



**Лабораторная работа №4:
«Выбор средства измерений для контроля работы
технологической установки»**

по дисциплине: Метрология, стандартизация и сертификация

вариант: 1

Выполнили:

Неграш Андрей, Р34301

Митрофанова Ирина, Р34301

Сладков Михаил, Р34301

Преподаватель:

Рассади́на Анна Александровна

Санкт-Петербург
2023

1. Цель

Ознакомиться с критериями выбора средства измерения (далее датчика) для контроля технологических процессов изготовления радиоэлектронных средств (РЭС); обосновать выбор датчика для контроля параметров технологического процесса (давления и температуры) в установках термического вакуумного напыления и печи для термического оксидирования.

2. Выполнение работы

Согласно варианту (1) нам необходимо выбрать датчик контроля температуры в печи установки термического оксидирования.

2.1. Диапазон измеряемых значений

Согласно описанию процесса термического оксидирования, в печи должна поддерживаться температура около 900°C. Соответственно, диапазон измеряемых значений должен составлять 0..1000°C.

2.2. Найденная рекламная информация

- 1) [Термоэлектрический преобразователь с керамической защитной оболочкой ТТКСС-22 Тип К ТХА от -40 до 1200 °С класс 2](#)



- 2) [Термопара ТХА для высокой температуры до +1000°C, 2 метра](#)



3) [Термопара ОВЕН ДТПС021.1Э-0,5/0,25](#)



2.3. Описание принципа измерений выбранного параметра

Измерение температуры происходит с помощью заведённой внутрь печи термопары, данные с которой считывает датчик, который в некоторых случаях в приведённых примерах товаров идёт в комплекте, а в некоторых – нет.

2.4. Заполнение таблиц «Данные о метрологических, эксплуатационных и экономических характеристиках средств измерений»

2.4.1. Термоэлектрический преобразователь с керамической защитной оболочкой ТТКСС-22 Тип К ТХА от -40 до 1200 °С класс 2

Метрологические характеристики	
Диапазон измеряемых величин	-40..1200°С
Градуировочная характеристика	Измерение температуры при помощи термопары происходит благодаря явлению термоЭДС. Если поместить спай термопары внутрь печи (в нашем случае), то на обратных концах термопары возникнет разность потенциалов (напряжение), пропорциональное разнице температур между внутренностями печи и окружающей среде.
Однозначная мера	Термоэлектрический преобразователь из мВ в °С.
Множитель к шкале	Для конечной температуры отсутствует. Для измерения разности потенциалов в вольтах составляет $\times 1000$

Цена деления	Равномерная, составляет 1°C
Вид выходного кода	+1023
Число разрядов кода	5
Цена единицы наименьшего разряда кода средства измерения, предназначенных для выдачи результатов в цифровом коде	1°C
Характеристика систематической составляющей Δ_s погрешности средства измерения	Систематическая погрешность термопары представляет собой сумму систематической погрешности компенсации нелинейности характеристики преобразования температуры в напряжение и систематической погрешности термического шунтирования. Систематическая погрешность компенсации нелинейности относится к инструментальным погрешностям и указывается в паспорте устройства. Шунтирование термопары может произойти при превышении максимальной измеряемой температуры, чего в нашем случае при верном выборе материала термопары произойти не должно. Таким образом можно сказать, что Δ_s будет равна указанной в паспорте устройства инструментальной погрешности
Характеристика случайной составляющей погрешности	Учитывается 2 вида случайных погрешностей: вызванная технологическим разбросом характеристик термопары (зависит от чистоты материалов и точности их процентного содержания в материалах электродов) и погрешность измерения температуры холодного спая
Погрешность от гистерезиса	Существует из-за тепловой инерции
Характеристика погрешности средства измерения	Погрешность на начальном этапе будет равна указанной в паспорте устройства инструментальной погрешности, однако из-за

	возможной коррозии со временем будет увеличиваться
Класс точности средства измерения	2
Характеристики чувствительности средства измерения к влияющим величинам	Основную проблему могут доставить всплески температуры выше 1200°C, которые приведут к изменению химического состава места шунтирования и из-за этого измерительный прибор не сможет корректно работать. Однако прирост температуры на 25% относительно нормы маловероятен.
Динамические характеристики средства измерения	Тепловая инерция будет влиять на вычисление температуры, однако только при охлаждении установки. Также стоит учесть время задержки выдачи результата для цифрового табло
Характеристики свойств средства измерения	При использовании увлажнителя в печи стремительно увеличивается риск коррозии материалов
Эксплуатационные характеристики	
Климатические условия эксплуатации средства измерения	Температура около 900°C, возможна высокая влажность
Автономное или э/питание от сети общего пользования	Сама термопара автономна, однако питание необходимо для электронного табло
Габариты, масса, сочленение с ПК	Длина: от 300 до 2000 мм Масса: незначительна (не указана в паспорте устройства) Сочленение с ПК: отсутствует
Простота эксплуатации средства измерения, вспомогательного оборудования, в том числе их ремонтпригодность	Техническое обслуживание датчика при эксплуатации состоит из технического осмотра и его метрологической поверки. Ремонт электронного табло возможен, сама термопара неремонтпригодна.
Квалификация оператора	Не требует высокой квалификации, т.к. проста в эксплуатации
Экономические характеристики	
Число измерений в единицу времени	Величина измеряется динамически, число измерений в единицу времени зависит от настраиваемой частоты обновления электронного табло

Стоимость измерений	14800р (датчик) 3000р (совместимый регулятор) Стоимость труда оператора и настройщика одинакова для всех видов, так что учитываться не будет. Итого: 17800р
Ресурс работы средства измерения	до 5000 часов

2.4.2. Термопара ТХА для высокой температуры до +1000°C, 2 метра

Метрологические характеристики	
Диапазон измеряемых величин	0..1000°C
Градуировочная характеристика	Измерение температуры при помощи термопары происходит благодаря явлению термоЭДС. Если поместить спай термопары внутрь печи (в нашем случае), то на обратных концах термопары возникнет разность потенциалов (напряжение), пропорциональное разнице температур между внутренностями печи и окружающей средой.
Однозначная мера	Термоэлектрический преобразователь из мВ в °C.
Множитель к шкале	Для конечной температуры отсутствует. Для измерения разности потенциалов в вольтах составляет $\times 1000$
Цена деления	Равномерная, составляет 1°C
Вид выходного кода	0987
Число разрядов кода	4
Цена единицы наименьшего разряда кода средства измерения, предназначенных для выдачи результатов в цифровом коде	1,0°C
Характеристика систематической составляющей Δ_s погрешности средства измерения	Систематическая погрешность термопары представляет собой сумму систематической погрешности компенсации нелинейности характеристики преобразования температуры в напряжение и систематической

	погрешности термического шунтирования. Систематическая погрешность компенсации нелинейности относится к инструментальным погрешностям и указывается в паспорте устройства. Шунтирование термопары может произойти при превышении максимальной измеряемой температуры, чего в нашем случае при верном выборе материала термопары произойти не должно. Таким образом можно сказать, что Δs будет равна указанной в паспорте устройства инструментальной погрешности
Характеристика случайной составляющей погрешности	Учитывается 2 вида случайных погрешностей: вызванная технологическим разбросом характеристик термопары (зависит от чистоты материалов и точности их процентного содержания в материалах электродов) и погрешность измерения температуры холодного спая
Погрешность от гистерезиса	Существует из-за тепловой инерции
Характеристика погрешности средства измерения	Погрешность на начальном этапе будет равна указанной в паспорте устройства инструментальной погрешности, однако из-за возможной коррозии и всплесков температуры выше рабочего диапазона и последующим изменением химического состава шунтирования, погрешность со временем будет увеличиваться и может достичь критически неточных значений
Класс точности средства измерения	2
Характеристики чувствительности средства измерения к влияющим величинам	Основную проблему могут доставить всплески температуры выше 1000°C , которые приведут к изменению химического состава места шунтирования и из-за этого

	измерительный прибор не сможет корректно работать. Подобное увеличение температуры – вполне реальная проблема, так что при отборе стоит учитывать этот фактор.
Динамические характеристики средства измерения	Тепловая инерция будет влиять на вычисление температуры, однако только при охлаждении установки. Также стоит учесть время задержки выдачи результата для цифрового табло
Характеристики свойств средства измерения	При использовании увлажнителя в печи стремительно увеличивается риск коррозии материалов
Эксплуатационные характеристики	
Климатические условия эксплуатации средства измерения	Температура около 900°C, возможна высокая влажность
Автономное или э/питание от сети общего пользования	Сама термопара автономна, однако питание необходимо для электронного табло
Габариты, масса, сочленение с ПК	Длина: 2000 мм Масса: незначительна (не указана в паспорте устройства) Сочленение с ПК: отсутствует
Простота эксплуатации средства измерения, вспомогательного оборудования, в том числе их ремонтпригодность	Техническое обслуживание датчика при эксплуатации состоит из технического осмотра и его метрологической поверки. Ремонт электронного табло возможен, сама термопара неремонтпригодна.
Квалификация оператора	Не требует высокой квалификации, т.к. проста в эксплуатации
Экономические характеристики	
Число измерений в единицу времени	Величина измеряется динамически, число измерений в единицу времени зависит от настраиваемой частоты обновления электронного табло
Стоимость измерений	2840р (датчик) 6000р (совместимый регулятор) Стоимость труда оператора и настройщика одинакова для всех видов, так что учитываться не будет. Итого: 8840р
Ресурс работы средства измерения	до 5000 часов

2.4.3. Термопара ОВЕН ДТПС021.1Э-0,5/0,25

Метрологические характеристики	
Диапазон измеряемых величин	0..1300°C
Градуировочная характеристика	Измерение температуры при помощи термопары происходит благодаря явлению термоЭДС. Если поместить спай термопары внутрь печи (в нашем случае), то на обратных концах термопары возникнет разность потенциалов (напряжение), пропорциональное разнице температур между внутренностями печи и окружающей среде.
Однозначная мера	Термоэлектрический преобразователь из мВ в °C.
Множитель к шкале	Для конечной температуры отсутствует. Для измерения разности потенциалов в вольтах составляет $\times 1000$
Цена деления	Равномерная, составляет 1°C
Вид выходного кода	1249
Число разрядов кода	4
Цена единицы наименьшего разряда кода средства измерения, предназначенных для выдачи результатов в цифровом коде	1°C
Характеристика систематической составляющей Δs погрешности средства измерения	Систематическая погрешность термопары представляет собой сумму систематической погрешности компенсации нелинейности характеристики преобразования температуры в напряжение и систематической погрешности термического шунтирования. Систематическая погрешность компенсации нелинейности относится к инструментальным погрешностям и указывается в паспорте устройства. Шунтирование термопары может произойти при превышении максимальной измеряемой

	температуры, чего в нашем случае при верном выборе материала термопары произойти не должно. Таким образом можно сказать, что Δs будет равна указанной в паспорте устройства инструментальной погрешности
Характеристика случайной составляющей погрешности	Учитывается 2 вида случайных погрешностей: вызванная технологическим разбросом характеристик термопары (зависит от чистоты материалов и точности их процентного содержания в материалах электродов) и погрешность измерения температуры холодного спая
Погрешность от гистерезиса	Существует из-за тепловой инерции (длится до 5 секунд)
Характеристика погрешности средства измерения	Погрешность на начальном этапе будет равна указанной в паспорте устройства инструментальной погрешности, но из-за возможной коррозии со временем будет увеличиваться
Класс точности средства измерения	3
Характеристики чувствительности средства измерения к влияющим величинам	Благодаря увеличенному температурному диапазону данная термопара не будет иметь проблем с возможными всплесками температуры в печи. Таким образом на первый план выходит коррозия, влияние которой при верной эксплуатации можно практически устранить
Динамические характеристики средства измерения	Тепловая инерция будет влиять на вычисление температуры, однако только при охлаждении установки. Также стоит учесть время задержки выдачи результата для цифрового табло
Характеристики свойств средства измерения	При использовании увлажнителя в печи стремительно увеличивается риск коррозии материалов
Эксплуатационные характеристики	

Климатические условия эксплуатации средства измерения	Температура около 900°C, возможна высокая влажность
Автономное или э/питание от сети общего пользования	Сама термопара автономна, однако питание необходимо для работы электронного табло
Габариты, масса, сочленение с ПК	Длина: от 2000 до 20000 мм Масса: незначительна (не указана в паспорте устройства) Сочленение с ПК: отсутствует
Простота эксплуатации средства измерения, вспомогательного оборудования, в том числе их ремонтпригодность	Техническое обслуживание датчика при эксплуатации состоит из технического осмотра и его метрологической поверки. Ремонт электронного табло возможен, сама термопара неремонтпригодна.
Квалификация оператора	Не требует высокой квалификации, т.к. проста в эксплуатации
Экономические характеристики	
Число измерений в единицу времени	Величина измеряется динамически, число измерений в единицу времени зависит от настраиваемой частоты обновления электронного табло
Стоимость измерений	25878р (датчик + регулятор в комплекте) Стоимость труда оператора и настройщика одинакова для всех видов, так что учитываться не будет. Итого: 25878р
Ресурс работы средства измерения	до 10000 часов

2.5. Требования к средству измерения выбранного параметра
Диапазон необходимого измеряемого значения составляет 0..1000°C. Также должна быть возможность работы в среде воздуха, причём как сухого, так и с высокой влажностью.

2.6. Итоговый выбор
Исходя из требований к средству измерения выбранного параметра мы пришли к выводу, что лучшим вариантом будет использование варианта №1 (Термоэлектрический преобразователь с керамической защитной оболочкой ТТКСС-22 Тип К ТХА от -40 до 1200 °С класс 2). Благодаря достаточно большому значению верхней границы диапазона температур мы обезопасим себя от быстрого прихода измерительного прибора в негодность, однако цена останется не слишком высокой относительно использования термопары вида платина-платина, как в варианте №3.