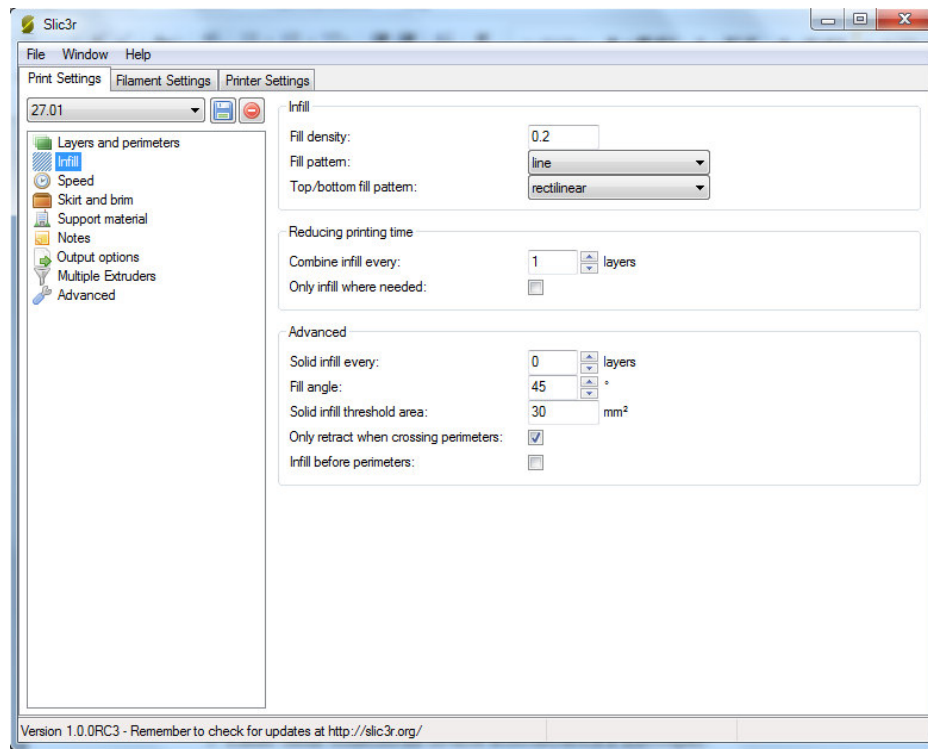


Рис. 30. Настройка раздела «Infill».

31. Для раздела «**Speed**» следует установить настройки так, как указано на рис.

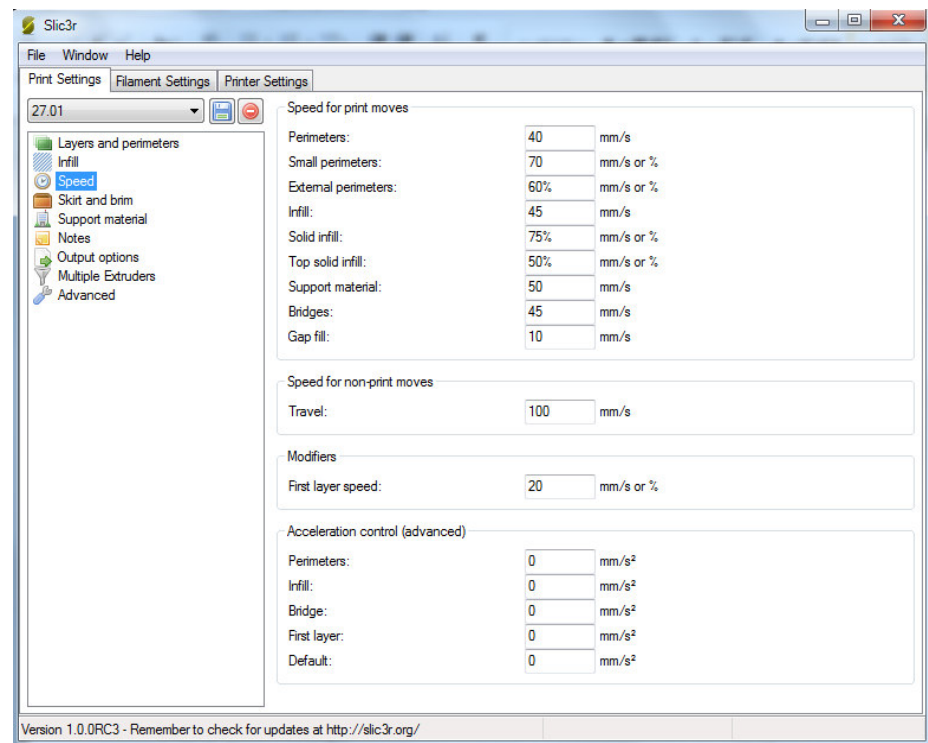


Рис. 31. Настройка раздела «Speed».

Для раздела «**Skirt and Brim**» следует установить настройки так, как указано на рис. 32.

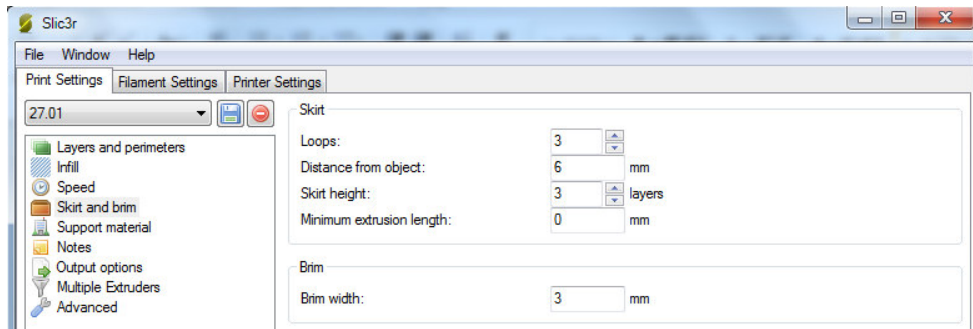


Рис. 32. Настройка раздела «Skirt and Brim».

Для раздела «**Support material**» следует установить настройки так, как указано на рис. 33.

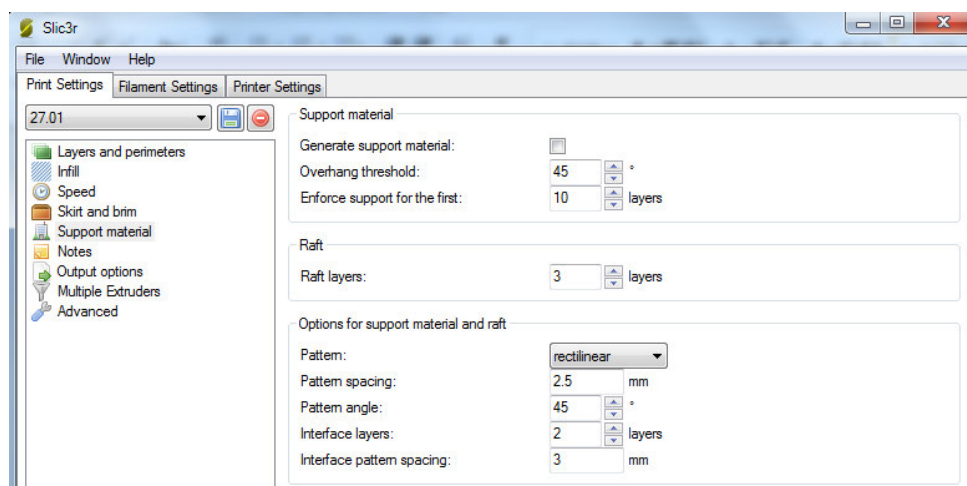


Рис. 33. Настройка раздела «Support material».

Для раздела «**Output options**» следует установить настройки так, как указано на рис. 34.

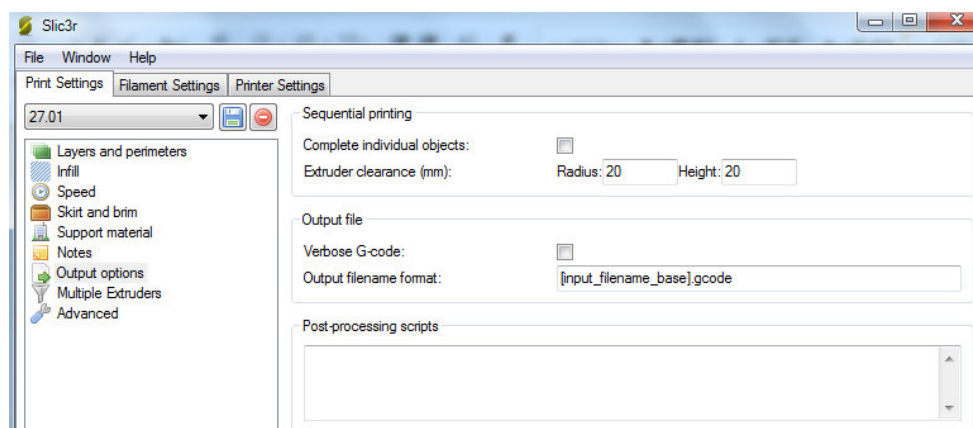


Рис. 34. Настройка раздела «Output options».

Для раздела «**Multiple Extruders**» следует установить настройки так, как указано на рис. 35.

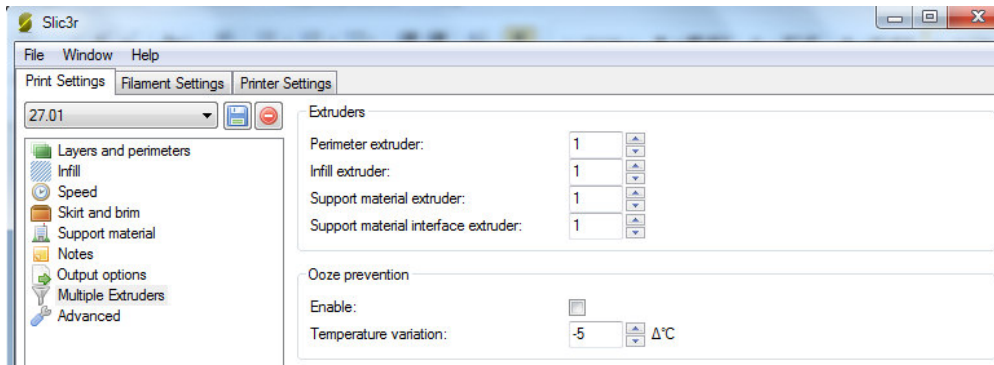


Рис. 35. Настройка раздела «Multiple Extruders».

Для раздела «**Advanced**» следует установить настройки так, как указано на рис. 36.

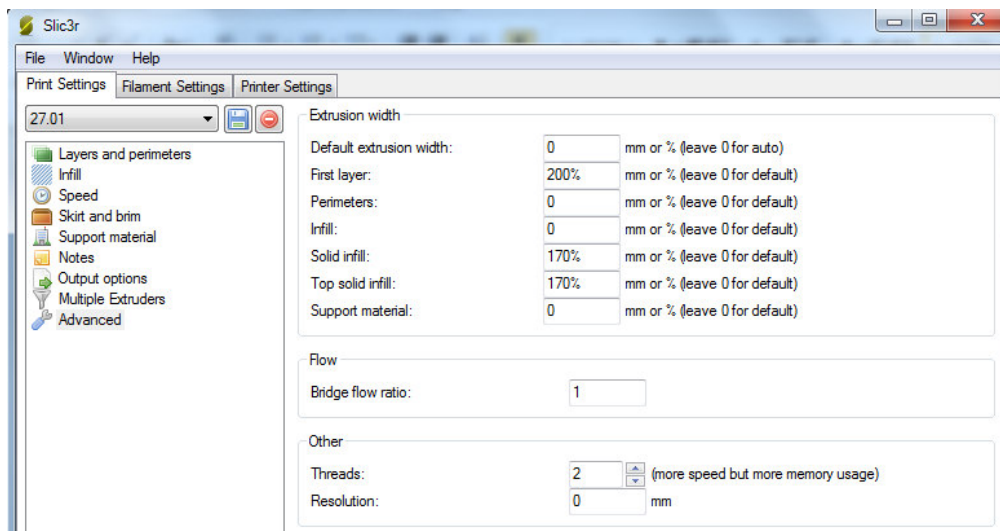


Рис. 36. Настройка раздела «Advanced».

Далее, сохранив все настройки, следует перейти во вкладку «**Filament Settings**» и для раздела «**Filament**» установить настройки так, как указано на рис. 37.

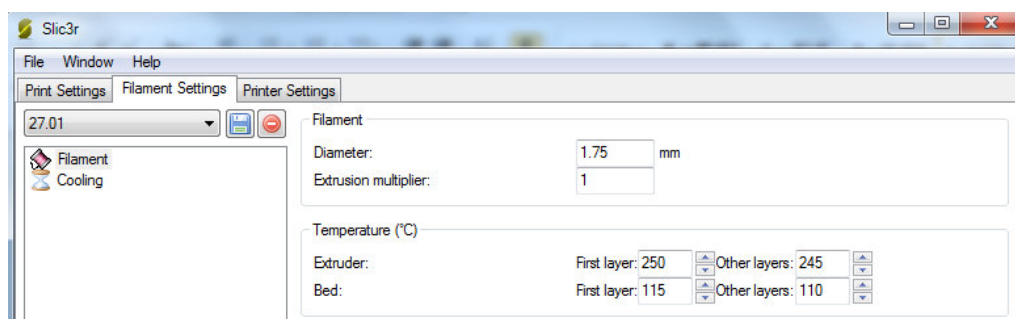


Рис. 37. Настройка раздела «Filament».

Далее, сохранив все настройки, следует перейти во вкладку «**Printer Settings**» и для раздела «**General**» установить настройки так, как указано на рис. 38.

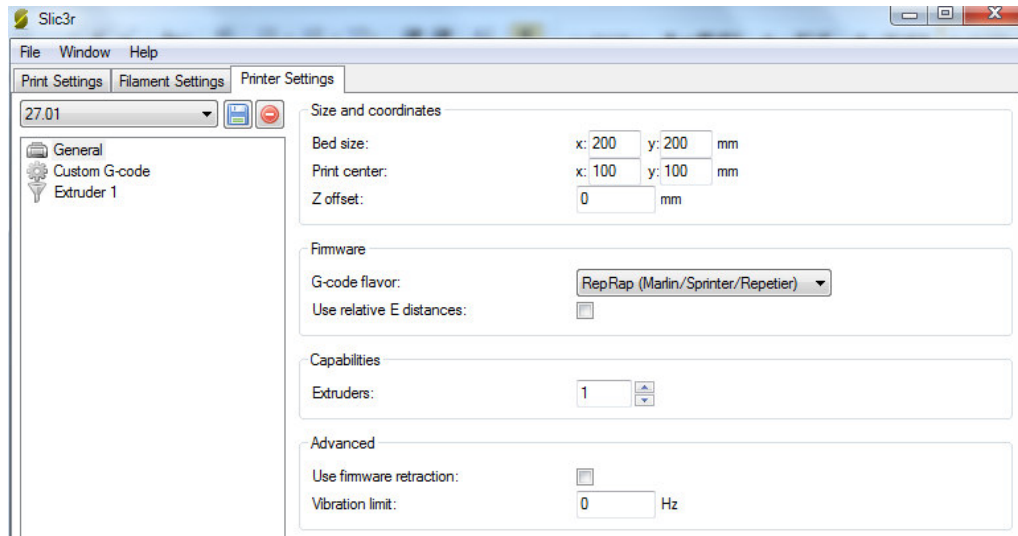


Рис. 38. Настройка раздела «General».

Для раздела «**Custom G-code**» следует установить настройки так, как указано на рис. 39.

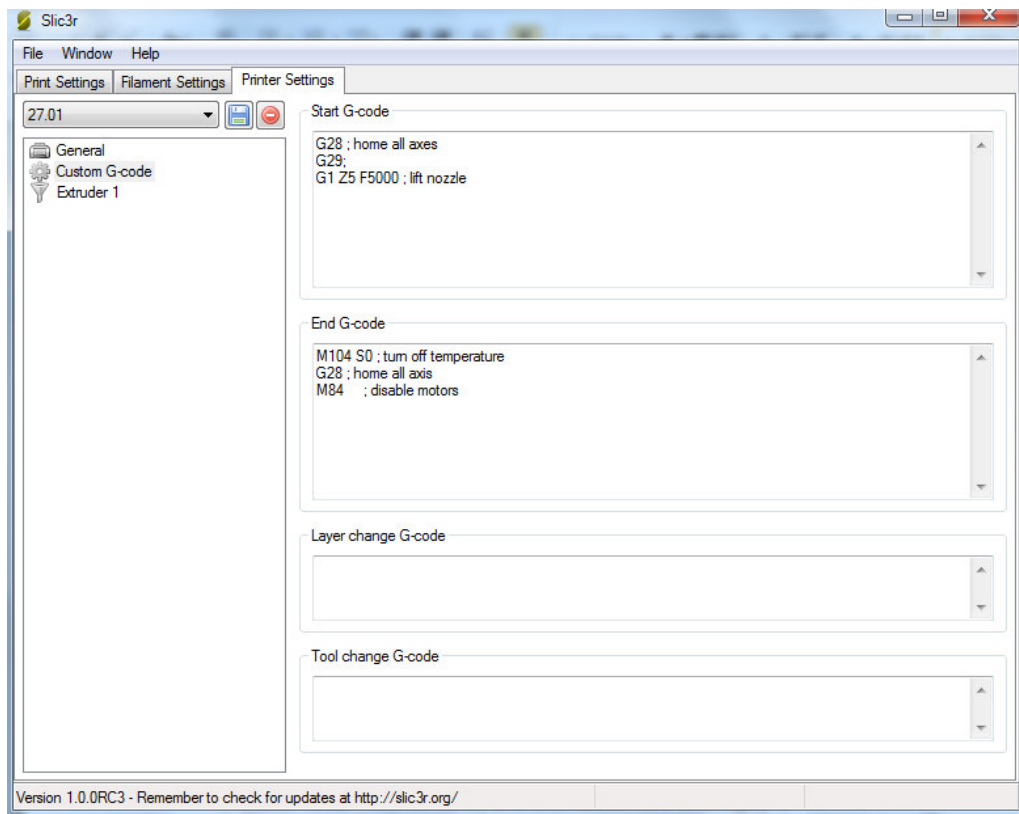


Рис. 39. Настройка раздела «Custom G-code»

Для раздела «**Extruder 1**» следует установить настройки так, как указано на рис. 40.

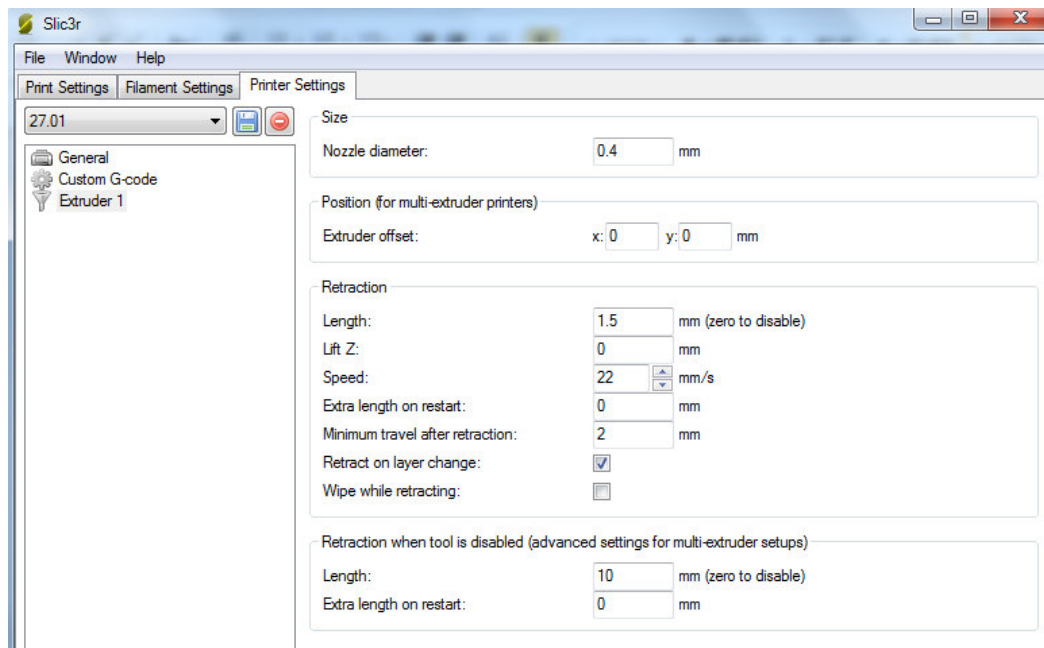


Рис. 40. Настройка раздела «**Extruder 1**».

Установив и сохранив все настройки, необходимо закрыть окно конфигурации программы Slic3r и во вкладке «Слайсер» для разделов «**Print Setting**» «**Printer Settings**» «**Экструдер 1**» установить сохраненную вами конфигурацию. Например, если конфигурация была сохранена под именем «27.01», то окно слайсера будет выглядеть как на рис. 41.

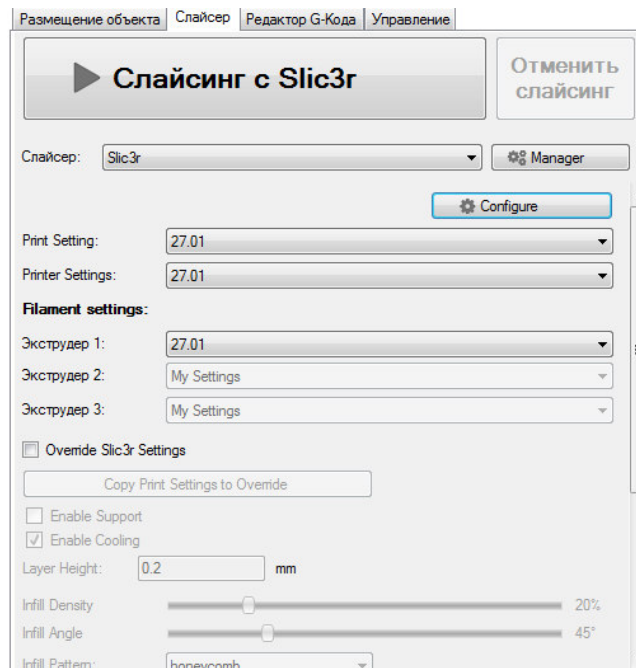


Рис. 41. Окно слайсера.

Далее следует нажать кнопку «Слайсинг с Slic3r» и подождать пока завершится слайсинг. После завершения слайсинга, модель разложится на слои и сгенерируется G-код (рис. 42).

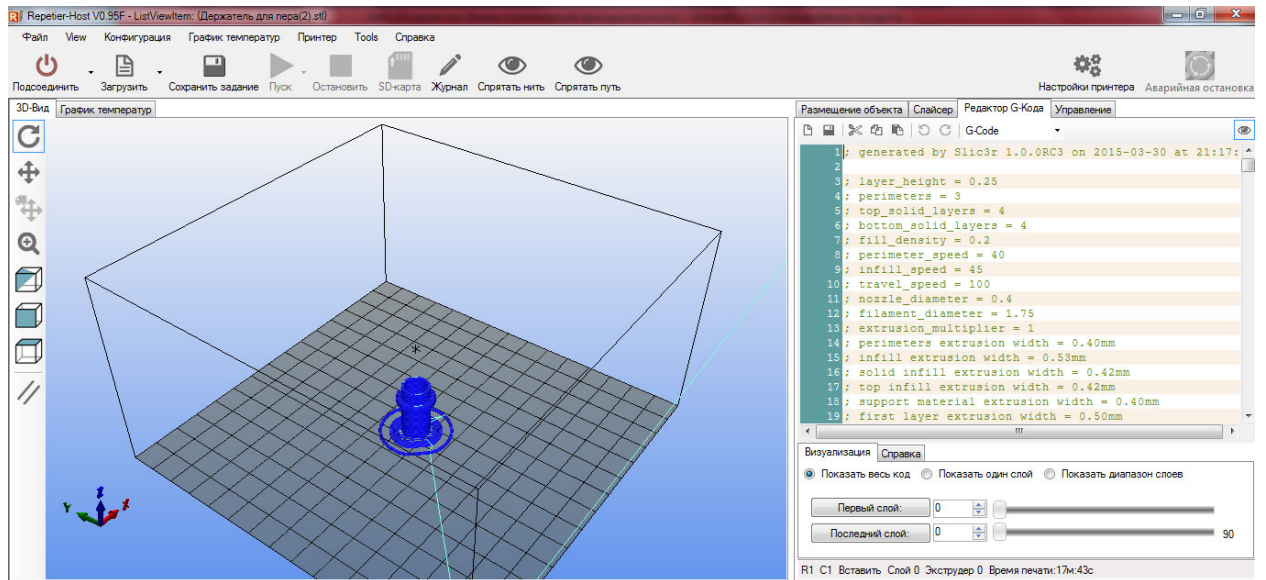


Рис. 42. Окно управляющей программы после слайсинга модели.

Далее кнопкой «Пуск» необходимо запустить печать детали. Принтер получит команду о начале печати и начнет подготовку. Это может занять от 5 до 15 минут. Как только принтер будет готов, начнется процесс печати.

Пример напечатанной детали держателя для пера плоттера Rolland DXY представлен на рис. 43.



Рис. 43. Напечатанная деталь держатель для пера плоттера Rolland DXY.

В среднем печать длится от 15 до 90 минут в зависимости от габаритов и сложности детали. Деталь держатель для пера плоттера Rolland DXY печаталась около 17 минут.

7.5. Контрольные вопросы

1. Определить понятие «быстрое прототипирование».
2. Что такое 3D-принтер?
3. Какие типы 3D-принтеров существуют ?
4. Расшифровать аббревиатуру FDM .

5. Что такое экструдер, и для чего он нужен в 3D-принтере?
6. Назовите основные этапы подготовки данных для быстрого прототипирования.
7. Какова структурная схема 3D-принтера основанного на технологии послойного наплавления?
8. Какие материалы могут быть использованы для 3D-печати?
9. С помощью каких портов происходит соединение 3D-принтера с компьютером, и какой для этого нужен драйвер?
10. Какое программное обеспечение необходимо для системы управления 3D-принтером?
11. Сколько и какие этапы необходимо выполнить, чтобы осуществить 3D-печать?
12. 3D-файл какого формата используется для 3D-печати?
13. Какие тесты следует провести, перед тем как осуществлять запуск печати?
14. Что такое слайсинг, и зачем он нужен?
15. Сколько времени в среднем может продолжаться 3D-печать?

7.6. Задание

Задание 1. Домашняя самостоятельная работа.

1. Ответить на контрольные вопросы.
2. Подготовить файл пригодный для использования в 3D-печати и содержащий 3D- модель какой-либо детали (см. п. 7.4).

Задание 2. Лабораторная работа.

1. Подключить 3D-принтер к компьютеру и настроить соединение (см. п. 7.2).
2. Запустить 3D-принтер и проверить его функционирование, с помощью тестов, описанных в п. 7.3.
3. Осуществить 3D-печать трёхмерной детали (см. п. 7.4), модель которой была подготовлена дома заранее.
4. Показать результат и представить отчёт преподавателю.

Список использованных источников

1. Малюх В.Н. Введение в современные САПР: Курс лекций. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 192 с.
2. 3D-принтеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://geektimes.ru/company/gtv/blog/243803>.
3. Энциклопедия 3D-печати [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://3dtoday.ru/wiki/3D_print/