



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ДГТУ)

Кафедра «Управление качеством»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

по курсу

«Теория, расчет и проектирование измерительных  
преобразователей и приборов»

Ростов-на-Дону, 2025

Составители: профессор, доктор техн. наук Степанов М.С.  
старший преподаватель Кошлякова И.Г.

Задания и методические указания по курсу «Теория, расчет и проектирование измерительных преобразователей и приборов» предназначены для студентов заочного отделения направления 27.03.01 «Стандартизация и метрология».

## **Цель и задачи курсового проектирования**

Курсовой проект выполняется с целью закрепления и развития теоретических знаний по основным разделам учебной дисциплины путем их практического применения для расчета и проектирования конкретного средства измерений (датчика, измерительного прибора). Во время работы над курсовым проектом студент должен самостоятельно принимать и обосновывать технические решения, творчески решать поставленные конкретные задачи, используя соответствующую справочную и научно-техническую литературу.

## **Тематика заданий на курсовой проект**

Все задания на курсовой проект являются индивидуальными и согласовываются с интересами и способностями студентов. В качестве тем курсовых проектов, как правило, предлагаются темы, связанные с проектированием и расчетом отдельных видов датчиков, измерительных преобразователей и приборов.

В процессе работы над курсовым проектом студент использует как знания, полученные по общепрофессиональным дисциплинам, так и знания по основным разделам специальных курсов, таких, как «Методы и средств измерений», «Метрология».

## **Содержание курсового проекта**

В состав курсового проекта входит пояснительная записка объемом 25 - 30 страниц формата А4 и графическая часть. При необходимости проект может содержать файл с расчетами, выполненными на компьютере.

Пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

- титульный лист;
- задание на проектирование;
- содержание;
- введение;
- теоретическая часть;

- выбор типа и параметров первичного измерительного преобразователя (датчика);
- описание конструкции проектируемого средства измерений;
- расчетная часть;
- выводы;
- список использованных источников.

Пояснительная записка должна показать умение студента логично и аргументировано излагать материал, а ее оформление должно соответствовать требованиям ЕСКД. При написании записки студент обязан давать ссылки на автора и источник, откуда он заимствует материал или отдельные результаты. В тексте пояснительной записки недопустимыми являются орфографические и синтаксические ошибки и опiski, небрежное оформление рисунков, таблиц, схем.

В пояснительной записке должен быть соблюден порядок следования перечисленных выше структурных частей и указано их наименование. Каждая структурная часть начинается с нового листа. Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всей основной части пояснительной записки.

Заголовки разделов пояснительной записки пишут прописными буквами симметрично границам текста, например:

## ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

### СОДЕРЖАНИЕ

#### ВВЕДЕНИЕ

Каждый раздел состоит из структурных элементов: пунктов и подпунктов. Каждый структурный элемент обозначается номером и снабжается заголовком (пункты - в пределах раздела, подпункты - в пределах пункта). В конце номеров ставится точка, в конце заголовков точка не ставится:

Расстояние между заголовком и текстом, а также между заголовком раздела и подраздела должно быть равно 10 мм. Текст предыдущего раздела отделяется от заголовка последующего расстоянием 15 мм.

Пояснительная записка выполняется на листах белой бумаги формата А4 (размер 210x297 мм), текст в рамке, с оставлением полей: левого и верхнего не менее 20 мм, правого и нижнего не менее 15 мм.

Рисунки и таблицы нумеруются сквозной нумерацией по всей пояснительной записке. Ссылка на них по тексту обязательна.

Порядковый номер страницы проставляется в правом нижнем углу листа, на титульном листе номер не проставляется.

### **Титульный лист**

Первым листом пояснительной записки является титульный лист, оформление которого выполняют соответственно требованиям, установленным в ДГТУ.

### **Задание на проектирование**

Задание на курсовое проектирование выдает преподаватель во время установочной лекции или консультации. При выдаче задания на курсовой проект преподаватель формулирует тему работы, исходные данные, рекомендует необходимую литературу. При необходимости преподаватель детализирует содержание пояснительной записки и устанавливает график выполнения проекта с указанием времени на выполнение основных этапов работы. После выполнения курсовой проект, подписанный студентом, сдается на проверку преподавателю. Если работа удовлетворяет предъявляемым требованиям, студент допускается в защите курсового проекта.

### **Примеры заданий на курсовое проектирование**

1. Спроектировать и рассчитать параметры емкостного измерительного преобразователя, предназначенного для измерения толщины ленты из диэлектрического материала с  $\epsilon_l=2,5$ . Измерительный преобразователь состоит из двух неподвижных пластин с площадью перекрытия  $F=250 \text{ см}^2$ , между которыми перемещается лента толщиной  $\delta_l=2 \text{ мм}$ . Расстояние между

пластинами  $\delta=4$  мм. Частота питающего напряжения  $f=5,5$  МГц. Величина  $\delta$  изменяется в диапазоне от 0 до 2 мм с шагом 0,2 мм. Построить графики зависимости емкости, чувствительности и электрического сопротивления измерительного преобразователя от величины  $\delta$ .

2. Спроектировать и рассчитать параметры резистивного измерительного преобразователя линейного перемещения. Заданы: напряжение источника питания  $U_p=120$  В, полное электрическое сопротивление преобразователя  $R_0=1000$  Ом, максимальное перемещение движка  $L_m=50$  мм, плотность тока в проводе  $j=2$  А/мм<sup>2</sup>, материал проводника – константан, удельное электрическое сопротивление  $\rho=0,48$  Ом\*мм<sup>2</sup>/м, сопротивление нагрузки реостата  $R_H = 800$  Ом, ширина каркаса  $b_k = 4$  мм, выходное напряжение на нагрузке с шагом 5 В, параметр  $m = R/R_H$  изменяется от 0 до 1 с шагом 0,1.

Построить графики зависимости напряжения на нагрузке и относительной погрешности нелинейности от параметра  $m$ .

3. Спроектировать и рассчитать параметры цилиндрического пьезоэлектрического измерительного преобразователя

Заданы: пьезоэлектрический модуль  $d=4,65 \cdot 10^{-11}$  Кл/Н; механическая сила  $F=12$  Н; частота  $f=12$  кГц; циклическая частота  $\omega_1=4$  рад/с;  $\omega_2=8$  рад/с;  $\omega_3=12$  рад/с;  $\omega_4=16$  рад/с;  $\omega_5=20$  рад/с; радиус кристалла,  $r_1=5$  мм;  $r_2=6$  мм;  $r_3=7$  мм;  $r_4=8$  мм;  $r_5=9$  мм; высота кристалла  $h=1,06 \cdot 10^{-3}$  м; выходное сопротивление усилителя  $R=100 \cdot 10^9$  Ом; входная ёмкость усилителя  $C_1=25 \cdot 10^{-9}$  Ф; коэффициент усиления  $K=12$ ; диэлектрическая постоянная  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$ . Рассчитать максимальную ЭДС датчика; определить модуль чувствительности; определить максимальное выходное напряжения усилителя.

## Введение

Во введении приводится краткая характеристика проектируемого средства измерения, область его применения, обосновывается актуальность выполнения курсового проекта. Объем введения составляет 2-3 страницы.

## **Теоретическая часть**

В теоретической части приводится обоснование выбранного типа измерительного преобразователя (датчика) для измерения заданной физической величины, описывается физический принцип действия выбранного датчика, работа измерительного прибора, порядок расчета их параметров, оценка возникающих погрешностей. Раздел должен содержать необходимые схемы, графики, расчетные формулы. Объем теоретической части должен составлять не менее 10-15 страниц.

### **Выбор типа и параметров первичного измерительного преобразователя или измерительного прибора**

Выбор измерительного преобразователя (датчика) для измерения заданной физической величины должен осуществляться с учетом метрологических и технологических факторов, например:

- допускаемая погрешность;
- пределы измерения первичного измерительного преобразователя, в которых гарантирована необходимая точность измерения;
- инерционность первичного измерительного преобразователя, характеризующаяся постоянной времени;
- влияние на работу первичного измерительного преобразователя параметров контролируемой и окружающей сред (температуры, давления, влажности), а также наличие в месте установки первичного измерительного преобразователя недопустимых для его функционирования магнитных и электрических полей, вибраций и других внешних влияющих факторов;
- расстояние, на которое может быть передана информация, полученная с помощью первичного измерительного преобразователя.

При выборе первичных измерительных преобразователей вначале определяют их разновидности, например, для измерения температуры выбирают термопреобразователь сопротивления или термоэлектрический преобразователь. Далее определяют типоразмер (совокупность технических характеристик) выбранной разновидности первичного измерительного

преобразователя, например, термопреобразователь сопротивления платиновый с номинальной статической характеристикой (НСХ) 100П (Pt 100), тип первичного измерительного преобразователя - ТСП - 0193.

В качестве примера рассмотрим выбор первичных измерительных преобразователей температуры.

В процессе выбора первичных измерительных преобразователей температуры необходимо учитывать предельные значения температуры, а также характеристики выходного сигнала первичных измерительных преобразователей. В качестве первичных измерительных преобразователей температуры обычно используют термопреобразователи сопротивления и термоэлектрические преобразователи. При необходимости измерения температуры жидкости следует учесть, что термопреобразователи выпускаются двух видов - погружаемые и поверхностные. Для правильного выбора термопреобразователей необходимо знать параметры измеряемой среды, такие, как диапазон изменения измеряемой температуры или максимальное значение температуры, давление, размеры трубопровода и т.п. При выборе типа погружаемых термопреобразователей необходимо обратить внимание на следующие факторы: область применения, пределы измерения, класс допуска, монтажную длину, особенность конструкции, условное давление, на которое рассчитан защитный чехол, инерционность. Пределы измерения конкретных типоразмеров термопреобразователей указаны в справочной литературе и каталогах заводов – изготовителей.

В диапазоне измерений от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+200^{\circ}\text{C}$  следует применять медные термопреобразователи сопротивления. При измерении более высоких температур применяются хромель – копелевые (до  $600^{\circ}\text{C}$ ), хромель - алюмелевые (до  $1000^{\circ}\text{C}$ ) термопары. При необходимости измерения температуры более  $1000^{\circ}\text{C}$  целесообразно применять термопары типа платина-платинородий.

При выборе измерительного прибора необходимо обратить внимание на его классификационные признаки.



Например, серийные измерительные приборы для вывода количественной информации имеют следующие классификационные признаки:

- по способу представления информации - аналоговые, цифровые;
- по выполняемым функциям - показывающие, регистрирующие;
- по количеству контролируемых точек - одноточечные, многоточечные (трехточечные, шеститочечные, двенадцатиточечные);
- по количеству измерительных каналов - одноканальные, многоканальные (двухканальные, трехканальные и др.);
- по используемым дополнительным устройствам - сигнализирующие, регулирующие;
- по виду шкалы - плоская, выпуклая, прямоугольная, круглая;
- по виду указателя - стрелочный, световой, цифровой, неподвижный при вращающейся шкале;
- по расположению шкалы - с вертикально расположенной шкалой, с горизонтально расположенной шкалой.

Например, в измерительных устройствах для измерения температуры, давления и расхода чаще всего применяют аналоговые показывающие, регистрирующие и сигнализирующие измерительные приборы. Они имеют встроенные преобразователи с унифицированными выходными токовыми сигналами, с выходов которых информацию об измеряемой величине можно передать на внешние устройства.

Диапазоны измерений приборов определены соответствующими нормативными документами.

Например, диапазоны измерений измерительных приборов, работающих в комплекте с термопреобразователями сопротивления стандартных градуировок 50М, 100М, 50П и 100П следующие: -50...0, -50...+50, -50...+100, 0...50, 0...100, 0...150, 0...180, 0...200, 0...300, 0...400, 0...500, 50...100, 200...500 (°C).

Диапазоны измерений измерительных приборов, работающих в комплекте с термоэлектрическими преобразователями стандартных

градуировок L(XK) и K(XA) следующие: -50...50, -50...100, -50...150, -50...200, 0...100, 0...150, 0...200, 0...300, 0...400, 0...500, 0...600, 0...800, 0...900, 0...1100, 0...1300, 200...600, 200...800, 200...1200, 400...900, 600...1100, 700...1300 (°C).

Диапазон измерений аналогового прибора выбирают ближайшим большим по отношению к максимальному значению измеряемой величины, так как максимальные показания измеряемой величины должны находиться в последней трети шкалы

Например, для измерения температуры 565 °C, необходимо выбрать диапазон измерений 0 - 600 °C или 200 - 600 °C. Для измерения расхода 230 кг/ч расходомером переменного перепада давления верхний предел измерения равен 250 кг/ч.

### **Описание конструкции проектируемого средства измерений**

Данный раздел курсового проекта содержит чертежи проектируемого средств измерений и его отдельных узлов, функциональные схемы, структурные схемы, схемы включения и другие графические материалы. В данном разделе необходимо изложить подробное описание конструкции и работы представленных устройств. Объем данного раздела должен составлять не менее 5-7 страниц.

### **Расчетная часть**

Расчетная часть содержит результаты расчетов параметров проектируемого средства измерений в соответствии с методикой, изложенной в теоретической части курсового проекта. Расчетные формулы сначала приводятся в общем виде, затем с промежуточными числовыми значениями, далее - результат расчета каждого параметра. Данный раздел обязательно должен содержать графики, которые показывают, как зависят выходные параметры проектируемых средств измерений от их входных параметров.

## **Выводы**

В данном разделе необходимо кратко изложить основные результаты, полученные при выполнении курсового проекта, выбранные типы средств измерений, результаты расчетов, установленные зависимости выходных величин от входных.

## **Список использованных источников**

В данном разделе пояснительной записки приводят библиографический список источников, использованных при выполнении курсового проектирования. Список источников нумеруют, ссылки приводят в тексте записки по мере упоминания, номер источника заключают в квадратные скобки.

## **Графическая часть**

Графическая часть курсового проекта включает 1-2 листа формата А1, на которых приводятся результаты проектирования в виде чертежей, функциональных и структурных схем, при необходимости - схем включения, графиков и других графических материалов.