

## Устройство стабилизации температуры подложки для системы плоттерной печати топологий печатных плат

*Умаров А.М., Шерстюк Д.В. студенты гр.233-2*  
*Научный руководитель - к.т.н Лоцилов А.Г, зав.каф. КУДР*

На сегодняшний день существует две противоположные технологии изготовления печатных плат: аддитивная и субтрактивная [1]. На предыдущих этапах ГПО было разработано устройство для нанесения проводящих и изолирующих рисунков аддитивным методом на подложки различных форм, конфигураций и материалов при помощи трехосевого станка с ЧПУ, который обеспечивал позиционирование шприцевого дозатора с заданной точностью [2]. В ходе эксплуатации и экспериментов была выявлена зависимость вязкости печатаемых растворов от температуры [3].

Поскольку от вязкости раствора зависит ширина линий рисунков, то для повышения повторяемости и точности печатаемых рисунков, а так же оптимизации температурных режимов для печати на различных материалах, было предложено разработать устройство термостатирования подложки (далее термостол).

По итогам анализа термостатирующих систем и устройств было принято решение использовать для нагрева и охлаждения термоэлектрический модуль (далее ТЭМ) управляемого при помощи пропорционально-интегрально-дифференцирующего (ПИД) регулятора с отрицательной обратной связью, реализованной на цифровом датчике температуры. Подобные системы регулирования имеют высокую точность поддержания заданной температуры, широкий диапазон настройки параметров отклика и т.д. [4]. Регулятор реализован на микроконтроллере, так как данное решение сводит процесс его создания и настройки к программированию памяти микроконтроллера, а так же уменьшает количество используемых радиодеталей и трудоемкость изготовления

### Разработка структурной схемы.

На рисунке 1 показана структурная схема разрабатываемого устройства. В контур, обозначенный пунктирной линией входят элементы, которые планируется расположить в одном печатном узле.



Рисунок 1 – Структурная схема устройства стабилизации температуры

В памяти микроконтроллера при помощи программатора записана программа работы устройства. В основе алгоритма положен ПИД регулятор, задача которого корректировать в соответствии с заданной характеристикой и данными с датчиков обратной связи мощность термоэлектрического модуля при помощи управляющего сигнала с изменяемой скважностью (при помощи широтно-импульсной модуляции). Затем сигнал усиливается при помощи силового ключа, поскольку питание микроконтроллера 5В, а термоэлектронных модулей 12В

постоянного тока. Микроконтроллер принимает команды управления с ПК или платы управления Ramps 1.4, по протоколу передачи данных UART.

Обратная связь реализована цифровыми датчиками температуры. Применение, которых обусловлено тем что: нет необходимости использовать отдельный канал АЦП микроконтроллера, так как передача информации осуществляется при помощи 1-wire интерфейса, а так же возможность использовать множество датчиков на одной линии, поскольку каждый датчик имеет свой адрес, при этом точность измерений составляет  $0.5^{\circ}\text{C}$  [5].

### Алгоритм управления и программное обеспечение

На рисунке 2 показан алгоритм работы устройства, который реализован на языке C в среде программирования и отладки Arduino IDE.

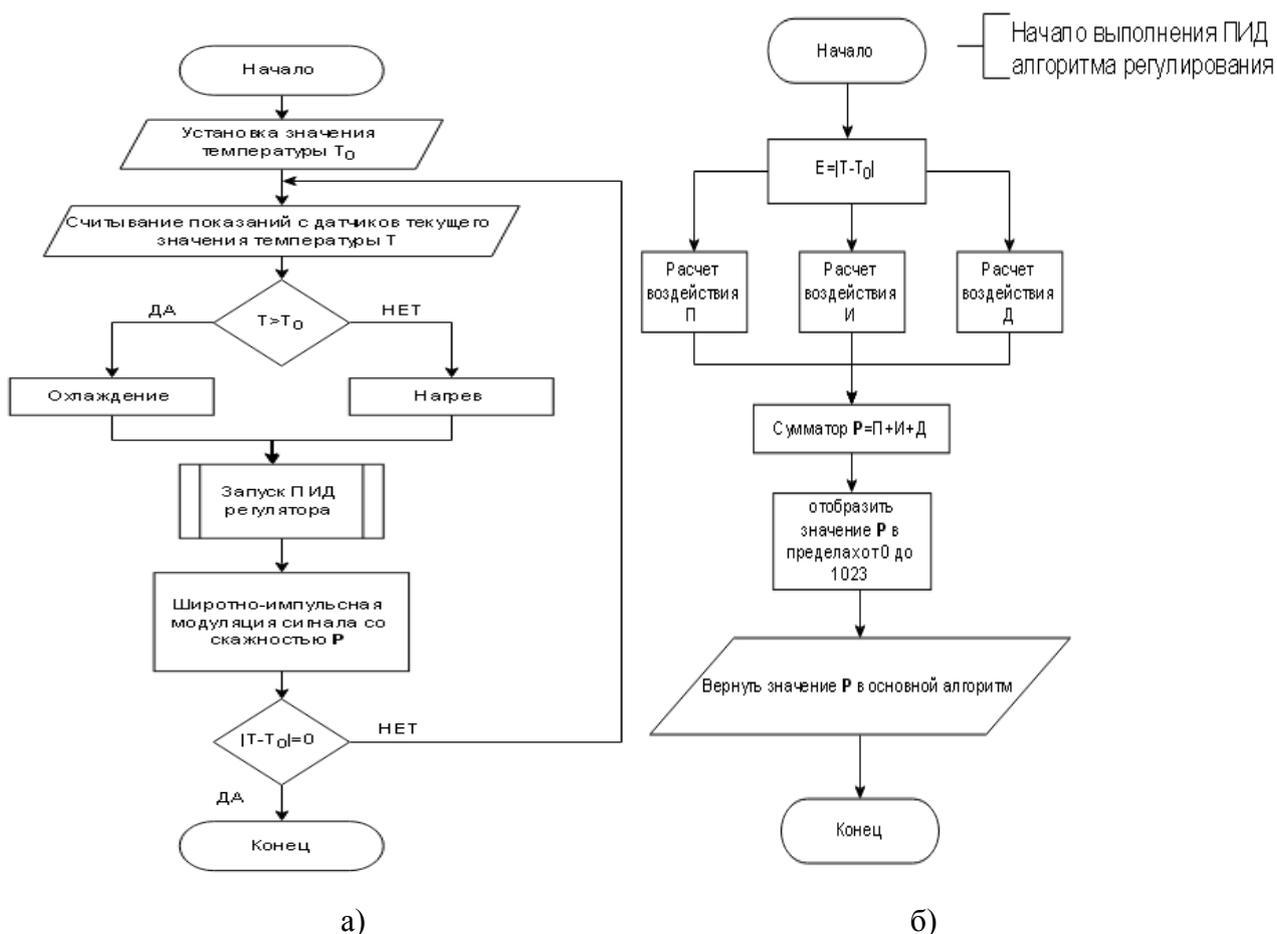


Рисунок 2 – Алгоритм работы устройства стабилизации температуры:  
а) основного цикла программы; б) подпрограммы работы ПИД регулятора

### Разработка схемы электрической принципиальной

С разработанной электрической принципиальной схемой можно ознакомиться в приложении А (см рисунок А.1).

### Разработка печатного узла

На основании электрической схемы, была спроектирована печатная плата устройства, в приложении А, на рисунке А.2 показан сборочный чертеж, а рисунке А.3 топологический рисунок печатной платы.

### Разработка конструкции.

Конструкция термостолы выполнена в виде многослойной структуры, которая так же выполняет роль системы охлаждения. В приложении А, на рисунке А.4 показана структурная

схема системы охлаждения. Конструкция термостола выполнена из пластин алюминиевого сплава толщиной 2 мм и размером 12x12 см, под которой размещены диэлектрические пластины из материалов с низкой теплопроводностью, в данных пластинах сделаны отверстия для крепления датчиков температуры и ТЭМ. На рисунке 3 показаны эскизы листов водоблока и рабочего стола. На рисунке А.5 показана модель водоблока разработанная в САПР. А на рисунке 4 показан внешний вид конструкции термостола.

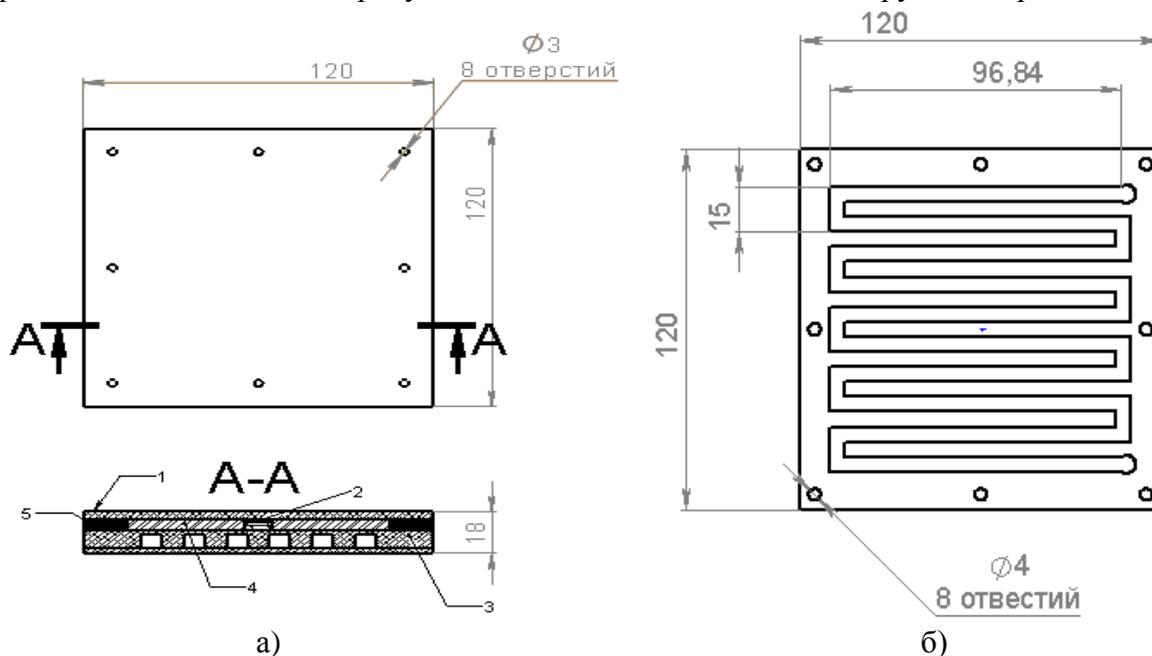


Рисунок 3 – Эскизы конструкции:  
а) сборный чертеж термостола; б) деталь радиатора



Рисунок 4 – Фотография макета устройства стабилизации температуры

### Заключение

В результате проделанной работы разработаны: структурная схема устройства стабилизации температуры (см. рис. 1); принципиальная электрическая схема блока управления (см. рис. А.1). Произведено моделирование конструкции термостола устройства стабилизации. Разработаны конструкции печатной платы и печатного узла блока управления (см. рис. А.2, А.3). Изготовлен макет устройства стабилизации температуры, фотография которого приведена на рисунке 4.

В настоящее время выполняется разработка программного обеспечения и управляющей программы на основании разработанного алгоритма. После сборки и наладки устройства планируется экспериментально оценить равномерность распределения температуры по подложке, скорость выхода на режим и точность поддержания температуры.

### **Список используемой литературы**

1. Jörg Franke. 3D MID Материалы, технологии, свойства— Санкт-Петербург 2014, 331 с.
2. Разработка системы изготовления печатных плат методом аддитивного нанесения электропроводящего рисунка А.М. Умаров, Д.В. Шерстюк, А.Е Здрок. МНСК 16-20.04.2016 –Новосибирск
3. Устройство термостатирования подложек для системы аддитивного изготовления печатных плат. А.М. Умаров, Д.В. Шерстюк, А.Е Здрок. МНСК 16-20.04.2016 – Новосибирск.
4. В.И.Егоров, В.А.Кораблев, А.В. Шарков. Системы термостатирования . — М.: СБ, 2006, 230 с.
5. А.В Белов Самоучитель разработчика устройств на микроконтроллерах AVR. — М.: СБ, «Наука и техника», 532с.

# Приложение А (справочное) Схемы, чертежи и модели

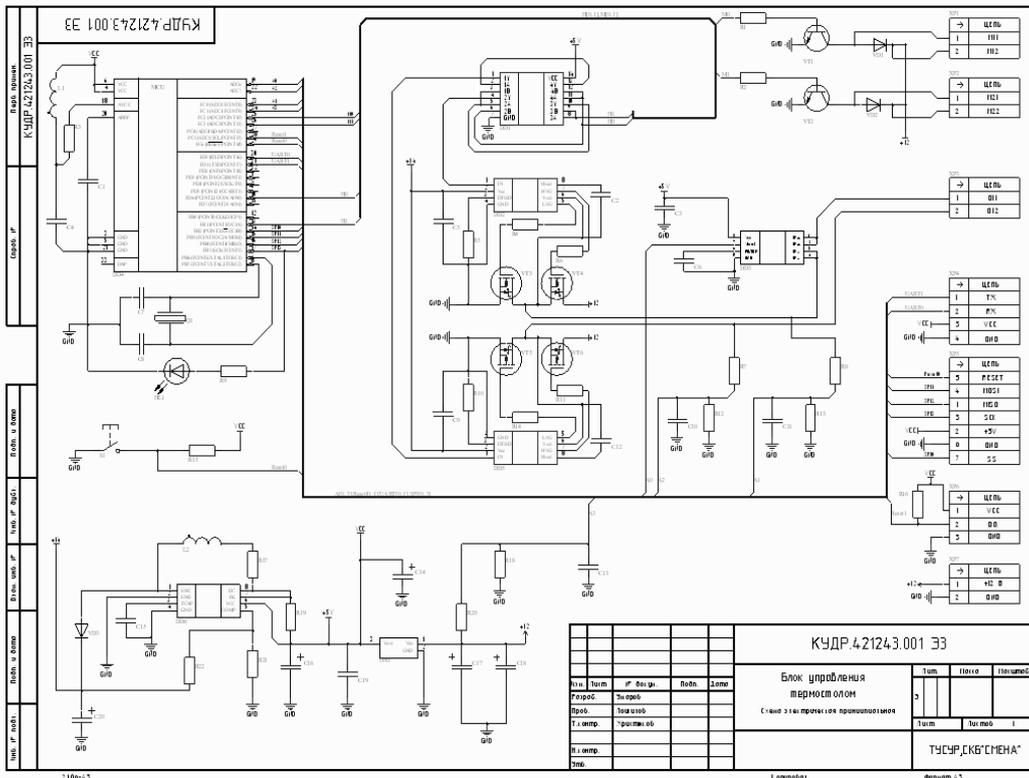


Рисунок А.1 – Схема электрическая принципиальная

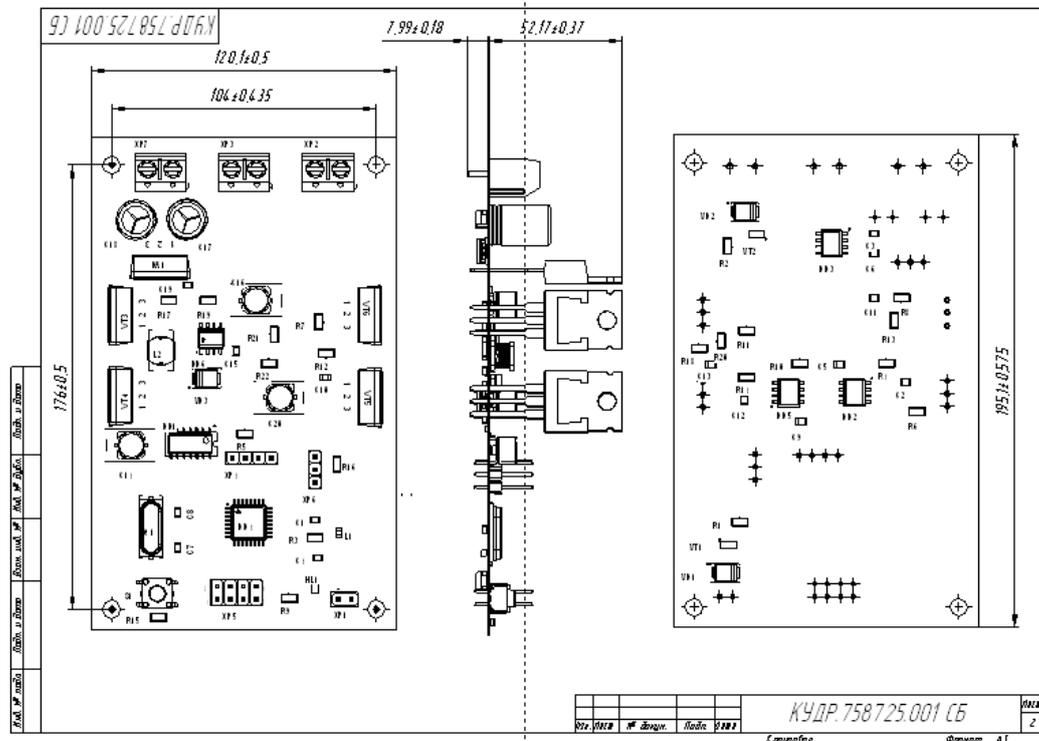


Рисунок А.2 – Сборочный чертеж печатной платы

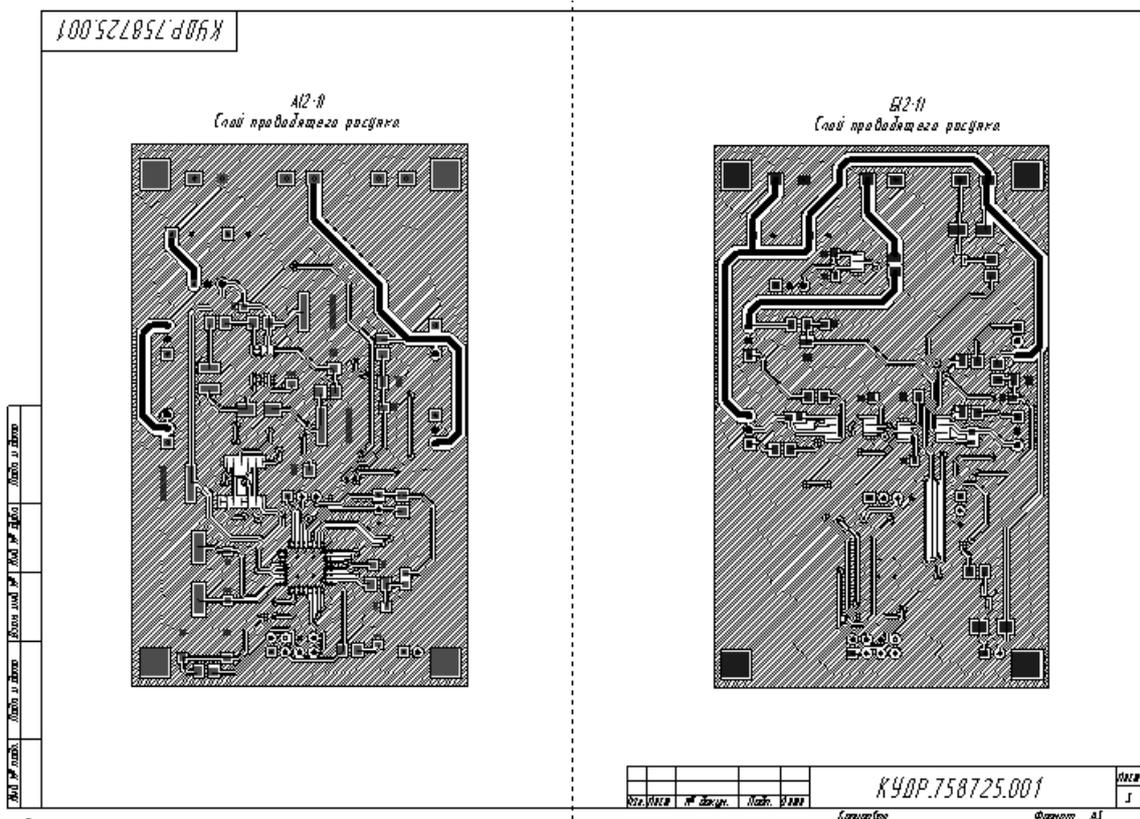


Рисунок А.3 – Чертеж топологии печатной платы

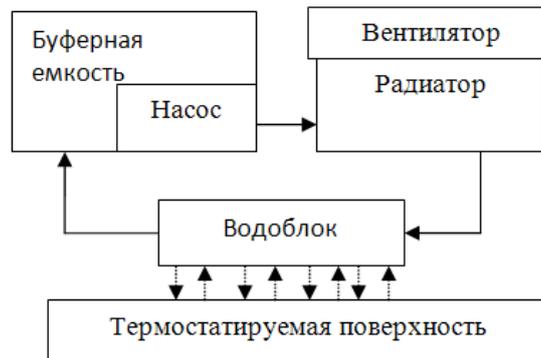


Рисунок А.4 – Структурная схема

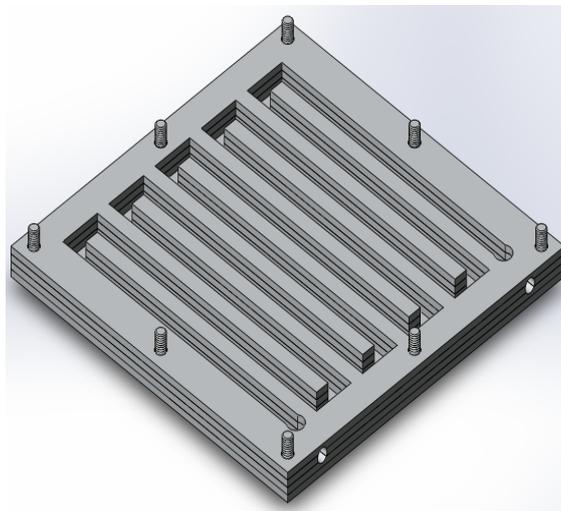


Рисунок А.5 – Модель конструкции термостола разработанная в САПР