

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ**  
**ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ,**  
**МЕХАНИКИ И ОПТИКИ**

**Отчет о производственной практике**  
**«Автоматизация процесса армирования алюминиево-**  
**магниевых баллонов стекловолокном»**

Место прохождения практики:  
ООО «НПО «Поиск»»

Доцент, с.н.с. кафедры СУИИ,  
к.т.н., доцент  
Арановский С.В.  
Студент группы 3144:  
Клюнин А.О.

Санкт-Петербург – 2015 год

## Оглавление

1.1 Введение.....	3
1.2 Исходная система.....	5
1.3 Задачи практики.....	11
2.1 Переход на управление компьютером.....	12
2.2 Идентификация системы.....	12
2.2.1 Система управления баллоном.....	12
2.2.2 Система управления верхней кареткой.....	12
2.2.3 Система управления нижней кареткой.....	14
2.3 Формирование задания.....	15
3.1 САУ баллона.....	12
3.2 САУ нижней каретки.....	12
3.3 САУ верхней каретки.....	12
4 Результат.....	12
5 Литература.....	14

## 1.1 Введение

Производственная практика - это важный этап подготовки квалифицированных специалистов. Она является видом учебно-вспомогательного процесса, в ходе которого закрепляются теоретические знания на производстве. Практика соответствует завершающему этапу в процессе подготовки инженера к самостоятельной производственной деятельности.

В данном конкретном случае в рамках практики стояла задача автоматизации промышленного процесса армирования алюминиево-магниевого баллона стекловолокном. Процесс армирования, далее «намотка», производится следующим образом: на вращающийся баллон наматывается нить, пропущенная через подвижную каретку, которая движется по определённому профилю скорости, смещая тем самым точку укладки нити. При помощи различных режимов движения каретки и вращения баллона можно добиться различных рисунков намотки. Наилучшие эксплуатационные качества баллона достигаются при равномерной намотке, такой, что через  $n$  циклов намотки (проходов каретки туда-обратно) баллон повернётся на угол  $\alpha$ , такой что:



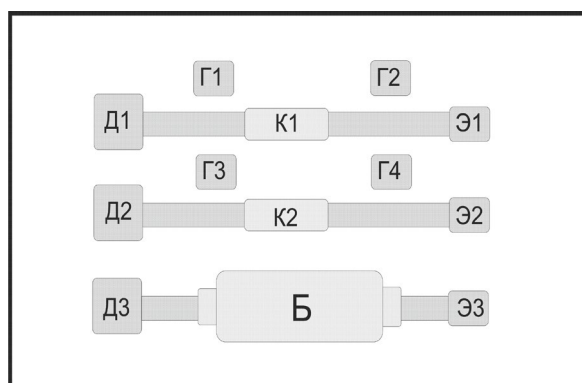
$$\alpha = 2\pi n + \beta, \text{ где } n - \text{ целое число, } \beta - \text{ угловой размер нити}$$

Оптимальному режиму соответствует  $n = 5$ .

## 1.2 Исходная система

Исходная система представляет собой три двигателя:

- Привод баллона через редуктор соединён с осью вращения баллона. Ось редуктора соединена с инкрементальным энкодером.
- Нижняя каретка через цепную передачу соединена с приводом нижней каретки. Инкрементальный энкодер соединён с ведомой шестерёнкой цепи.
- Верхняя каретка через винтовую передачу соединена с двигателем. Энкодер закреплён на оси двигателя.

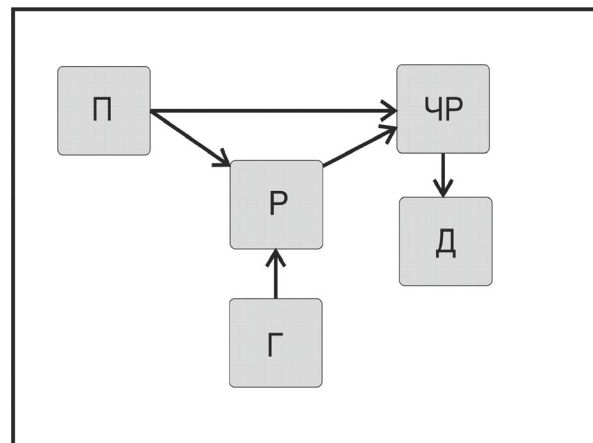


В систему управления каретками введены по два концевых геркона. При срабатывании каждого из герконов направление движения каретки меняется на противоположное.

Управление оператором производится при помощи пульта аналогового управления. Пульт разделён на три секции: секция управления баллоном, секция управления верхней кареткой и секция управления нижней кареткой.

В каждой секции две зелёных кнопки отвечают за направление вращения привода «влево» или «вправо», красная отвечает за остановку привода, потенциометр задаёт скорость вращения.

С пульта управляющие сигналы «влево» и «вправо» подаются на управляющие реле, герконы дублируют управляющие сигналы соответствующих кнопок. Реле в свою очередь замыкают на 24В соответствующие входы частотных регуляторов. Потенциометры напрямую соединены с соответствующими управляющими входами частотных регуляторов. Частотные регуляторы в свою очередь наводят соответствующие вращающиеся магнитные поля в двигателях системы.

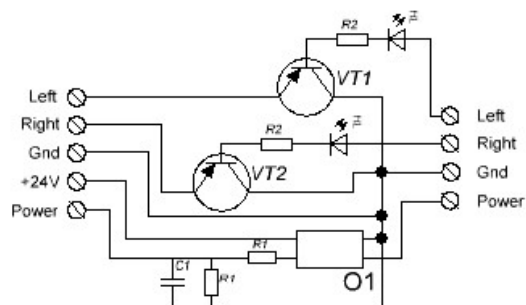


## 1.3 Задачи практики

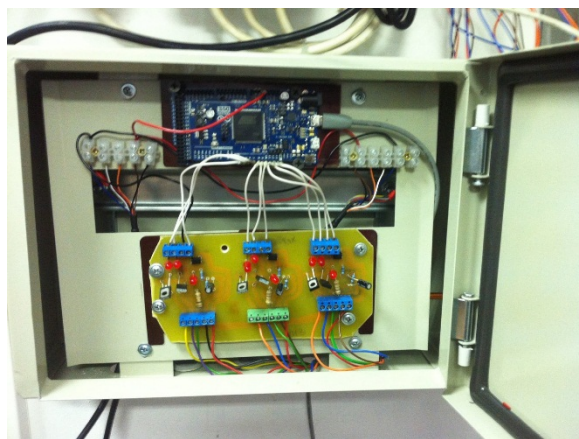
- Переход с аналогового управления на управление компьютером (дублирование управления при помощи аналогового пульта)
- Идентификация системы
- Формирование задания для исполнительных приводов системы
- Управление приводом нижней каретки с контролем по скорости
- Управление приводом баллона с контролем по скорости и по положению
- Управление приводом верхней каретки с контролем по положению.

## 2.1 Переход на управление компьютером

Для управления при помощи компьютера была выбрана плата Arduino Due. Единственным недостатком платы является номинал управляющего напряжения 5В. Управляющие входы частотного регулятора «влево» и «вправо» замыкаются на землю при помощи триодов, а управляющий вход, отвечающий за скорость вращения баллона принимает напряжение от 0 до 12 В, поэтому для управления напряжением был использован оптрон и сглаживающий RC фильтр. Arduino посылает ШИМ сигнал, что в свою очередь открывает на определённый промежуток времени оптрон.



Управляющий сигнал герконов имеет номинал 24В, поэтому к плате Arduino они подключены через делящие сопротивления.

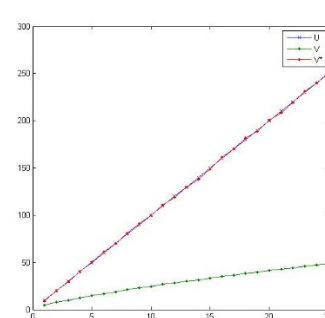
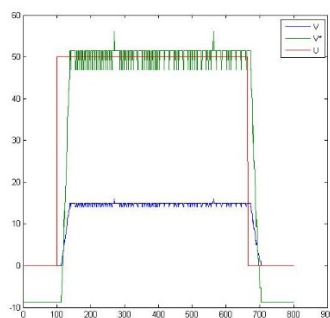
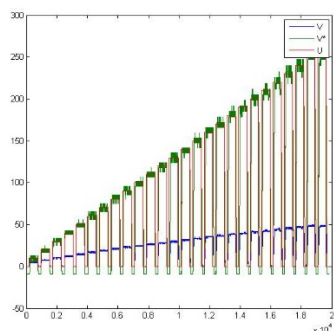


## 2.2 Идентификация системы

При помощи управляющего сигнала, представленного П-образным импульсом с увеличивающейся амплитудой с шагом 10 от 10 до 260 получили таблицу управления. 269 соответствует максимальному усилию, т.к. из-за конструктивных особенностей платы управляющий сигнал привода является целым числом, лежащим в диапазоне от 0 до 255. Для получения таблицы для задания по скорости была выполнена квадратичная аппроксимация.

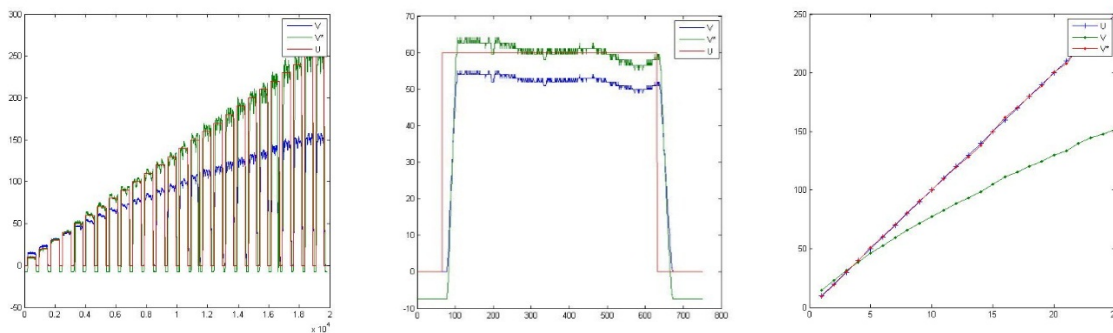
$$a_2 * V^2 + a_1 * V + a_0 = U$$

### 2.2.1 Система управления баллоном



$$\begin{aligned} a_2 &= 0.0398 \\ a_1 &= 3.4181 \\ a_0 &= -8.7889 \end{aligned}$$

## 2.2.2 Система управления верхней кареткой

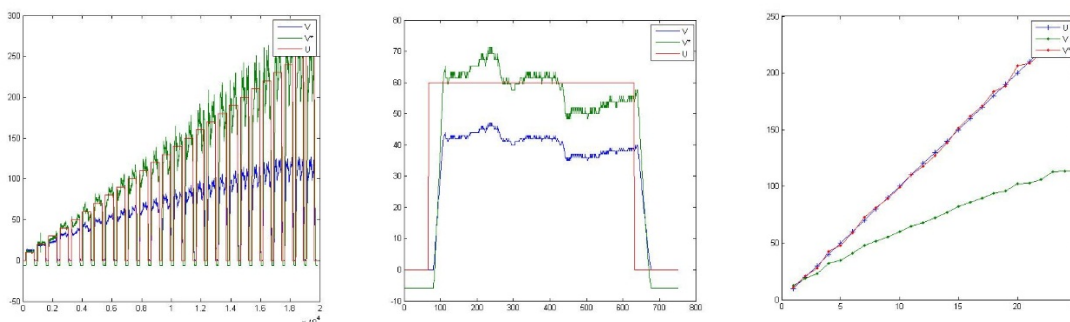


$$a_2 = 0.0040$$

$$a_1 = 1.0782$$

$$a_0 = -7.3285$$

## 2.2.3 Система управления нижней кареткой



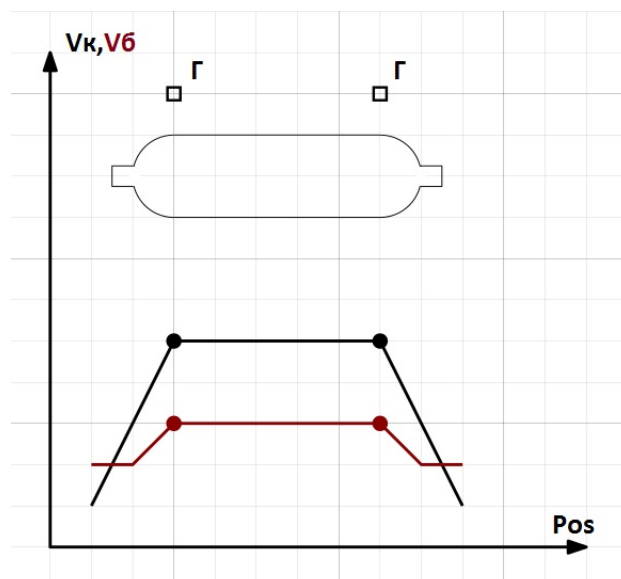
$$a_2 = 0.0079$$

$$a_1 = 1.2727$$

$$a_0 = -5.9522$$

## 2.3 Формирование задания

У баллона есть сферическая часть и цилиндрическая. Точки перехода между ними определены герконами. Для достижения нужного нам рисунка, необходимо задавать разные режимы на участке, когда нижняя каретка находится над цилиндрической частью баллона, и на участке, когда нижняя каретка находится над сферической частью баллона. Соответствующие участки будем именовать дальше «цилиндрическим» и «сферическим».



### 2.3.1 Задание нижней каретки

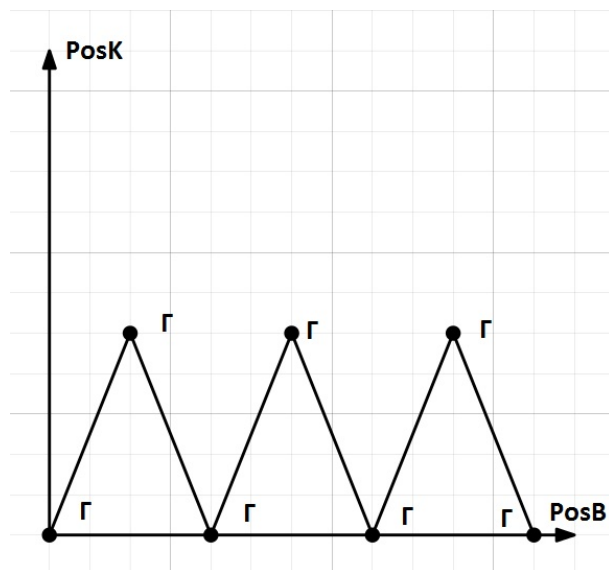
Зависимость скорости нижней каретки от её положения имеет форму параболы (на графике чёрная кривая). На цилиндрическом участке каретка должна двигаться равномерно с постоянной скоростью, а на сферическом равнопеременно: сначала замедляться до минимальной скорости, потом менять направление движения на противоположное и вновь разогнаться до максимальной скорости к моменту выхода на цилиндрический участок.

### 2.3.2 Задание баллона

Скорость баллона должна зависеть от положения нижней каретки. Грубо говоря, есть два уровня сигнала и время перехода между ними. При выходе с цилиндрической части начинается перерегулирование. Задание по положению реализовано при помощи аккумулятора, т.е. на каждый такт работы программы в задание по положению добавляется значение задания по скорости в текущий момент

### 2.3.3 Задание верхней каретки

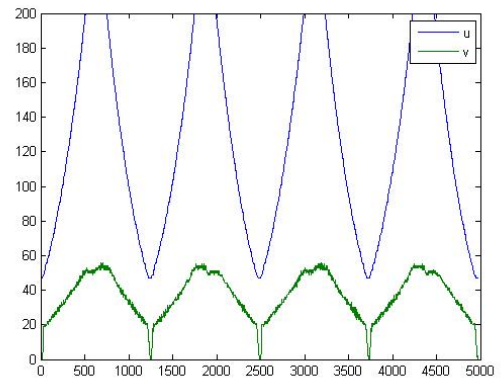
Верхняя каретка движется пропорционально баллону, т.е. на каждые  $n$  дискрет энкодера баллона, вал верхней каретки должен повернуться на  $n \cdot k$  дискрет энкодера верхней каретки. Верхняя каретка движется поочередно то влево, то вправо, меняя направление своего движения при срабатывании соответствующих герконов. Поэтому задание формируется как показано на графике.



## 3.1 САУ привода нижней каретки

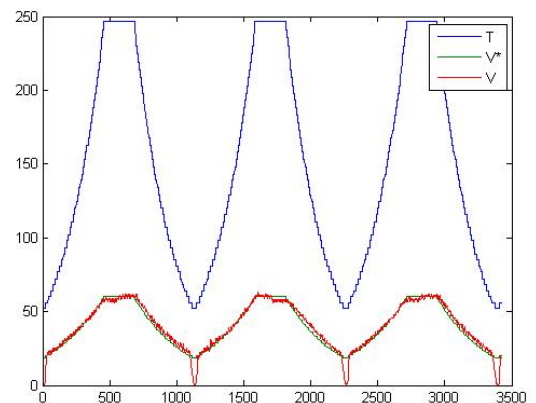
### 3.1.1 Прямое управление

Совмещённые графики управляющего сигнала (синий) и реальной скорости (зелёный)



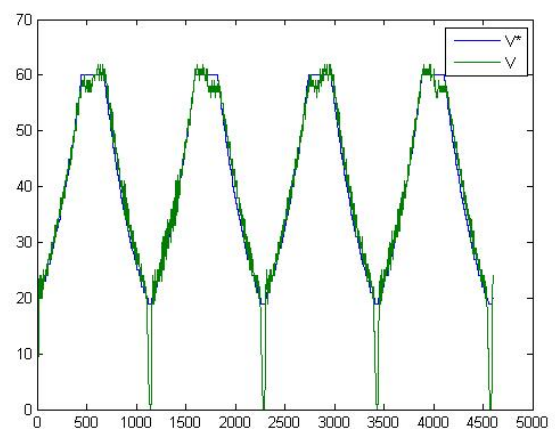
### 3.1.2 Управление по таблице

Совмещённые графики задания по скорости (зелёный), вычисленного усилия (синий) и реальной скорости (красный)



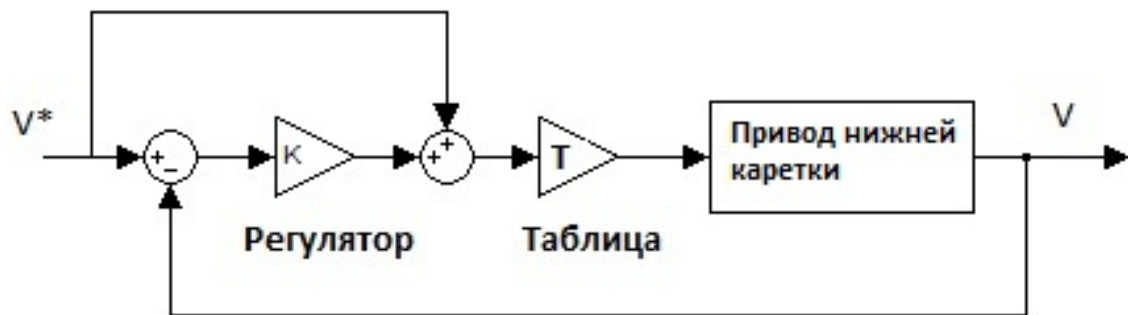
### 3.1.3 Комбинированное управление по таблице с П-регулятором

При управлении по таблице достигается неполное совпадения задания с реальной скоростью, для повышения точности была реализована комбинированная система с П-регулятором. Совмещённые графики задания по скорости (синий) и реальной скорости (зелёный)





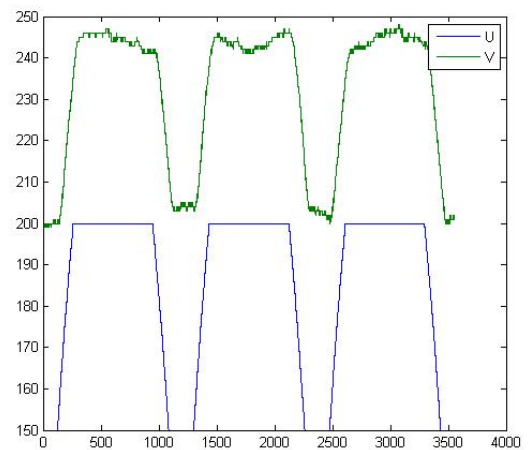
### 3.1.4 Принципиальная схема САУ



## 3.2 САУ привода баллона

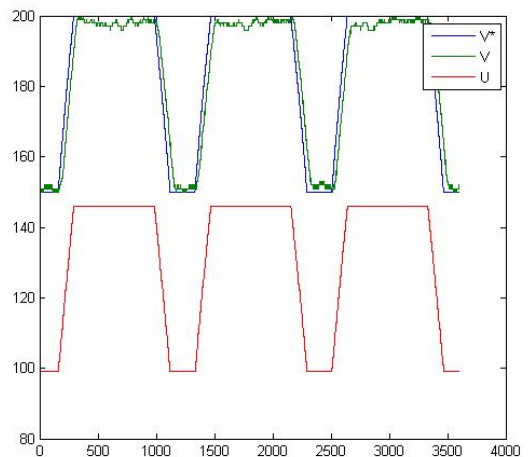
### 3.2.1 Прямое управление

Совмещённые графики управляющего сигнала (синий) и реальной скорости (зелёный)



### 3.2.2 Управление по таблице

Совмещённые графики задания по скорости (синий), вычисленного усилия (красный) и реальной скорости (зелёный)





Pos – положение баллона

$V^*$  - задание по скорости

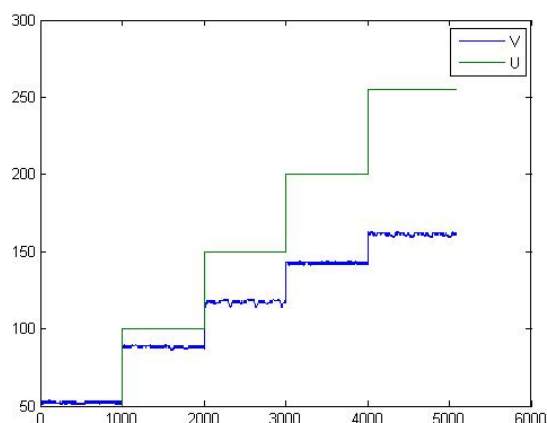
FIFO – очередь фиксированной длины для подсчёта скорости за несколько отсчетов.

Аккумулятор – накопитель для формирования задания по положению из задания по скорости

### 3.3 САУ привода верхней каретки

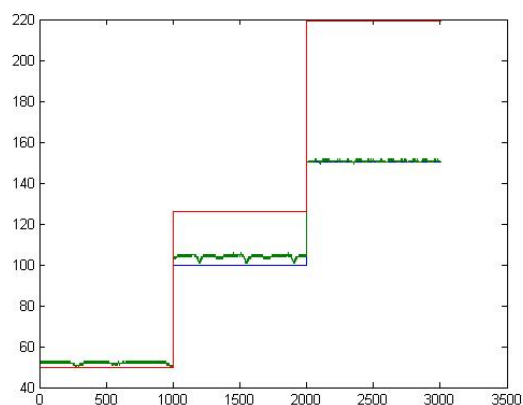
#### 3.3.1 Прямое управление

Совмещённые графики управляющего сигнала (зелёный) и реальной скорости (синий)



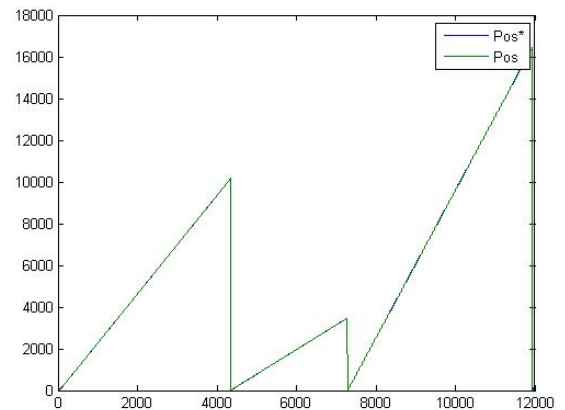
#### 3.3.2 Управление по таблице

Совмещённые графики задания по скорости (синий), вычисленного усилия (красный) и реальной скорости (зелёный)

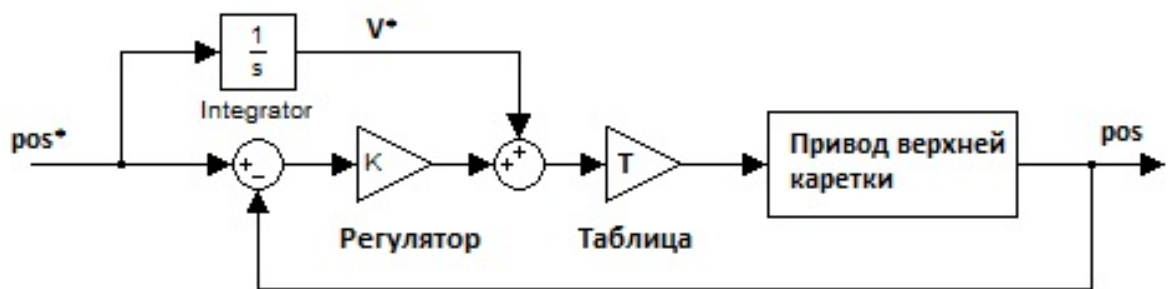


### 3.3.3 Комбинированное управление о таблице с контролем по положению

Нам необходим контроль по положению, поэтому мы ввели пропорциональный регулятор в контур управления. Совмещённые графики задания по положению (синий) и реального положения (зелёный)



### 3.3.4 Принципиальная схема САУ



## 4 Результат



**Было**



**Стало**

## 5 Литература

- Arduino Reference <http://www.arduino.cc/en/Reference/HomePage>
- Мирошник И.В. «Теория автоматического управления. Линейные системы»
- А.А. Усольцев «Общая электротехника»