

## Разработка системы автоматического управления температурного контроллера для прецизионного устройства Дергач Н. С.<sup>1</sup>, Лебецкая А. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Дергач Никита Сергеевич / Dergach Nikita Sergeevich – студент;

<sup>2</sup>Лебецкая Александра Владимировна / Lebetzkaya Aleksandra Vladimirovna - студент,  
физико-технический факультет,

Национальный исследовательский ядерный университет  
Московский инженерно-физический институт, г. Москва

**Аннотация:** в статье исследованы теоретические вопросы создания автоматической системы управления прецизионной установкой.

**Ключевые слова:** система автоматического управления (САУ), пропорционально-интегрально-дифференциальные регуляторы, моделирование.

Регулирование температуры для прецизионного устройства является достаточно сложной задачей, так как решение этой задачи требует учета многих факторов, таких как размеры объекта, мощность нагревателя, форма и место расположения нагревателя, теплофизические свойства материала объекта, место расположения датчиков температуры и т.д. Однако в теории автоматического управления построены довольно простые математические модели, в которых все вышеперечисленные факторы могут быть учтены при помощи минимально необходимого числа параметров. Опыт показывает, что применение таких простых моделей вполне позволяет решить задачу поддержания температуры почти любого объекта на каком-либо заданном уровне. Именно такие теоретические модели положены в основу управления температурой при помощи регуляторов. Регулятор следит за отклонением контролируемого параметра от заданного значения и формирует управляющие сигналы для минимизации этого отклонения.

В современных нагревательных системах автоматического регулирования применяют в основном пропорциональные, пропорционально-интегральные и пропорционально-интегрально-дифференциальные (ПИД) регуляторы.

При анализе данных методов регулирования было выбрано ПИД регулирование, так как оно сочетает в себе все достоинства всех простейших законов автоматического регулирования:

- высокое быстродействие благодаря наличию пропорциональной составляющей;
- высокую точность благодаря интегральной составляющей;
- малое время переходного процесса благодаря дифференциальной составляющей.

Для поддержания постоянного температурного режима работы объекта (пластины) используется ПИД-регулятор с объектом управления выполненном на элементе Пельтье.

Необходимость в разработке термоконтроллера является в том, что использование штатных термоконтроллеров, используемых в промышленной автоматике не пригодны для работы в прецизионных устройствах, так как штатные токовые контроллеры не могут обеспечить стабильности характеристики, необходимое время регулирования и точность измерений.

При изучении процессов управления теория автоматического управления абстрагируется от физических и конструктивных особенностей систем и рассматривает адекватные математические модели вместо их реальных систем. Соответственно, основными методами исследования в теории автоматического управления являются математическое моделирование, теория обыкновенных дифференциальных уравнений, операционное исчисление и гармонический анализ.

Проектируя систему терморегулирования, возникает задача выбора структуры системы и параметров её элементов таким образом, чтобы система была устойчива и имела бы требуемые показатели качества переходного процесса. Так как параметры объекта управления обычно задаются, изменять можно структуру и параметры регулятора, обеспечивающего управление объектом.

Функциональная схема системы автоматического управления терморегулятора, составленная из необходимых элементов приведена на рисунке 1.

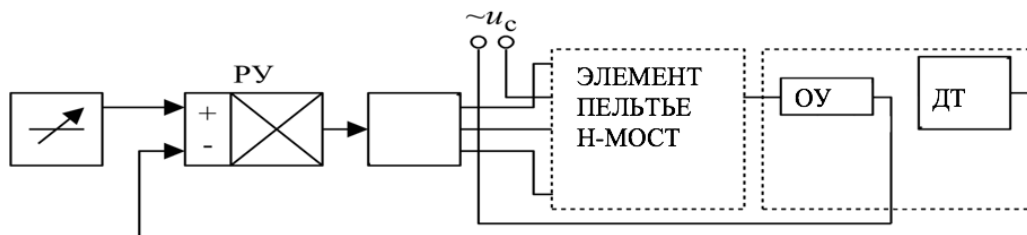


Рис. 1. Функциональная схема САУ терморегулятора (РУ – регулирующее устройство, ОУ – объект управления, ДТ – датчик температуры)

Основной принцип действия САУ терморегулятора состоит в том, чтобы поддерживать температуру объекта на требуемом уровне. С датчика температуры, расположенного на объекте управления (пластине), текущее значение температуры поступает на регулирующее устройство, которое на основании полученной информации вырабатывает управляющее воздействие (воздействие формируется по алгоритму управления, заложенному в регулятор). Далее сигнал с РУ поступает на элемент Пельтье, другими словами исполнительное устройство, которое находится внутри транзисторного моста. Управление мостом осуществляется широтно-импульсным модулятором. Задача широтно-импульсной модуляции состоит в том, чтобы в соответствии с сигналом регулятора формировать такие включения транзисторов, чтобы напряжение, подаваемое на нагреватель, поддерживало температуру на нужном уровне.

Для расчета параметров настройки регулятора проектируемой САУ необходима передаточная функция технологического объекта по управляющему воздействию.

Вычисление параметров технологического объекта - пластины проводится по методу Орманса. Динамические свойства пластины описываются инерционным звеном первого порядка с запаздыванием, то есть:  $W(p) = \frac{k_{об}e^{-\tau_{об}p}}{T_{об}p+1}$ . Параметры объекта представлены в таблице 1 [1].

Таблица 1. Временные параметры объекта управления

Коэффициент передачи объекта, $k_{об}$	Временной отрезок $t_{0,33}$ , с	Временной отрезок $t_{0,7}$ , с	Величину запаздывания, $\tau_{об}$ , с	Величину постоянной времени $T_{об}$ , с
1,3	12	16	10	5

Передаточная функция имеет вид  $W(p) = \frac{1,3 e^{-10p}}{5p+1}$

В таблице 2 представлены параметры настройки ПИД-регулятора для одноемкостного объекта с запаздыванием, где  $T$  – отношение величины постоянной времени к величине запаздывания,  $I$  – коэффициент интегрирования,  $D$  – коэффициент дифференцирования,  $T_{и}$  – время интегрирования,  $T_{д}$  – время дифференцирования.

Таблица 2. Параметры настройки ПИД-регулятора

$T$	$I$	$D$	$K_{раз}$	$K_{г}$	$T_{и}$ , с	$T_{д}$ , с
0,5	0,89	0,11	0,67	0,51	8,58	1,09

В результате работы была построена структурная схема, с полученными ранее параметрами, в программе MatLab в среде Simulink. На рисунке 2 представлены переходные и частотные характеристики САУ температурной стабилизации пластины [2].

Замкнутая САУ устойчива, если имеет положительный запас по фазе. Из представленной ЛАФЧХ на рисунке 2 видно, что запас по фазе действительно положительный, а переходная характеристика ведет себя монотонно.

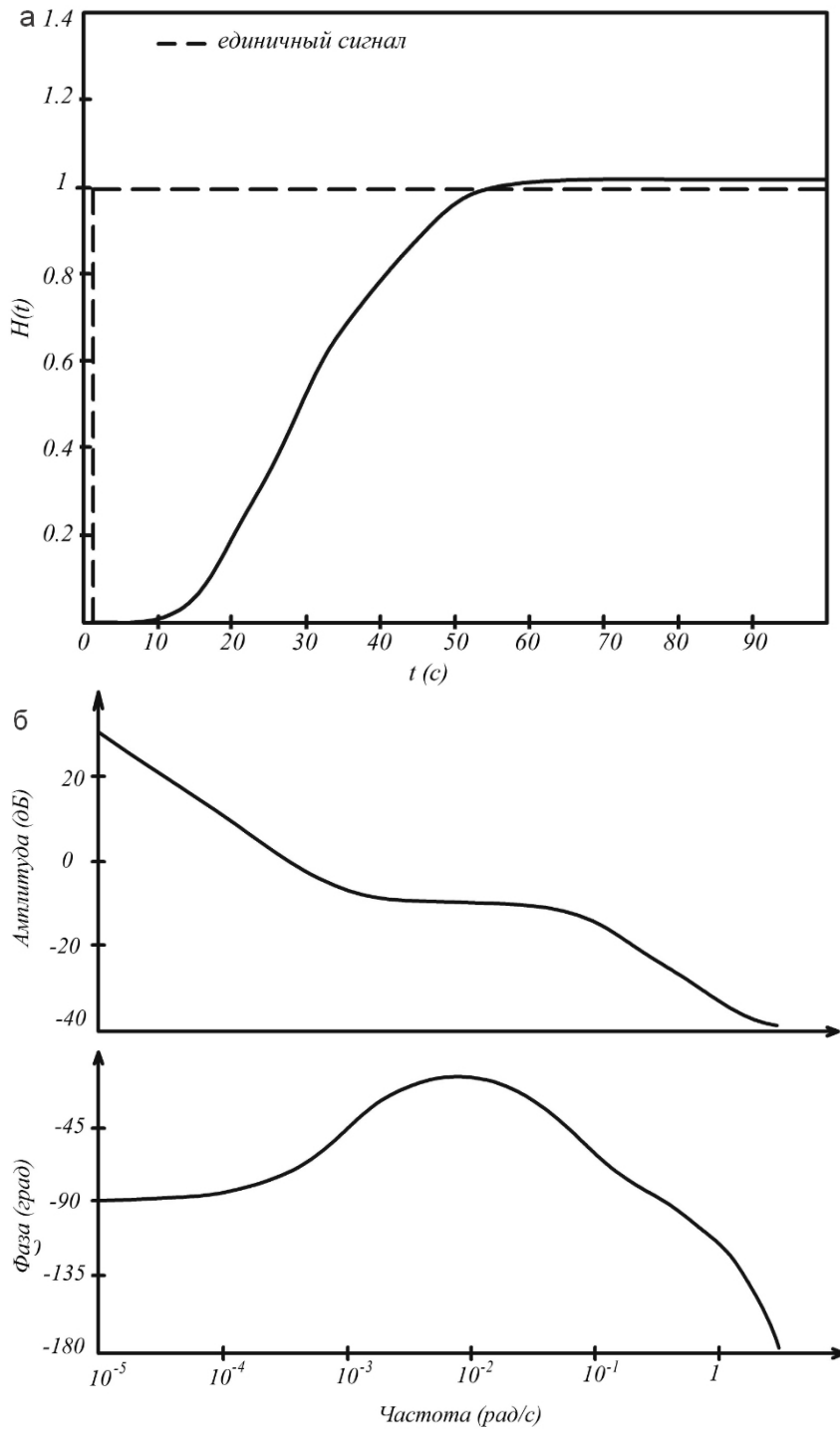


Рис. 2. Переходная (а) и логарифмически частотная (б) характеристики замкнутой САУ монотонного типа

Таким образом, результаты исследований показывают, что САУ температурного контроллера для работы в прецизионных устройствах при данных параметрах ведет себя устойчиво, а моделирование системы позволяет достаточно точно оценить полученные характеристики на устойчивость. Полученные результаты научной работы в дальнейшем будут использоваться в разработках прецизионных устройств.

#### Литература

1. Дядик В. Ф., Байдали С. А., Криницын Н. С. Теория автоматического управления: учебное пособие // Национальный исследовательский Томский политехнический университет. Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2011.

2. *Черных И. В.* Simulink: Инструмент моделирования динамических систем // М.: Диалог-МИФИ, 2003.