

ДИСЦИПЛИНА	<b>Программирование промышленного оборудования</b> (полное наименование дисциплины без сокращений)
ИНСТИТУТ	перспективных технологий и индустриального программирования (ИПТИП)
КАФЕДРА	цифровых и аддитивных технологий (полное наименование кафедры)
ВИД УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА	<b>Лабораторная работа 04</b> (в соответствии с пп.1-11)
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ	<b>Краско Александр Сергеевич, Скрипник Сергей Васильевич</b> (фамилия, имя, отчество)
СЕМЕСТР	<b>2 семестр</b> (указать семестр обучения, учебный год)

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА.**

## **ОСНОВЫ НАПИСАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ 3D-ПРИНТЕРА НА ПРОШИВКЕ MARLIN, REPRAP И DUET**

### **1. Цель лабораторной работы**

**Цель работы:** приобретение практических навыков настройки слайсера и создания управляющих программ для 3D-принтеров с различными типами прошивок (Marlin, RepRap и Duet). Изучить особенности синтаксиса команд для разных прошивок и освоить методы внесения изменений в управляющие программы.

### **2. Материально-техническое обеспечение лабораторной работы**

1. Персональный компьютер с установленным программным обеспечением: Ultimaker Cura, PrusaSlicer и Visual Studio.
2. Тестовая 3D-модель в формате STL

### **3. Методические указания к выполнению лабораторной работы**

#### **3.1. Общие теоретические положения по 3D-печати**

Технология трехмерной печати методом послойного наплавления (FDM/FFF) представляет собой один из наиболее распространенных методов аддитивного производства. В основе данной технологии лежит процесс послойного создания физического объекта по цифровой 3D-модели путем нанесения расплавленного термопластичного материала.

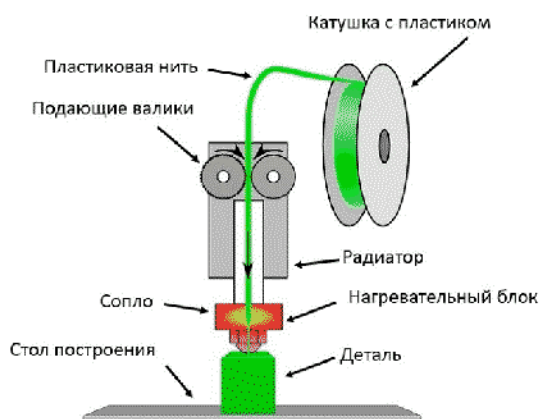


Рисунок 1. Схема FDM печати

Принцип работы FDM-принтера основан на экструзии - процессе выдавливания расплавленного пластика через сопло малого диаметра. Термопластичный материал в виде нити (филамента) подается в нагревательный блок (хотэнд), где происходит его плавление до состояния, близкого к жидкому. Расплавленный материал выдавливается через сопло и наносится тонкими слоями, формируя трехмерный объект.

Механическая система принтера обеспечивает точное позиционирование печатающей головки в пространстве. Она включает в себя жесткую раму, направляющие, по которым перемещаются подвижные части, приводные механизмы на основе шаговых двигателей и системы передачи движения, такие как ремни или винтовые передачи. Точность перемещения является критически важным параметром, так как от него напрямую зависит качество готового изделия.

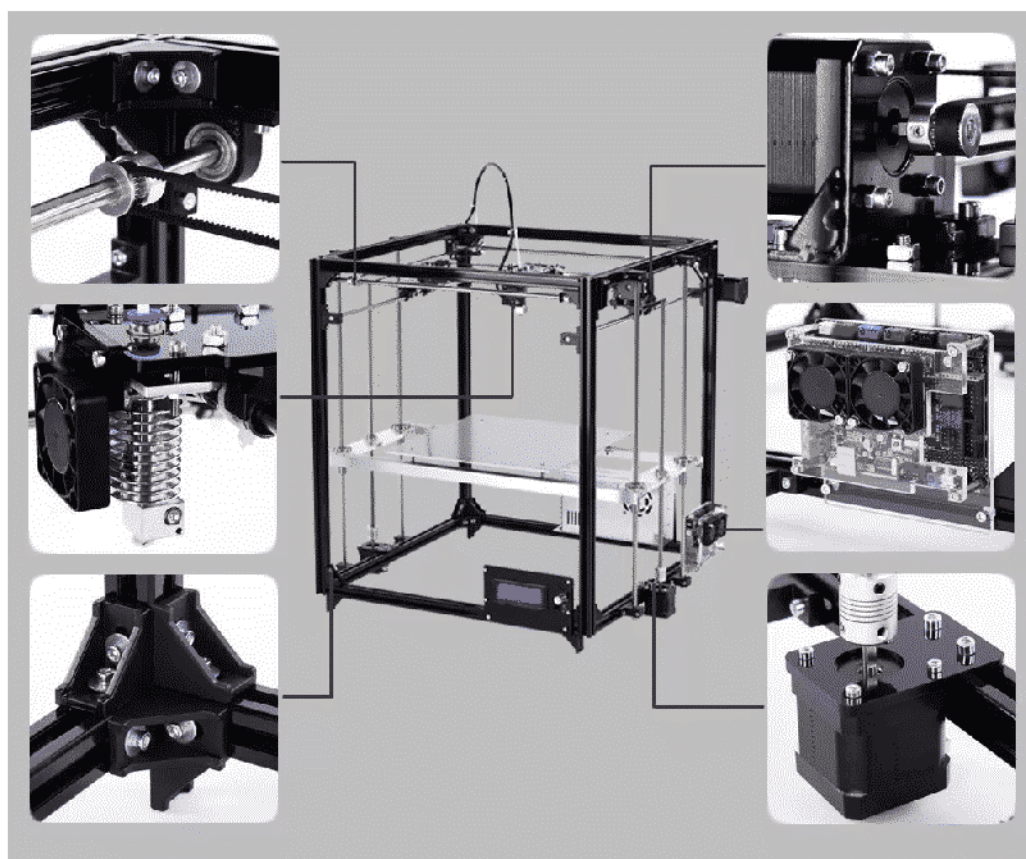


Рисунок 2. Общая схема 3D-принтера

Система экструзии состоит из двух основных частей: механизма подачи филамента (экструдера) и нагревательного блока с соплом (хотэнда). Экструдер отвечает за равномерную подачу пластиковой нити, а хотэнд обеспечивает ее плавление и формирование тонкой струи материала. Температура плавления

контролируется с высокой точностью, так как даже небольшие отклонения могут привести к дефектам печати.

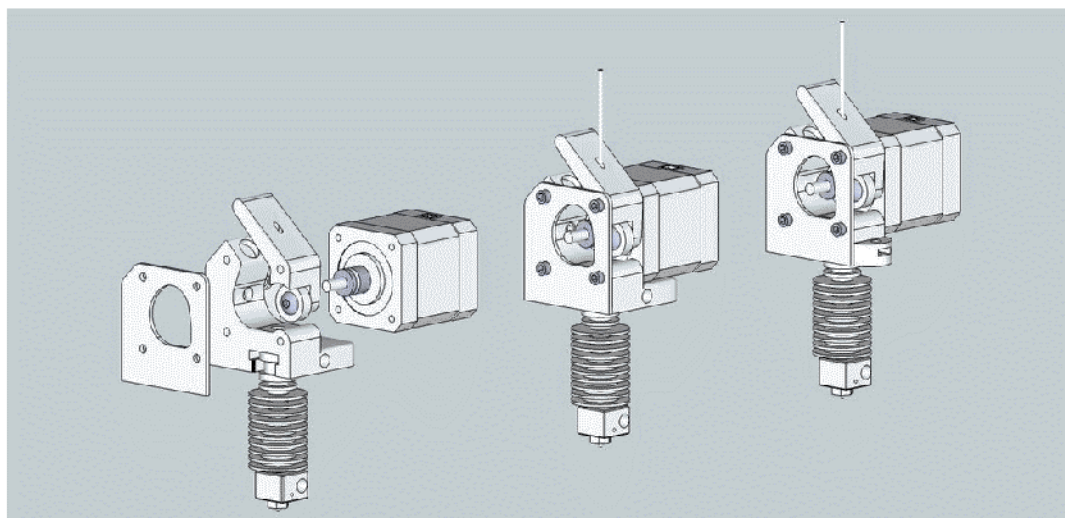


Рисунок 3. Фидер и хотэнд

Электронная начинка принтера представляет собой сложную систему управления, центром которой является контроллер. Он обрабатывает команды управляющей программы, контролирует работу всех двигателей, нагревательных элементов и датчиков. Современные контроллеры способны обеспечивать высокую точность позиционирования и поддерживать стабильные температурные режимы.

Прошивка принтера является ключевым элементом, связывающим аппаратную часть с управляющими программами. Она определяет функциональные возможности устройства, методы обработки команд и алгоритмы управления всеми системами. От качества прошивки зависит не только удобство работы с принтером, но и качество получаемых изделий.

Процесс печати начинается с создания цифровой 3D-модели, которая затем преобразуется в набор команд для принтера с помощью специального программного обеспечения - слайсера. Слайсер разбивает модель на тонкие горизонтальные слои и генерирует траектории перемещения печатающей головки для каждого слоя. При этом учитывается множество параметров: толщина слоя, скорость печати, температура материала, настройки заполнения и многие другие.

Управление принтером осуществляется с помощью специального языка команд – управляющих команд или G-code. Это стандартизированный набор инструкций, который указывает принтеру, как именно нужно перемещать

печатающую головку, когда подавать материал, какую поддерживать температуру и множество других параметров. Управляющая команда является промежуточным звеном между цифровой моделью и физическим процессом печати.

В процессе трехмерной печати особое значение имеет правильная калибровка всех систем принтера. Начальная калибровка включает в себя выставление уровня печатного стола относительно сопла, настройку шагов двигателей, определение оптимальной температуры для конкретного материала и множество других параметров. От качества калибровки напрямую зависит успешность печати и качество готовых изделий.

Термопластичные материалы, используемые в FDM-печати, обладают различными свойствами и требуют разных условий печати. Наиболее распространенным материалом является PLA (полилактид) - биоразлагаемый пластик, который отличается простотой печати и низкой усадкой. ABS (акрилонитрил-бутадиен-стирол) более прочен и термостоек, но требует более высоких температур и закрытой камеры печати. PETG сочетает в себе простоту печати PLA с повышенной прочностью и химической стойкостью.



Рисунок 4. Филамент для FDM принтера

Качество печати зависит от множества факторов, включая механические, температурные и программные параметры. Механические факторы включают точность позиционирования, жесткость конструкции, качество подшипников и



направляющих. Температурные параметры определяют состояние расплавленного пластика, его текучесть и адгезию между слоями. Программные параметры, задаваемые в слайсере, влияют на стратегию заполнения, скорость печати, охлаждение и другие аспекты процесса.

Современные прошивки для 3D-принтеров предоставляют широкие возможности по настройке и оптимизации процесса печати. Они позволяют контролировать ускорения и замедления движений, компенсировать люфты механической системы, управлять процессом ретракции (втягивания) филамента для предотвращения подтеков, настраивать параметры работы вентиляторов охлаждения и многое другое.

Процесс создания управляющей программы в слайсере включает несколько этапов. Сначала модель проверяется на наличие ошибок и оптимально ориентируется в пространстве. Затем задаются базовые параметры печати: толщина слоя, процент и тип заполнения, количество периметров, настройки поддержек. После этого модель разбивается на слои, и для каждого слоя генерируются траектории перемещения печатающей головки.

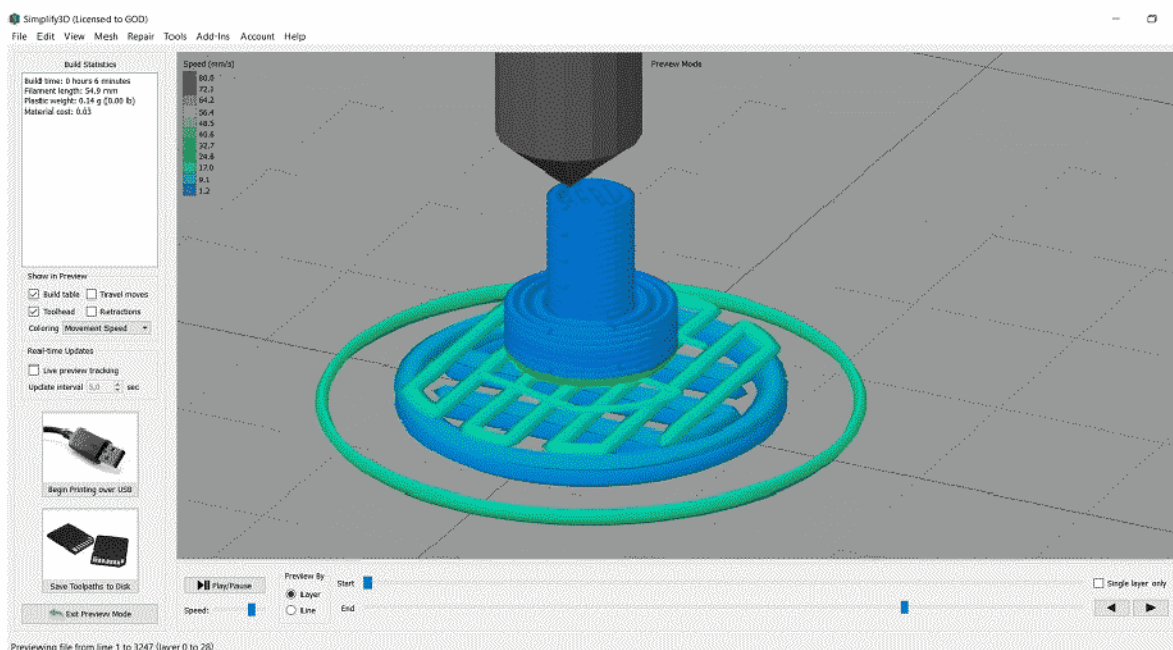


Рисунок 5. Слайсер 3D-принтера

Особое внимание уделяется созданию поддерживающих структур для нависающих элементов модели. Поддержки могут быть различных типов: классические вертикальные опоры, древовидные структуры, растворимые поддержки (при использовании второго экструдера). Правильная настройка

поддержек позволяет печатать сложные геометрические формы с минимальным расходом материала и легким удалением вспомогательных структур.

Слайсеры предоставляют возможность предварительного просмотра процесса печати, что позволяет оценить время изготовления, расход материала и потенциальные проблемные места. Современные слайсеры могут автоматически корректировать параметры печати для разных участков модели, оптимизируя качество и скорость печати.

Важным аспектом 3D-печати является понимание взаимосвязи между программным обеспечением, прошивкой и аппаратной частью принтера. Прошивка выступает в роли интерпретатора между командами управляющей программы и физическими действиями принтера. От её возможностей зависит, какие функции будут доступны пользователю и насколько эффективно будет использоваться аппаратная часть принтера.

Современные прошивки, такие как Marlin, Rep-Rap и Duet, предоставляют различные подходы к управлению принтером. Marlin, являясь наиболее распространенной прошивкой, отличается универсальностью и широкой поддержкой различного оборудования. Rep-Rap, будучи первой открытой прошивкой для 3D-принтеров, заложила основы многих современных решений. Duet представляет собой более продвинутое решение с расширенными возможностями управления и настройки.

Процесс печати можно разделить на несколько ключевых этапов. Начальный этап включает прогрев компонентов до рабочих температур и калибровку начального положения. Основной этап заключается в послойном нанесении материала согласно заданной программе. Завершающий этап включает контролируемое охлаждение изделия и парковку печатающей головки.

Температурный контроль играет критическую роль в процессе печати. Разные материалы требуют разных температур печати и охлаждения. Например, PLA печатается при температуре 180-220°C и требует активного охлаждения, в то время как ABS нуждается в температуре 230-250°C и минимальном обдуве. Температура стола также варьируется от 60°C для PLA до 100-110°C для ABS.

Скорость печати является компромиссом между производительностью и качеством. Высокие скорости позволяют сократить время изготовления, но могут привести к снижению качества поверхности и прочности изделия. Современные прошивки позволяют динамически изменять скорость печати для разных элементов модели: периметры могут печататься медленнее для лучшего качества поверхности, а внутреннее заполнение - быстрее для экономии времени.

Система охлаждения в 3D-принтере выполняет несколько функций. Охлаждение напечатанных слоев необходимо для быстрого затвердевания пластика и предотвращения деформаций. Охлаждение механических компонентов предотвращает перегрев подшипников и двигателей. Некоторые материалы, такие как нейлон или поликарбонат, наоборот, требуют минимального охлаждения для лучшей межслойной адгезии.

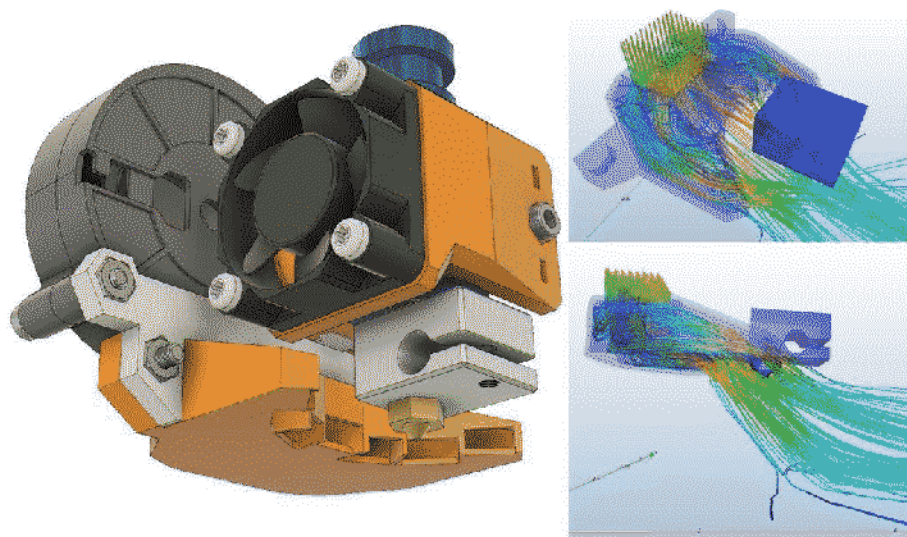


Рисунок 6. Визуализация воздушных потоков обдува модели

Прошивка контролирует не только базовые параметры печати, но и реализует различные алгоритмы оптимизации. Это может быть компенсация люфтов механической системы, корректировка подачи филамента при изменении скорости, автоматическая подстройка температуры в зависимости от скорости печати и многое другое.

Качество печати во многом зависит от правильной настройки ретракции - втягивания филамента при переходах между элементами модели. Недостаточная ретракция приводит к появлению нитей и капель пластика на поверхности модели, избыточная - может вызвать проблемы с подачей материала. Разные прошивки предоставляют различные возможности по настройке параметров ретракции.

Управление движением в современных принтерах осуществляется с учетом динамических характеристик системы. Прошивка контролирует ускорения и замедления, чтобы избежать пропуска шагов двигателями и минимизировать вибрации. Параметры движения могут настраиваться отдельно для каждой оси и типа перемещения (печать, перемещение, ретракция).



Многие современные прошивки поддерживают работу с несколькими экструдерами, что позволяет печатать разными материалами или цветами в рамках одной модели. Это требует дополнительной калибровки смещения между экструдерами и правильной настройки параметров переключения между ними.

Важным аспектом является обработка специальных команд в управляющей программе, таких как паузы, смена филамента, изменение параметров печати на лету. Разные прошивки могут иметь разный синтаксис для этих команд, что необходимо учитывать при подготовке управляющей программы.

Системы автоматической калибровки стола (auto bed leveling) требуют специальной поддержки со стороны прошивки. Они могут использовать различные типы датчиков и методы измерения, результаты которых учитываются при печати для компенсации неровностей поверхности стола.

Современные прошивки также предоставляют возможности по удаленному управлению принтером через сеть, мониторингу процесса печати, сбору статистики и диагностике ошибок. Это особенно важно при использовании принтеров в производственной среде.

Процесс оптимизации настроек печати является итеративным и требует понимания взаимосвязи между различными параметрами. Изменение одного параметра может потребовать корректировки других для достижения оптимального результата. Тестовые печати и анализ результатов помогают найти оптимальные настройки для конкретного сочетания принтера, материала и модели.

#### Прошивка 3D-принтера: назначение и функции

Прошивка (firmware) 3D-принтера представляет собой специализированное программное обеспечение, установленное на контроллере устройства. Основное назначение прошивки - интерпретация команд управляющей программы и контроль всеми механическими и электронными компонентами принтера.

Основные функции прошивки включают:

##### 1. Управление движением:

- Контроль работы шаговых двигателей
- Расчет и реализация траекторий перемещения печатающей головки
- Обеспечение точности позиционирования по всем осям
- Синхронизация движения экструдера с перемещением

## 2. Температурный контроль:

- Управление нагревателями экструдера
- Контроль температуры нагревательного стола
- Обработка показаний термисторов
- Поддержание заданной температуры с помощью ПИД-регулирования

## 3. Обработка команд:

- Интерпретация управляющей программы
- Выполнение системных команд
- Обработка и предотвращение ошибок
- Управление дополнительными функциями (вентиляторы, датчики и т.д.)

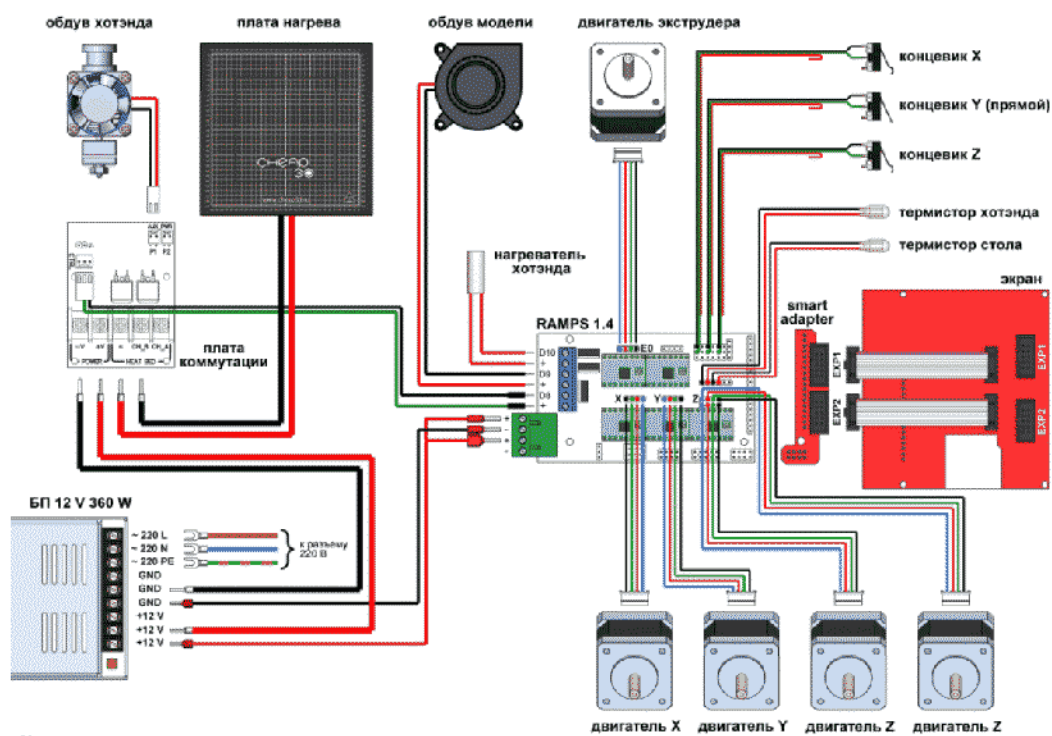


Рисунок 7. Общая схема взаимодействия компонентов 3D-принтера через прошивку

### 3.2. Виды и особенности прошивок для 3D-принтеров

В современных 3D-принтерах используются различные типы прошивок, каждая из которых имеет свои особенности и преимущества. Рассмотрим три основные прошивки, наиболее часто встречающиеся в FDM-принтерах.

#### *Прошивка Marlin*

Marlin является самой распространенной прошивкой с открытым исходным кодом. Она поддерживается большинством производителей 3D-принтеров и имеет следующие особенности:

- Поддержка широкого спектра контроллеров и плат управления (RAMPS, MKS, SKR и др.)
- Обширная база пользователей и активное сообщество разработчиков
- Простота настройки через конфигурационные файлы Configuration.h и Configuration\_adv.h
- Стандартизированный набор управляющих команд
- Встроенные функции безопасности и защиты
- Поддержка LCD дисплеев и SD карт

Базовый синтаксис команд Marlin:

G0/G1 X[coord] Y[coord] Z[coord] E[length] F[rate] - линейное перемещение
M104 S[temperature] - установка температуры хотенда
M140 S[temperature] - установка температуры стола
M106 S[speed] - управление вентилятором охлаждения (0-255)
M109 S[temperature] - ожидание достижения температуры хотенда
M190 S[temperature] - ожидание достижения температуры стола

## Marlin LCD Menu Tree

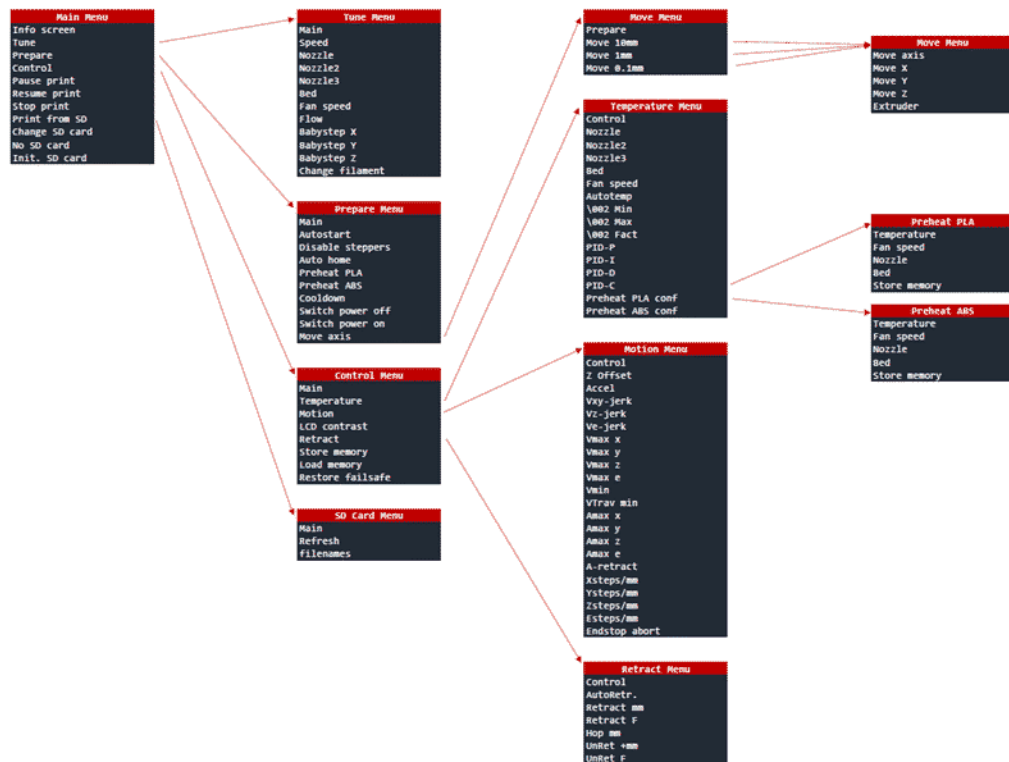


Рисунок 8. Структура команд Marlin и их взаимосвязь

### Прошивка RepRap

RepRap - это прошивка, разработанная в рамках проекта RepRap для самовоспроизводящихся 3D-принтеров. Ключевые характеристики:

- Модульная архитектура программного кода
- Поддержка различных конфигураций принтеров, включая дельта и SCARA
- Расширенные возможности настройки параметров печати
- Специфический набор дополнительных команд
- Встроенная поддержка многоэкструдерной печати

Отличительные команды RepRap:

T0/T1 - выбор активного экструдера

M116 T[number] - ожидание температуры конкретного инструмента

M563 P[number] - определение инструмента

M568 P[number] S[state] - установка активного/неактивного состояния инструмента

M92 - установка шагов на миллиметр для каждой оси

## Прошивка Duet

Duet представляет собой современную прошивку с расширенными возможностями управления. Основные характеристики:

- Встроенный веб-интерфейс управления
- Расширенная система макросов и конфигурационных файлов
- Продвинутое управление движением и динамикой печати
- Поддержка сегментации и сглаживания траекторий
- Возможность удаленного управления через сеть
- Расширенная диагностика и логирование

Специфические команды Duet:

M98 P"filename.g" - вызов макроса

M290 Z[offset] - установка смещения по Z в реальном времени

M566 X[rate] Y[rate] Z[rate] E[rate] - установка максимального ускорения рывка

M593 F[frequency] - настройка динамической компенсации резонанса

M307 H[heater] - автоматическая настройка PID параметров нагревателя

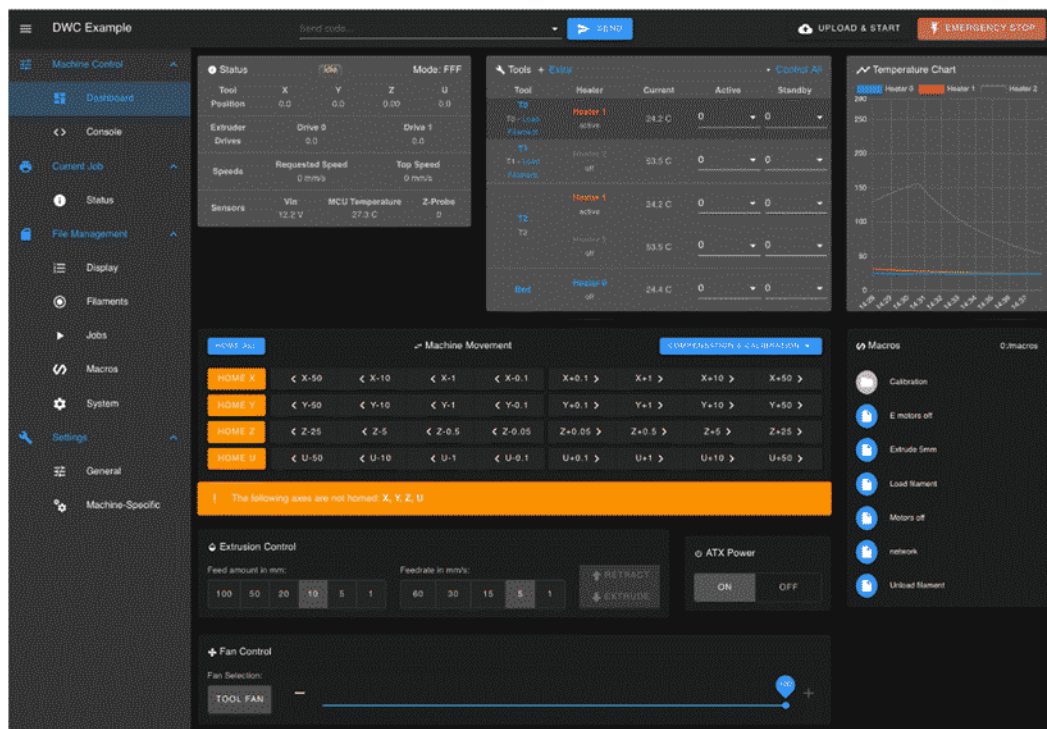


Рисунок 9. Интерфейс веб-панели управления Duet



### 3.3. Взаимодействие прошивки и слайсера

Для корректной работы 3D-принтера необходимо правильное взаимодействие между слайсером и прошивкой. Основные аспекты:

#### 1. Начальный код (Start G-code):

```
; Пример для Marlin
M104 S210 ; Преднагрев хотенда
M140 S60 ; Преднагрев стола
G28 ; Домашняя позиция
M109 S210 ; Ожидание нагрева хотенда
M190 S60 ; Ожидание нагрева стола
G1 Z0.3 F3000 ; Подъем по Z
G92 E0 ; Сброс экструдера
G1 F200 E3 ; Начальная экструзия
G92 E0 ; Сброс экструдера
```

#### 2. Завершающий код (End G-code):

```
; Пример для Marlin
G91 ; Относительные координаты
G1 E-3 F1800 ; Ретракт
G1 Z+10 ; Подъем по Z
G90 ; Абсолютные координаты
G1 X0 Y200 ; Парковка
M104 S0 ; Выключение хотенда
M140 S0 ; Выключение стола
M84 ; Отключение двигателей
```

#### 3. Команды управления во время печати:

- Изменение температуры в процессе печати
- Управление скоростью печати и подачи материала
- Контроль охлаждения

### 3.4. Настройка слайсера под различные прошивки

Для корректной работы с разными прошивками необходимо правильно настроить слайсер. Рассмотрим основные параметры настройки для каждой прошивки.

#### *Настройка для Marlin*

1. Основные параметры принтера:

- Размер области печати
- Начало координат (0,0)
- Количество экструдеров
- Диаметр сопла

2. Температурные настройки:

- Максимальная температура хотенда: 260°C
- Максимальная температура стола: 110°C
- Температура камеры (если поддерживается)

3. Специфические настройки Marlin:

M201 X500 Y500 Z100 E5000 ; Установка ускорений M203 X500 Y500 Z12 E120 ; Установка максимальных скоростей M205 X8 Y8 Z0.4 E1.5 ; Установка рывков
--

#### *Настройка для RepRap*

1. Особенности конфигурации:

- Поддержка нескольких экструдеров
- Настройка ретракта для каждого экструдера
- Конфигурация инструментов

2. Специфические команды инициализации:

M563 P0 D0 H1 ; Определение первого экструдера M563 P1 D1 H2 ; Определение второго экструдера M568 P0 S1 ; Активация первого экструдера M92 X80 Y80 Z400 E95 ; Настройка шагов/мм
--

#### *Настройка для Duet*

1. Настройки веб-интерфейса:

- IP-адрес принтера
- Порты подключения
- Параметры авторизации

## 2. Специфические параметры:

M566 X900 Y900 Z60 E120 ; Настройка рывков

M203 X18000 Y18000 Z1200 E3600 ; Максимальные скорости

M201 X500 Y500 Z100 E250 ; Ускорения

## 3. Настройка макросов:

- Создание файлов макросов
- Определение точек срабатывания
- Установка параметров выполнения

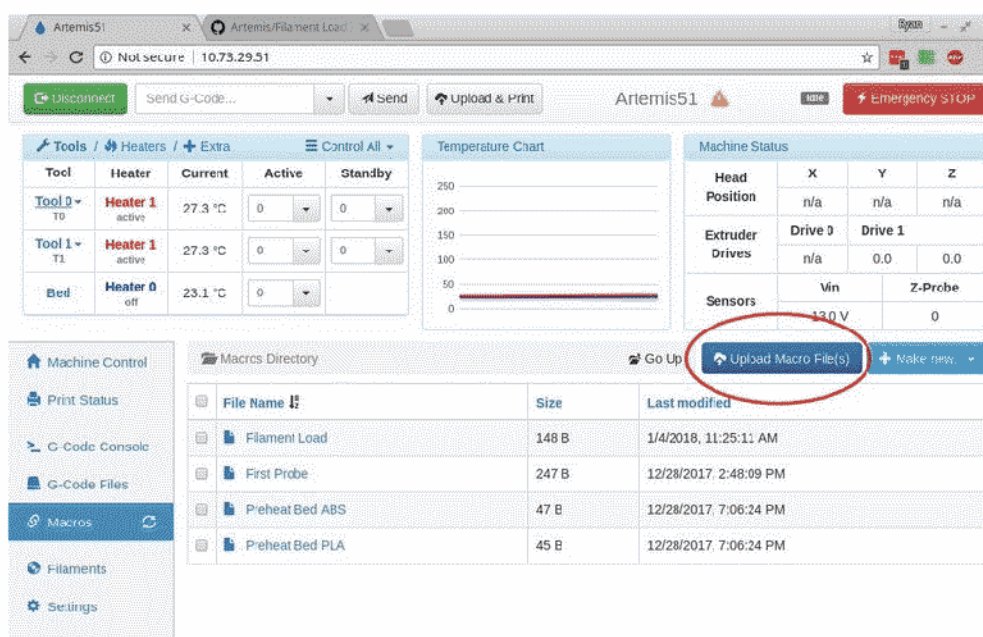


Рисунок 10. Структура макросов Duet

### 3.5. Различные режимы просмотра управляющей программы

Для анализа и проверки сгенерированного управляющей программы существуют различные режимы просмотра в слайсерах:

#### *Просмотр слоев*

- Отображение отдельных слоев модели

- Визуализация траектории движения печатающей головки
- Анализ скорости печати на разных участках
- Проверка заполнения и периметров

### *Предварительный просмотр*

- Симуляция процесса печати
- Расчет времени печати
- Оценка расхода материала
- Определение критических точек

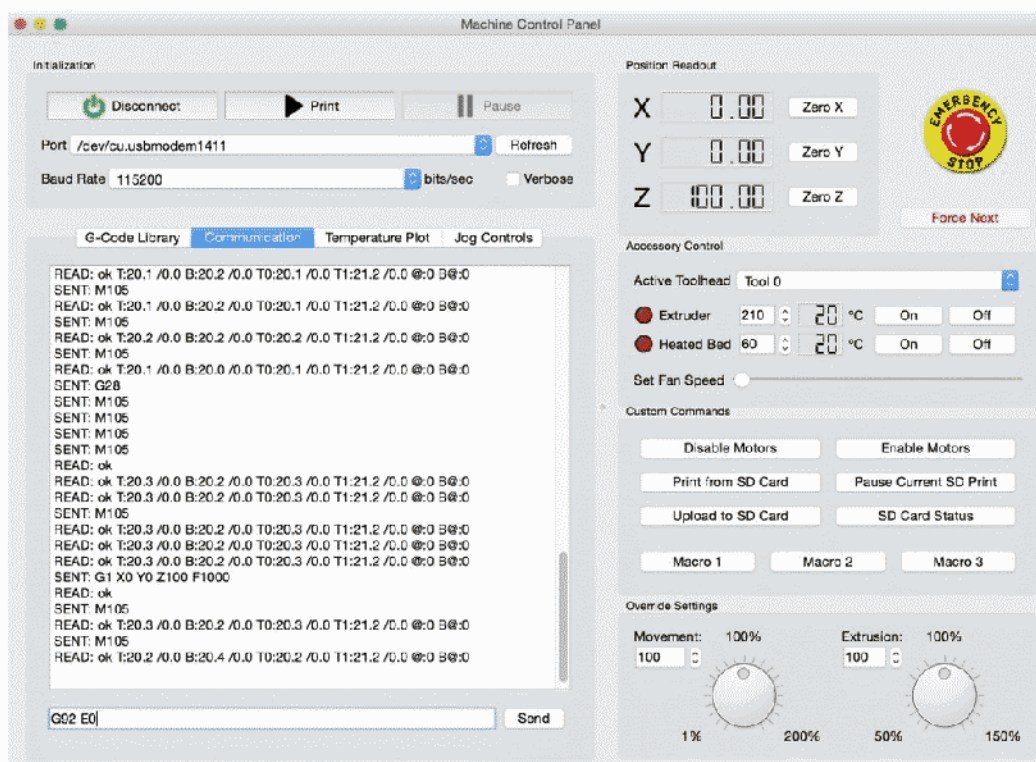


Рисунок 11. Режим просмотра управляющей программы в слайсере

## 4. Вопросы для проведения контрольного опроса

1. Что такое прошивка 3D-принтера и какие основные функции она выполняет?
2. Перечислите основные отличия между прошивками Marlin, RepRap и Duet.
3. Какие команды используются для управления температурой в различных прошивках?

4. Как настроить слайсер для работы с конкретной прошивкой?
5. Что такое Start G-code и End G-code? Их назначение?
6. Как реализуется изменение параметров печати на определенном слое?
7. Какие существуют методы анализа сгенерированной управляющей программы?
8. В чем особенности синтаксиса команд для разных прошивок?
9. Как организована система макросов в прошивке Duet?
10. Какие параметры необходимо учитывать при настройке многоэкструдерной печати?

## **5. Допуск студентов к выполнению лабораторной работы**

Перед выполнением лабораторной работы (после изучения теоретического материала, приведенного в данном учебно-методическом пособии) преподавателем проводится контрольный опрос студентов, по результатам которого студент допускается либо не допускается к лабораторной работе.

Для подготовки к опросу необходимо прослушать курс лекций по соответствующей теме, а также самостоятельно изучить теоретический материал, приведенный в п. 3 настоящего учебно-методического пособия.

Для дополнительной подготовки к лабораторной работе можно использовать литературу, указанную в конце учебно-методического пособия.

## **6. Инструктаж по технике безопасности**

Проведение лабораторной работы связано с нахождением студентов в помещении лаборатории кафедры цифровых и аддитивных технологий, где находится оборудование, представляющее собой источник повышенной опасности, поэтому при проведении лабораторной работы необходимо соблюдать меры предосторожности, изложенные в инструкции по технике безопасности, которую преподаватель доводит до сведения студентов перед началом лабораторной работы, при этом преподаватель проводит разъяснительную работу о последствиях, которые могут наступить при несоблюдении правил техники безопасности.

Далее студенты проставляют подписи о получении инструктажа в журнале, и только после этого непосредственно приступают к выполнению лабораторной работы.



Нахождение в лаборатории допускается только при соблюдении правил техники безопасности. При нахождении вблизи работающего металлообрабатывающего оборудования запрещается подходить к станам ближе, чем на один метр и прикасаться к ним.

В случае любых ситуаций, связанных с получением травмы, необходимо:

- немедленно сообщить о случившемся преподавателю, проводящему занятия, даже в случае незначительных травм (ушибы, ранения и т. п.);
- при поражении электрическим током немедленно выключить рубильники, вызвать скорую медицинскую помощь, а до прибытия врача пострадавшему делать искусственное дыхание;
- при необходимости пострадавшего направить к врачу или вызвать скорую медицинскую помощь.

## **7. Порядок выполнения лабораторной работы**

1. Запустить программу Ultimaker Cura и настроить её для работы с прошивкой Marlin:
  - Открыть меню "Настройки" → "Принтер" → "Добавить принтер"
  - Выбрать "Пользовательский" тип принтера
  - Задать параметры области печати и характеристики принтера
  - В разделе "Запуск G-code" внести необходимые команды инициализации для Marlin
2. Настроить PrusaSlicer для работы с прошивкой RepRap:
  - Запустить PrusaSlicer
  - В меню "Настройки принтера" создать новый профиль
  - Указать специфические параметры RepRap
  - Настроить команды инициализации и завершения печати
3. Подготовить тестовую модель для печати:
  - Загрузить тестовую модель в формате STL
  - Разместить модель на виртуальном столе
  - Задать базовые параметры печати:
    - Высота слоя: 0.2 мм
    - Заполнение: 20%

- Температура печати: 200°C
- Температура стола: 60°C

#### 4. Создать управляющие программы:

- Сгенерировать управляющую программу для каждой прошивки
- Сохранить файлы с соответствующими именами:
  - test\_marlin.gcode
  - test\_reprap.gcode
  - test\_duet.gcode

#### 5. Внести изменения в управляющие программы:

На 10-м слое добавить следующие изменения:

*Для Marlin:*

M104 S210 ; Повышение температуры M220 S90 ; Уменьшение скорости до 90%
--

*Для RepRap:*

M116 S210 ; Повышение температуры G1 F3000 ; Изменение скорости подачи
---

*Для Duet:*

M104 S210 ; Повышение температуры M220 S90 ; Уменьшение скорости M593 F45 ; Настройка компенсации резонанса
---

#### 6. Проверить корректность внесенных изменений:

- Открыть каждый файл в текстовом редакторе
- Найти внесенные изменения с помощью поиска
- Убедиться в правильности синтаксиса команд
- Проверить отсутствие конфликтующих команд

#### 7. Анализ управляющей программы в режиме просмотра:

- Открыть каждый файл в слайсере
- Включить режим просмотра слоев
- Проверить:

- Траектории перемещения
- Изменения скорости
- Температурные изменения
- Корректность заполнения

8. Подготовить отчет

## 8. Отчет о выполнении лабораторной работы



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«МИРЭА – Российский технологический университет»

**РТУ МИРЭА**

---

---

### Отчет о выполнении лабораторной работы

#### Основы написания управляющих программ для 3D-принтера на прошивке Marlin, RepRap и Duet

Студент \_\_\_\_\_ курс \_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_

1. Какие параметры необходимо настроить в слайсере для работы с каждой прошивкой?

---

---

---

---

---

---

2. Как найти определенный слой в управляющей программе?

---

---

---

---

---

---

3. В чем особенности синтаксиса команд изменения температуры для разных прошивок?

---

---

---

---

---

4. Как организовано управление скоростью печати в разных прошивках?

---

---

---

---

---

5. Каким образом можно проверить корректность внесенных изменений?

---

---

---

---

---

**Отметьте символом «✓» соответствие между командами и прошивками (некоторые ячейки останутся пустыми)**

Команда	Назначение	Marlin	Rep-Rap	Duet
M104 S[temp]	Установка температуры хотенда			
M116 T[number] S[temp]	Установка температуры хотенда			
M220 S[speed]	Изменение скорости печати			
G1 F[speed]	Изменение скорости печати			
M106 S[speed]	Управление вентилятором			
M106 P[fan] S[speed]	Управление вентилятором			
M107	Выключение вентилятора			
M140 S[temp]	Установка температуры стола			
M190 S[temp]	Ожидание температуры стола			
M98 P"filename.g"	Вызов макроса			
M290 Z[offset]	Смещение по Z в реальном времени			
T[number]	Выбор экструдера			
M563 P[number]	Определение инструмента			



**Вывод:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Работу выполнил:

\_\_\_\_\_

подпись

\_\_\_\_\_

дата

Работу принял:

\_\_\_\_\_

подпись

\_\_\_\_\_

дата