



**Негосударственное частное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Технический университет УГМК»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

<b>Направление подготовки</b>	<b>22.03.02 Metallurgy</b>
<b>Профиль подготовки</b>	<b>Metallurgy of non-ferrous metals</b>
<b>Уровень высшего образования</b>	<b>Applied Bachelor</b>

Рассмотрено на заседании кафедры Metallurgy  
Одобрено Методическим советом университета 30 июня 2021 г., протокол № 4

г. Верхняя Пышма  
2021

Методические рекомендации к организации и выполнению самостоятельной работы составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Автоматизация металлургических процессов».

Код направления и уровня подготовки	Название направления	Реквизиты приказа Министерства образования и науки Российской Федерации об утверждении и вводе в действие ФГОС ВО	
		Дата	Номер приказа
22.03.02	Металлургия	04.12.2015	1427

Автор – разработчик /Дата создания/	Гольцев В.А., к.т.н., доцент	
Эксперт	Скопов Геннадий Вениаминович, главный специалист Управления стратегического планирования ООО «УГМК-Холдинг», д-р техн. наук	
Заведующий кафедрой «Металлургия» /Дата утверждения/	Мастюгин Сергей Аркадьевич, д-р техн. наук, доцент	
Продолжительность модуля/дисциплины:	72 часа (2 ЗЕ)	
Место проведения	Учебные аудитории Технического университета УГМК	
Цель модуля/дисциплины:	После завершения дисциплины, обучающиеся будут способны сопровождать и эксплуатировать системы автоматизации металлургических объектов и технологий на основе изучения элементов теории автоматического регулирования, принципов построения систем и элементной базы средств контроля.	

Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине «Автоматизация металлургических процессов» предусмотрена на 3 курсе в 5 семестре в объёме 31 часа (очная форма обучения) и на 3 курсе в 5 и в 6 семестрах в объёме 60 часов (заочная форма обучения).

Самостоятельная работа обучающихся включает изучение теоретического курса, выполнение домашних работ и подготовку к лабораторным работам и зачету. Настоящие методические рекомендации к организации и выполнению самостоятельной работы относятся к виду учебной работы «Изучение теоретического курса и подготовка к экзамену (зачету)». Данная составляющая самостоятельной работы предусмотрена на 3 курсе в 5 семестре в объёме 40 часов (соответственно 31+ 9) – очная форма обучения и на 3 курсе в 5 семестре в объёме 34 часа (соответственно 34 + 0) и на 3 курсе в 6 семестре в объёме 30 часов (соответственно 26 + 4) - заочная форма обучения. Самостоятельная работа обучающихся также включает все виды текущей аттестации.

#### Тематика самостоятельной работы

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия, час	
			форма обучения	
			очная	заочная
P1	1	Общие сведения о системах автоматического регулирования	16	28
P2	2	Технические средства получения первичной технологической информации	7	16
P3	3	Типовые узлы систем автоматического регулирования металлургических агрегатов	8	16
			31	60

Принятые сокращения: ОФО – очная форма обучения; ЗФО – заочная форма обучения.

## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 1

### Тема: Общие сведения о системах автоматического регулирования

#### Задание 1 Определить параметры объекта регулирования по кривой разгона

Наиболее распространенным способом определения параметров объекта регулирования является изучение его реакции на приложенное возмущение. Возмущение на входе объекта осуществляют ступенчатым изменением положения регулирующего органа (изменением регулирующего воздействия) вручную или дистанционно. Переходный процесс изменения во времени регулируемого параметра под действием ступенчатого возмущения называется переходной функцией, кривой разгона или временной характеристикой объекта. Для объектов с самовыравниванием моментом окончания переходного процесса является достижение регулируемым параметром нового установившегося значения.

На рисунке 1 показана кривая разгона объекта. За начальный момент времени  $\tau = 0$  принимается момент нанесения возмущения.

Для определения параметров, характеризующих динамические свойства объекта, необходимо построить касательную к кривой разгона в точке перегиба А (точка с максимальной скоростью изменения параметра). Интервал времени ОС от ввода возмущения до пересечения касательной с горизонталью начального значения параметра  $Y_0$  определит время запаздывания объекта  $\tau_3$ .

Интервал времени от точки пересечения касательной с горизонталью начального значения параметра  $Y_0$  до точки ее пересечения с линией нового установившегося значения представляет постоянную времени объекта  $T_0$  (отрезок  $C_1 D_1$ ).

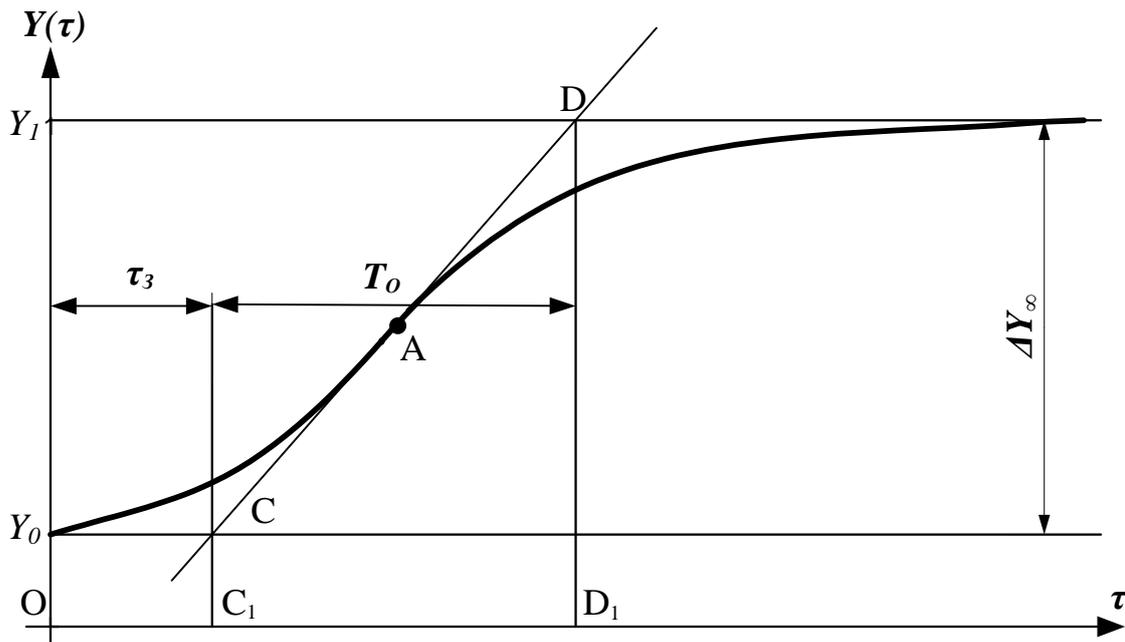


Рисунок 1 - Определение параметров объекта регулирования по кривой разгона

Коэффициент передачи объекта  $K_{об}$ ,  $\frac{\text{ед.изм.рег.парамтра}}{\% \text{.хода.рег.органа}}$ , определяется по формуле

$$K_{об} = \frac{\Delta Y_{\infty}}{\Delta X} = \frac{Y_1 - Y_0}{\Delta X} \quad (1)$$

Где  $Y_1$  — значение регулируемого параметра после завершения переходного процесса, ед.изм.рег.параметра;

$Y_0$  — значение регулируемого параметра до нанесения возмущения, ед.изм.рег.параметра;

$\Delta X$  - возмущающее воздействие, нанесенное регулирующим органом, % хода регулирующего органа.

Коэффициент самовыравнивания  $K_C$  определяется по кривой разгона как отношение изменения входной величины (возмущения) к изменению выходной (регулируемого параметра). Эти изменения выражают в относительном виде: входную величину как отношение хода исполнительного механизма при вводе возмущения к его полному ходу  $\Delta X / 100$ , а выходную – как отношение изменения регулируемого параметра к его заданному значению  $\Delta Y_\infty / Y_0$ :

$$K_C = \frac{\Delta X}{100} \cdot \frac{Y_0}{\Delta Y_\infty} = \frac{Y_0}{K_{OB}} \cdot 10^{-2}. \quad (2)$$

По описанной выше методике определите параметры объекта регулирования:  $\tau_3$ ,  $T_0$ ,  $K_{OB}$ ,  $K_C$ .

## 2 Математическая модель объекта регулирования

В результате проведенного при выполнении п. 1 исследования установлено, что для заданного в варианте объекта присущи свойства самовыравнивания, запаздывания и инерционности. На основании чего структуру объекта можно представить состоящей из двух типовых звеньев: звена чистого запаздывания и апериодического (инерционного) звена первого порядка (т.е. выполнена структурная идентификация объекта регулирования).

Математическая модель объекта при такой структуре может быть представлена кусочной функцией, имеющей вид

$$\begin{cases} Y(\tau) - Y_0 = 0 & \text{при } 0 \leq \tau \leq \tau_3, \\ Y(\tau) - Y_0 = K_{OB} \cdot \left( 1 - e^{-\frac{\tau - \tau_3}{T_0}} \right) & \text{при } \tau > \tau_3. \end{cases} \quad (3)$$

где  $e$  – основание натуральных логарифмов.

Заданная переходная функция при этом заменяется экспоненциальной зависимостью, график которой смещен относительно начала координат на величину времени запаздывания  $\tau_3$ .

Модель объекта можно представить также с использованием преобразования Лапласа в виде его передаточной функции  $W(p)_{OB}$ , которая равна произведению передаточных функций двух выше названных типовых динамических звеньев

$$W(p)_{OB} = \frac{K_{OB}}{(T_0 \cdot p + 1) \cdot e^{-p\tau_3}}, \quad (4)$$

где  $p$  – оператор Лапласа;

$e$  – основание натуральных логарифмов.

Формальная замена оператора Лапласа  $p$  в выражении (4) на комплексную переменную  $j\omega$  позволяет получить еще один вид математической модели объекта в виде его амплитудно-фазовой частотной характеристики  $W(j\omega)_{OB}$

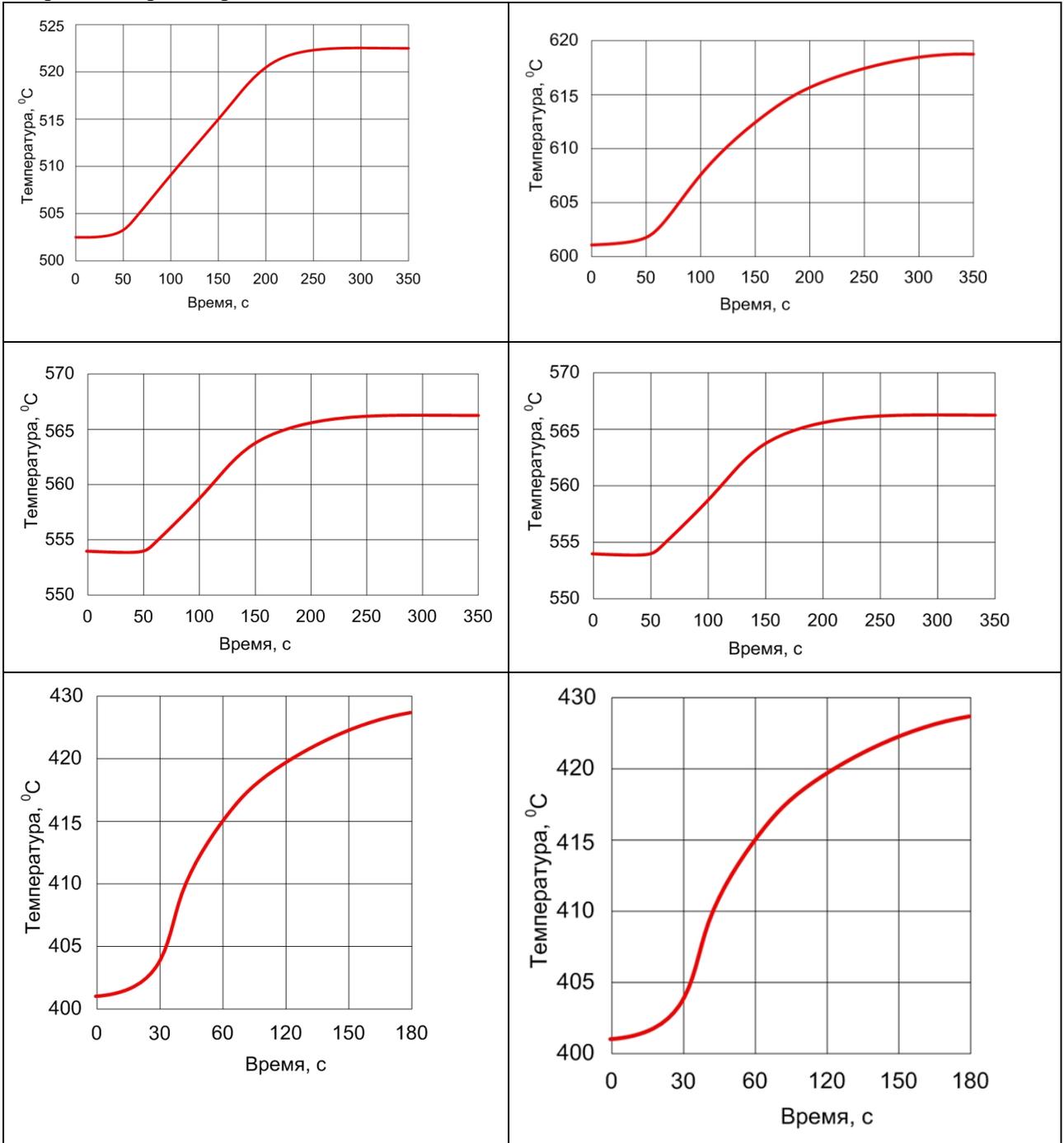
$$W(j\omega)_{OB} = \frac{K_{OB}}{T_0 \cdot j\omega + 1} \cdot e^{-j\omega\tau_3}, \quad (5)$$

где  $j$  – мнимая единица ( $\sqrt{-1}$ );

$\omega$  – угловая частота колебаний, рад/с.

Нахождение численных значений параметров  $\tau_3$ ,  $T_0$ ,  $K_{Об}$ ,  $K_C$  и подстановкой этих значений в формулы (3),(4) и (5) является переходом от структурной идентификации к параметрической. Выполните подстановку указанных параметров в формулы (3),(4) и (5) и получите в результате этого три формы представления математической модели заданного в Вашем варианте объекта.

Варианты кривой разгона:

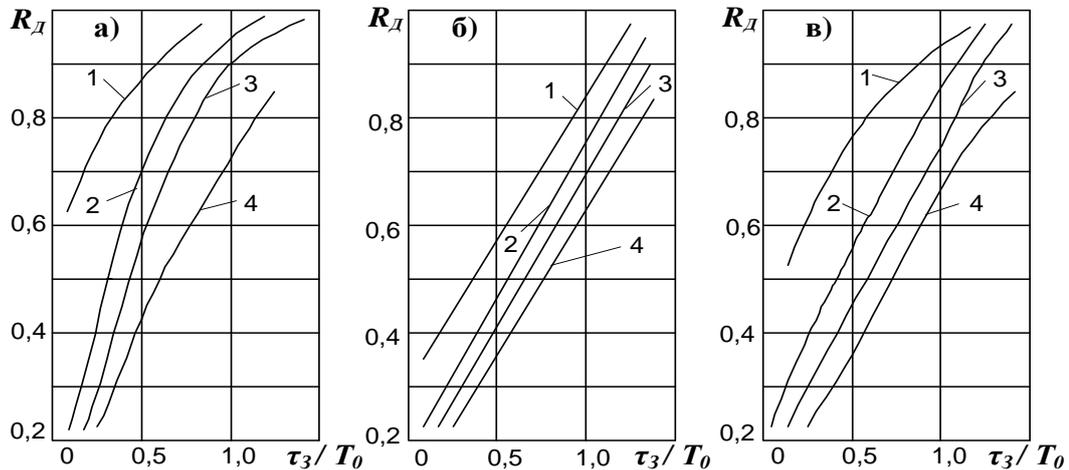


**Задание 2** Выбор закона регулирования

Инженерный метод выбора закона регулирования (метод А. П. Копеловича) основывается на представлении реальных промышленных объектов регулирования в виде последовательно соединенных типовых звеньев: аperiodического и чистого запаздывания. Эта задача была решена в разделе «Объект регулирования» при выполнении структурно-параметрической идентификации объекта регулирования. Далее произведите выбор закона регулирования по методике Копеловича в следующем порядке.

1. Рассчитайте отношение  $\tau_3 / T_0$  и ориентировочно выберите по нему тип регулятора: при  $\tau_3 / T_0 \leq 0,2$  можно выбрать позиционный регулятор, при  $\tau_3 / T_0 > 0,2$  выбирается регулятор непрерывного действия.

2. Если выбран регулятор непрерывного действия, то следует определить реализуемый им закон регулирования. Это производится по специально рассчитанным графикам, которые изображены на рисунке 2. По приведенным на рисунке 3 зависимостям  $R_d = f(\tau_3 / T_0)$  в соответствии с указанным в варианте задания типовым переходным процессом выберите простейший регулятор, обеспечивающий при данном  $\tau_3 / T_0$  не превышение допустимого значения величины  $R_d$ , которое было рассчитано ранее.



а – для аperiodического переходного процесса; б – для процесса с  $\sigma = 20\%$ ; в – для процесса с  $\min \int \Delta Y^2(\tau) d\tau$ ; 1 – И-регулятор; 2 – П-регулятор; 3 – ПИ-регулятор; 4 – ПИД-регулятор.

Рисунок 2 - Графики для выбора закона регулирования

3. В случае если выбран П-регулятор, необходимо проверить его по допустимой статической ошибке  $\Delta Y_{ст}$ . Это выполняется с использованием графика зависимости  $\Delta Y_{ст} = f(\tau_3 / T_0)$ , изображённого на рисунке 3. Абсолютное значение статической ошибки находят по формуле:

$$\Delta Y_{ст} = \left( \frac{\Delta y_{ст}}{\Delta y_{\infty}} \right) \cdot \Delta Y_{\infty}, \quad (6)$$

где  $\left( \frac{\Delta y_{ст}}{\Delta y_{\infty}} \right)$  – отношение, определённое по ординате графика на рисунке 3;

$\Delta Y_{\infty}$  – отклонение параметра, соответствующее максимальному возмущающему воздействию ( $\Delta Y_{\infty}$  – было рассчитано ранее при определении  $R_d$ ).

Если полученная величина  $\Delta Y_{ст}$  превышает допустимое значение, указанное в исходных данных, то следует вернуться к рисунку 4 и выбрать ближайший более сложный закон регулирования.

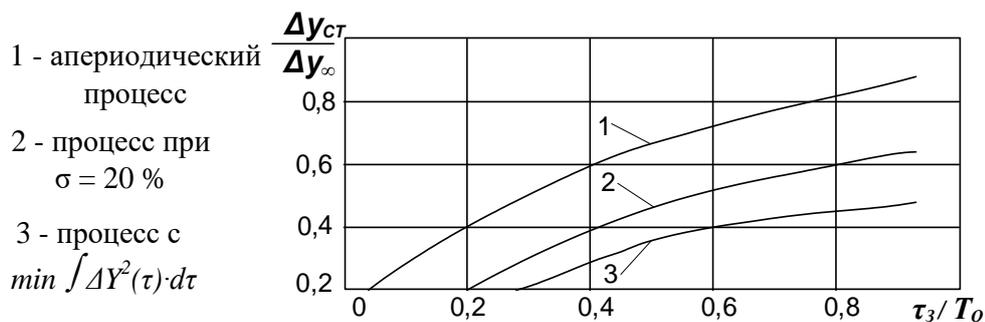


Рисунок 3 – Зависимость статической ошибки регулирования от  $\tau_3/T_0$

4. По приведенным на рисунке 4 зависимостям  $\tau_P / \tau_3 = f(\tau_3 / T_0)$  определите обеспечиваемое выбранным регулятором время регулирования  $\tau_P$ .

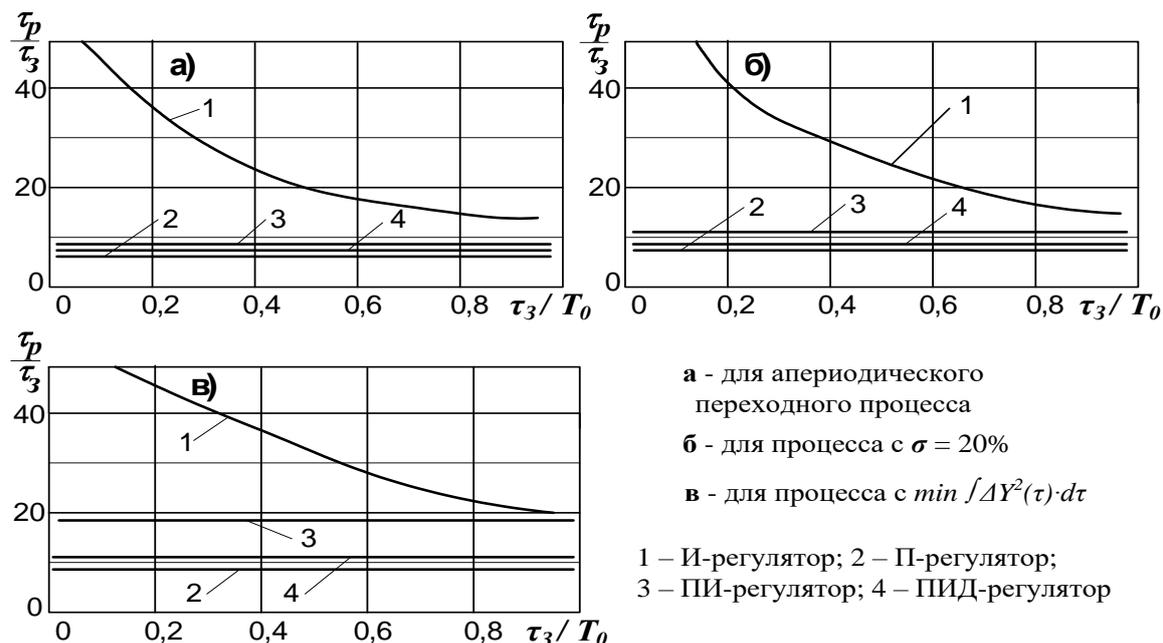


Рисунок 4 – Зависимость времени регулирования от  $\tau_3/T_0$

Если полученное время больше заданного, то следует вернуться к рисунку 3 и выбрать ближайший более сложный закон регулирования, а затем снова выполнить проверку по времени регулирования.

Регулятор, удовлетворяющий заданному времени регулирования, принимается окончательно.

### 3.4 Расчет оптимальных значений параметров настройки регулятора

Формулы для расчета оптимальных значений параметров настройки регулятора сведены в таблицу 1. Выберите из таблицы соответствующие Вашим условиям формулы и произведите по ним расчет параметров настройки.

Таблица 1 – Формулы для расчета оптимальных настроек регулятора

Закон регулирования	Тип переходного процесса		
	апериодический	$\sigma = 20\%$	$\min \int_0^{\infty} \Delta y^2(\tau) d\tau$
И	$K_p = \frac{1}{4,5K_{об}T_o}$	$K_p = \frac{1}{1,7K_{об}T_o}$	$K_p = \frac{1}{1,7K_{об}\tau_3}$
П	$K_p = \frac{0,3}{K_{об} \cdot \tau_3 / T_o}$	$K_p = \frac{0,7}{K_{об} \cdot \tau_3 / T_o}$	$K_p = \frac{0,9}{K_{об} \cdot \tau_3 / T_o}$
ПИ	$K_p = \frac{0,6}{K_{об} \cdot \tau_3 / T_o}$ ; $Tu = 0,8\tau_3 + 0,5T_o$	$K_p = \frac{0,7}{K_{об} \cdot \tau_3 / T_o}$ ; $Tu = \tau_3 + 0,3T_o$	$K_p = \frac{1,0}{K_{об} \cdot \tau_3 / T_o}$ ; $Tu = \tau_3 + 0,35T_o$
ПИД	$K_p = \frac{0,95}{K_{об} \cdot \tau_3 / T_o}$ ; $Tu = 2,4\tau_3$ ; $T_d = 0,4\tau_3$	$K_p = \frac{1,2}{K_{об} \cdot \tau_3 / T_o}$ ; $Tu = 2,0\tau_3$ ; $T_d = 0,4\tau_3$	$K_p = \frac{1,4}{K_{об} \cdot \tau_3 / T_o}$ ; $Tu = 1,3\tau_3$ ; $T_d = 0,5\tau_3$

## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 2

**Тема: Технические средства получения первичной технологической информации**

### **Измерение давления**

#### **1. Задание {{ 34 }} ТЗ № 34**

Для прямого измерения давления жидкой или газообразной среды с отображением его значения непосредственно на шкале, табло или индикаторе первичного измерительного прибора применяют ...

*Правильные варианты ответа:* манометры; манометр;

#### **2. Задание {{ 35 }} ТЗ № 35**

Для прямого измерения разрежения газообразной среды с отображением его значения непосредственно на шкале, табло или индикаторе первичного измерительного прибора применяют ...

*Правильные варианты ответа:* вакуумметры; вакуумметр; тягомеры; тягомер;

#### **3. Задание {{ 36 }} ТЗ № 36**

Для прямого измерения разности двух давлений, ни одно из которых не является давлением окружающей среды, используют ...

*Правильные варианты ответа:* дифференциальный манометр; дифференциальные манометры; дифманометр; дифманометры;

#### **4. Задание {{ 37 }} ТЗ № 37**

Для увеличения чувствительности при измерении давления деформационным методом применяют ... пружину

*Правильные варианты ответа:* многовитковую; многовитковая;

#### **5. Задание {{ 38 }} ТЗ № 38**

Естественным выходным сигналом любого деформационного элемента при измерении давления является ...

*Правильные варианты ответа:* перемещение; сдвиг; смещение; прогиб;

#### **6. Задание {{ 39 }} ТЗ № 39**

Действие ... основано на изменении электрического сопротивления проводника под действием внешнего избыточного давления

*Правильные варианты ответа:* тензометров; тензорезисторов; тензометр; тензорезистор; тензометра; тензорезистора;

#### **7. Задание {{ 40 }} ТЗ № 40**

Действие ... манометров основано на свойстве некоторых кристаллических веществ создавать электрические заряды под действием механической силы

*Правильные варианты ответа:* пьезоэлектрических; пьезоэлектрический;

#### **8. Задание {{ 41 }} ТЗ № 41**

Естественный выходной сигнал пьезоэлектрического манометра:

- напряжение постоянного тока
- напряжение переменного тока
- изменение сопротивления

#### **9. Задание {{ 42 }} ТЗ № 42**

Естественный выходной сигнал тензометрического преобразователя при измерении давления:

- изменение сопротивления
- появление ЭДС постоянного тока
- появление ЭДС переменного тока

## Измерение расхода

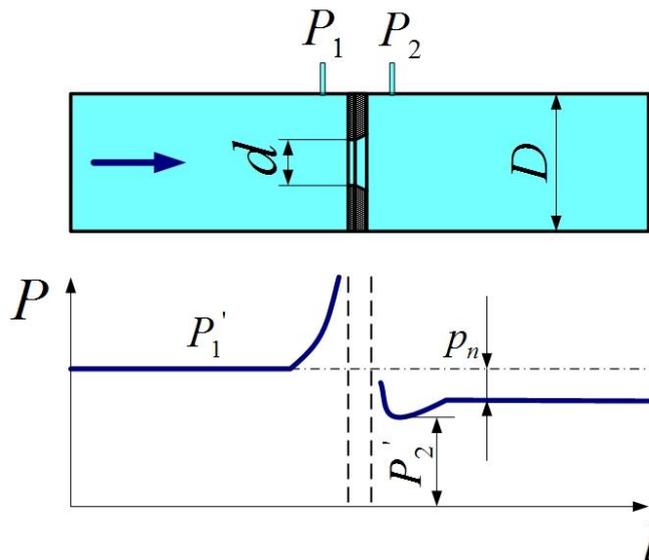
### 10. Задание {{ 48 }} ТЗ № 48

Измерение расхода по изменению потенциальной энергии (статического давления) вещества, протекающего через местное сужение в трубопроводе, соответствует методу ...

- постоянного перепада давления
- переменного перепада давления
- переменного уровня
- скоростного напора

### 11. Задание {{ 49 }} ТЗ № 49

Изображена схема измерения расхода методом .....



- постоянного перепада давления
- переменного перепада давления
- скоростного напора
- переменного уровня

### 12. Задание {{ 50 }} ТЗ № 50

Подвижный элемент (поплавок или поршень), который перемещается потоком измеряемого вещества в конической вертикальной трубе, в результате чего изменяется площадь проходного сечения — это измерение расхода .....

- методом переменного перепада давления
- методом постоянного перепада давления
- методом переменного уровня
- методом скоростного напора

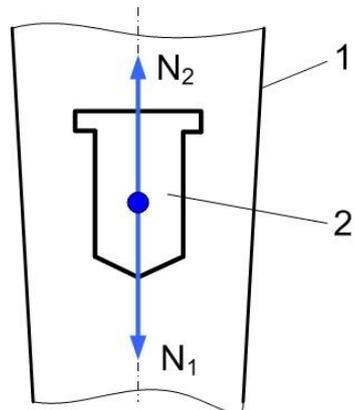
### 13. Задание {{ 51 }} ТЗ № 51

Последовательность потери давления на стандартном сужающем устройстве одинакового модуля, начиная с наименьшего:

- 1: труба Вентури
- 2: сопло
- 3: диафрагма

### 14. Задание {{ 52 }} ТЗ № 52

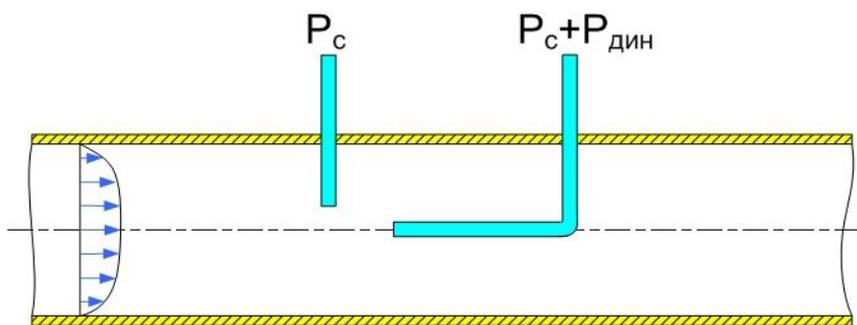
Изображена схема измерения расхода методом ...



- переменного перепада давления
- скоростного напора
- переменного уровня
- постоянного перепада давления

**15. Задание {{ 53 }} ТЗ № 53**

Схема измерения расхода ...



- методом переменного перепада давления
- методом постоянного перепада давления
- методом скоростного напора
- методом переменного уровня

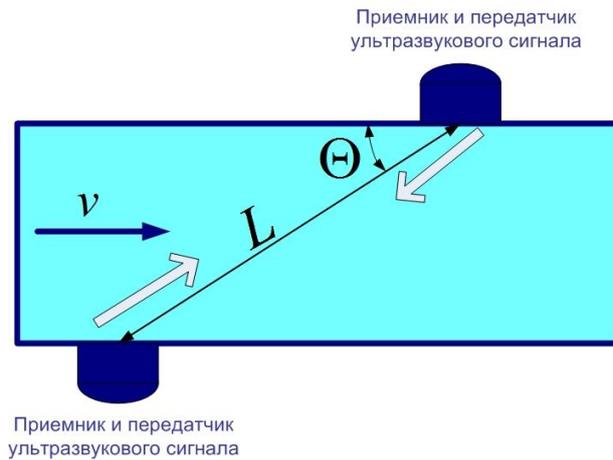
**16. Задание {{ 54 }} ТЗ № 54**

Измерение расхода по частоте образований в дорожке Кармана, возникающих за плохо обтекаемым телом, называют .....

- колебательным (вихревым) методом
- электромагнитным методом
- тахометрическим методом
- ультразвуковым методом

**17. Задание {{ 55 }} ТЗ № 55**

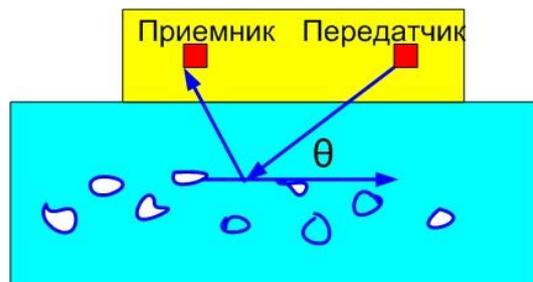
Схема ... ультразвукового расходомера



*Правильные варианты ответа:* времяпролетного; времяпролетный;

**18. Задание {{ 56 }} ТЗ № 56**

Схема к принципу действия ультразвукового датчика расхода, действующего на основе эффекта ...



Правильные варианты ответа: Допплер; Допплера; Доплер; Доплера;

### Измерение состава

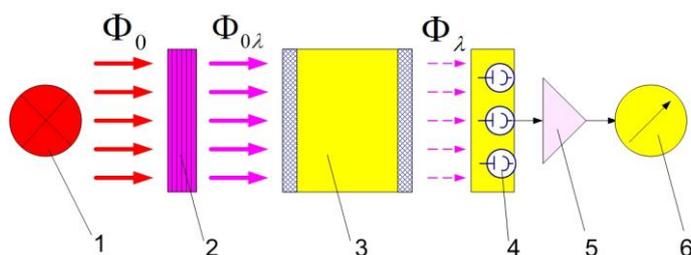
#### 19. Задание {{ 57 }} ТЗ № 57

..... метод анализа газов основан на их свойстве избирательно поглощать часть проходящего через них электромагнитного излучения

Правильные варианты ответа: Абсорбционный; абсорбционный;

#### 20. Задание {{ 58 }} ТЗ № 58

Изображена структурная схема ... газоанализатора



Правильные варианты ответа: абсорбционного; абсорбционный;

#### 21. Задание {{ 59 }} ТЗ № 59

В основу работы ... газоанализаторов положен метод, использующий зависимость электрического сопротивления терморезистора, помещенного в камеру с анализируемой газовой смесью и нагреваемого током, от теплопроводности окружающей терморезистор газовой смеси

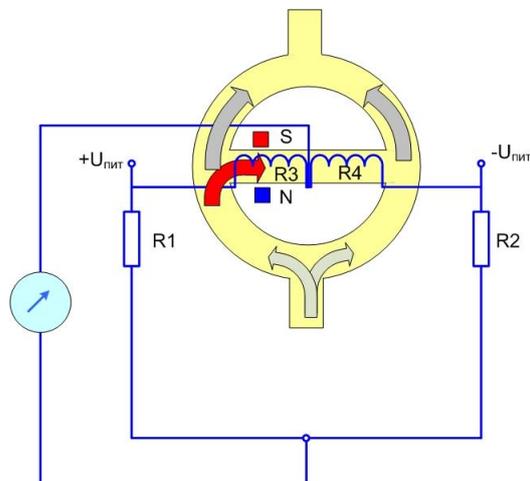
Правильные варианты ответа: термокондуктометрического; термокондуктометрический; термокондуктометрических;

#### 22. Задание {{ 60 }} ТЗ № 60

Схема ... газоанализатора



Правильные варианты ответа: термокондуктометрического; термокондуктометрический;  
**23. Задание {{ 61 }} ТЗ № 61**  
 Схема ... газоанализатора



Правильные варианты ответа: термомагнитного; термомагнитный;  
**Измерение температуры**

**24. Задание {{ 6 }} ТЗ № 6**  
 Приведено изображение ...



*Правильные варианты ответа:* манометрический термометр; манометрического термометра;

**25. Задание {{ 7 }} ТЗ № 7**

Приведено изображение



- термопары
- манометрического термометра
- пирометра
- термоэлектрического термометра
- термометра сопротивления

**26. Задание {{ 8 }} ТЗ № 8**

Температурная погрешность характерна для манометрических ... термометров

- газовых

- жидкостных
- конденсационных

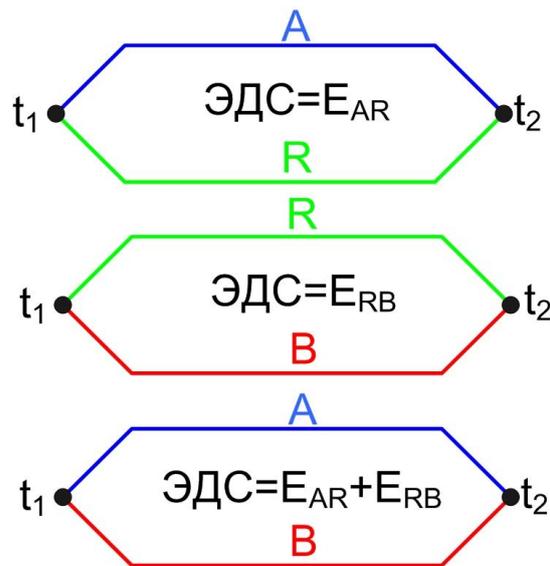
**27. Задание {{ 9 }} ТЗ № 9**

Гидростатическая погрешность характерна для ... манометрических термометров

- газовых
- жидкостных
- конденсационных

**28. Задание {{ 10 }} ТЗ № 10**

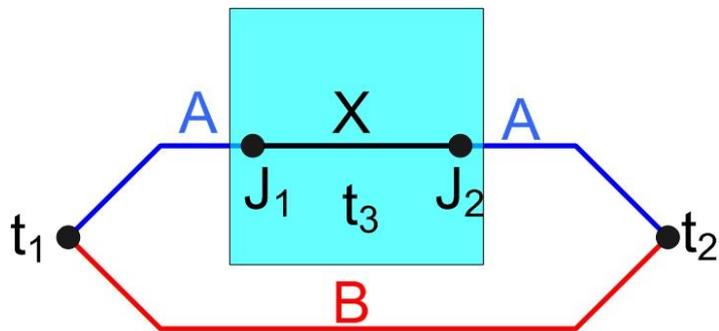
Если известны термоЭДС металлов А и В в паре с опорным металлом R, то термоЭДС пары А с В будет равна их ....



- разности
- сумме
- произведению
- частному

**29. Задание {{ 11 }} ТЗ № 11**

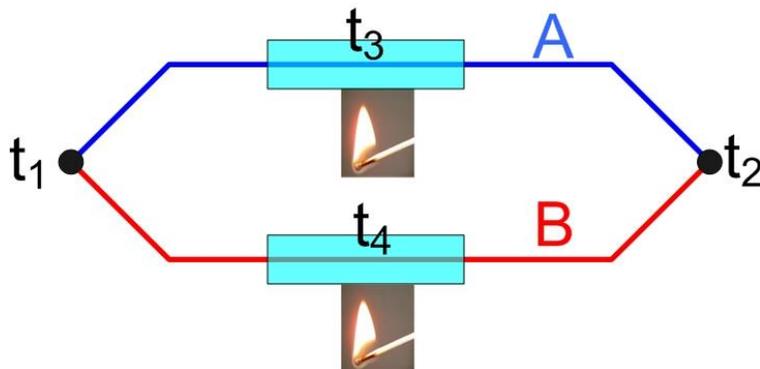
Если температура проводника X одинакова по всей длине, то результирующая термоЭДС цепи...



- увеличится
- уменьшится
- не изменится

**30. Задание {{ 12 }} ТЗ № 12**

ТермоЭДС определяется только ... температур в местах контакта различных проводников и не зависит от температурного градиента в однородном проводнике



- суммой
- разностью
- произведением
- частным от деления

**31. Задание {{ 13 }} ТЗ № 13**

Соответствие градуировки термопары и температурного интервала ее применения

Хромель алюмелевая ТХА	0...1100 граусов Цельсия, кратковременно до 1300
Хромель-копелевая ТХК	0...600 граусов Цельсия, кратковременно до 800
Платинородий - платиновая ТПП	0...1300 граусов Цельсия, кратковременно до 1600
Платинородий-платинородиевая ТПР	300...1600 граусов Цельсия, кратковременно до 1800
Вольфрам-рениевая ТВР	0...2200 граусов Цельсия, кратковременно до 2500

### 32. Задание {{ 14 }} ТЗ № 14

Соответствие термопары (по международному обозначению) температурному интервалу ее применения

Термопара типа N	0...1100 градусов Цельсия, кратковременно до 1300
Термопара типа S	0...1300 градусов Цельсия, кратковременно до 1600
Термопара типа L	0...600 градусов Цельсия, кратковременно до 800
Термопара типа B	300...1600 градусов Цельсия, кратковременно до 1800

### 33. Задание {{ 15 }} ТЗ № 15

Длительная работа термопар типа R,S,B (платиновых) возможна в ...

- окислительной среде
- восстановительной среде
- среде монооксида углерода
- нейтральной и восстановительной среде
- окислительной и восстановительной среде

### 34. Задание {{ 16 }} ТЗ № 16

Расположите термопары по мере увеличения максимальной измеряемой температуры

- 1: ТХК
- 2: ТНН
- 3: ТПП
- 4: ТПР
- 5: ВР

### 35. Задание {{ 17 }} ТЗ № 16[копия]

Расположите термопары по мере увеличения максимальной измеряемой температуры

- 1: Хромель-копелевая
- 2: Нихросил-нисиловая
- 3: Платинородий-платиновая
- 4: Платинородий-платинородиевая
- 5: Вольфрам-рениевая

### 36. Задание {{ 18 }} ТЗ № 16[копия]

Расположите термопары (по международной классификации) по мере увеличения максимальной измеряемой температуры

- 1: Термопара типа L
- 2: Термопара типа N
- 3: Термопара типа S
- 4: Термопара типа B

### 37. Задание {{ 19 }} ТЗ № 15[копия]

Длительная работа термопар типа K (по международной классификации) возможна в ...

- окислительной среде

- восстановительной среде
- среде монооксида углерода
- нейтральной и восстановительной среде
- окислительной и восстановительной среде

**38. Задание {{ 20 }} ТЗ № 15[копия]**

Длительная работа термопар типа N (по международной классификации) возможна в ...

- окислительной среде
- восстановительной среде
- среде монооксида углерода
- нейтральной и восстановительной среде
- окислительной и восстановительной среде

**39. Задание {{ 21 }} ТЗ № 21**

Основными материалами для изготовления чувствительных элементов термометров сопротивления служат ...

- медь
- никель
- железо
- платина
- хром
- серебро

**40. Задание {{ 22 }} ТЗ № 22**

Правильное измерение температуры возможно лишь при постоянстве ... свободных концов термопары

*Правильные варианты ответа:* температуры; температура;

**41. Задание {{ 23 }} ТЗ № 23**

Преимуществом измерения температуры бесконтактным способом является отсутствие искажения ... поля

*Правильные варианты ответа:* температурного; температура;

**42. Задание {{ 24 }} ТЗ № 24**

Верхний предел измерения температуры бесконтактным способом ...

- 1000 градусов Цельсия
- 1800 градусов Цельсия
- 5000 градусов Цельсия
- не ограничен

**43. Задание {{ 25 }} ТЗ № 25**

Соответствие свойства спектра излучения объекта и наименования пирометрического средства измерения температуры

Интегральная плотность излучения, описываемая для АЧТ законом Стефана-Больцмана	Пирометр полного излучения (радиационный пирометр)
Спектральная плотность излучения в ограниченном интервале длин волн	Пирометр частичного излучения
Спектральная плотность излучения в узком интервале, позволяющем применить закон Планка	Квазимонохроматический (яркостный или оптический) пирометр
Отношение плотности спектрального излучения в двух спектральных интервалах	Пирометр спектрального отношения (цветовой пирометр)
Отношение плотности спектрального излучения в трех и более спектральных интервалах	Пирометр спектрального отношения

**44. Задание {{ 26 }} ТЗ № 26**

Под цветовой температурой (в пирометрии) понимают температуру абсолютно черного тела, при которой отношение энергетических яркостей при двух длинах волн равно ... соответствующих спектральных плотностей излучения физического тела

*Правильные варианты ответа:* отношению; отношению;

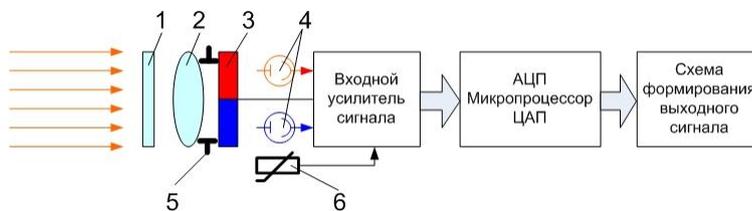
**45. Задание {{ 27 }} ТЗ № 27**

Температура реального тела, измеренная пирометром излучения, всегда ... его истинной температуры

*Правильные варианты ответа:* меньше; менее;

**46. Задание {{ 28 }} ТЗ № 28**

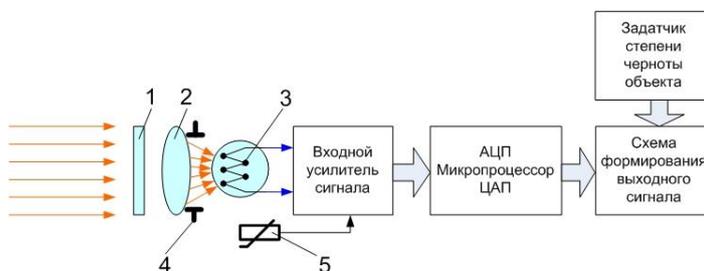
На рисунке показан принцип действия пирометра ... ..



*Правильные варианты ответа:* спектрального отношения; спектральное отношение; цветовой; цветовой;

**47. Задание {{ 29 }} ТЗ № 29**

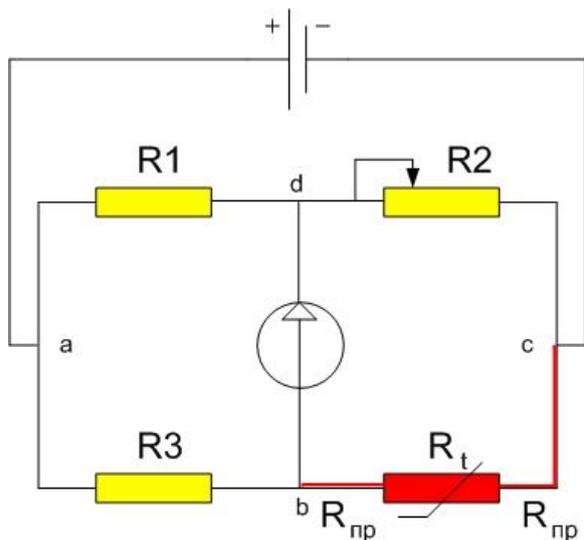
На рисунке показан принцип действия пирометра ... ..



Правильные варианты ответа: полное излучение; полное излучение; радиационного; радиационный;

**48. Задание {{ 30 }} ТЗ № 30**

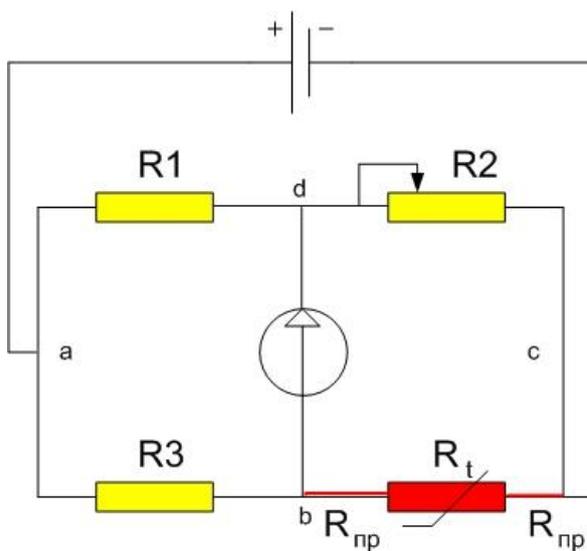
Подключение термометра сопротивления по ...



- двухпроводной схеме
- трехпроводной схеме
- четырехпроводной схеме

**49. Задание {{ 31 }} ТЗ № 31**

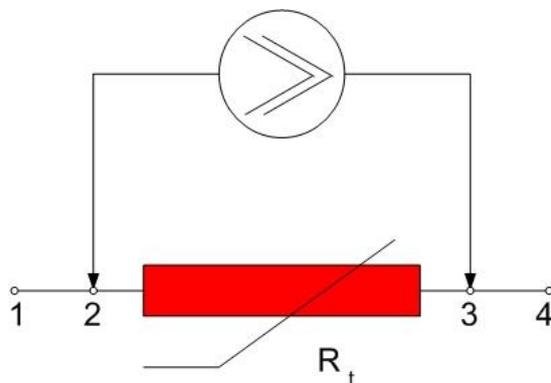
Подключение термометра сопротивления по ...



- двухпроводной схеме
- трехпроводной схеме
- четырехпроводной схеме

**50. Задание {{ 32 }} ТЗ № 32**

Подключение термометра сопротивления по ...



- двухпроводной схеме
- трехпроводной схеме
- четырехпроводной схеме

**51. Задание {{ 33 }} ТЗ № 33**

На показания термометра сопротивления не влияет сопротивление подводящих проводников при подключении по ...

- двухпроводной схеме
- трехпроводной схеме
- четырехпроводной схеме

**Измерение уровня**

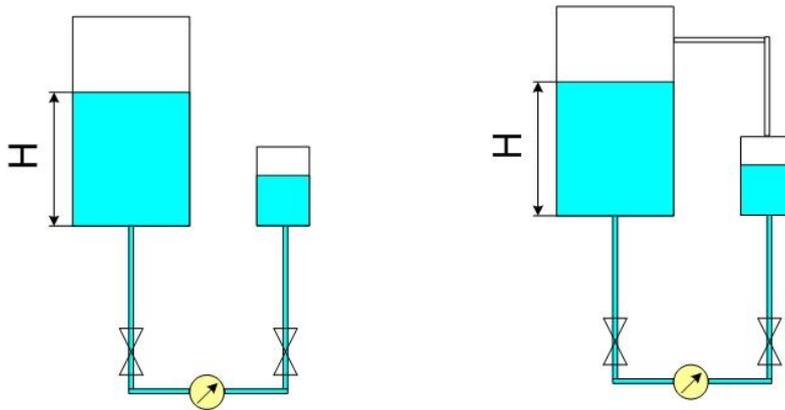
**52. Задание {{ 43 }} ТЗ № 43**

В ..... уровнемерах измерение уровня жидкости постоянной плотности сводится к измерению давления, создаваемого столбом жидкости

- поплавковых
- буйковых
- гидростатических
- ультразвуковых

**53. Задание {{ 44 }} ТЗ № 44**

Принцип действия ..... уровнемера



*Правильные варианты ответа:* гидростатического; гидростатический;

**54. Задание {{ 45 }} ТЗ № 45**

Принцип работы ..... уровнемера - бесконтактное измерение расстояния до уровня раздела сред при помощи линейного частотно-модулированного непрерывного излучения (FMCW) в гигагерцовом диапазоне

- поплавкового
- буйкового
- электрического
- ультразвукового
- радарного

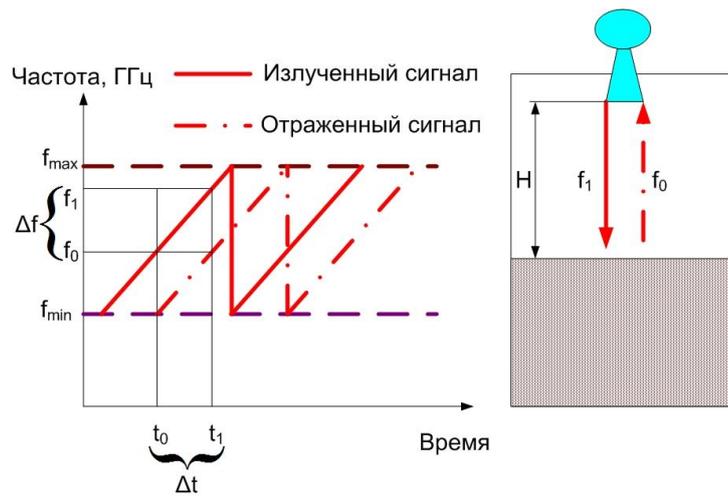
**55. Задание {{ 46 }} ТЗ № 46**

Принцип действия ... сигнализаторов уровня основан на замыкании электрической цепи источника питания через контролируемую среду

*Правильные варианты ответа:* омических; омический;

**56. Задание {{ 47 }} ТЗ № 47**

Принцип работы ..... уровнемера



*Правильные варианты ответа:* радарный; радарного;

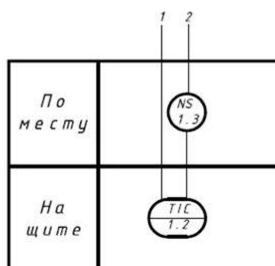
### САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 3

**Тема: Типовые узлы систем автоматического регулирования металлургических агрегатов**

*Задание 1* Осуществить комплектацию предложенной схемы узла автоматического регулирования

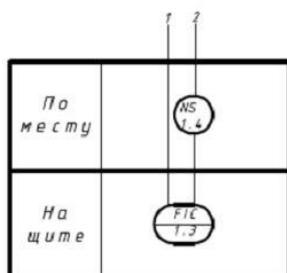
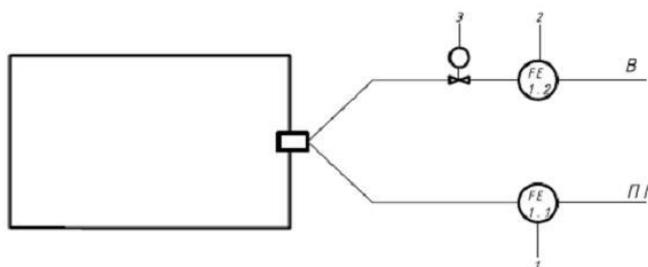
#### Типовые узлы системы автоматического регулирования

Узел контроля температуры в рабочем пространстве печи.



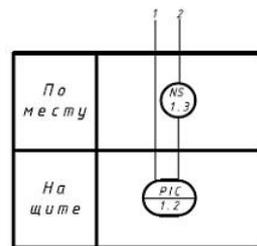
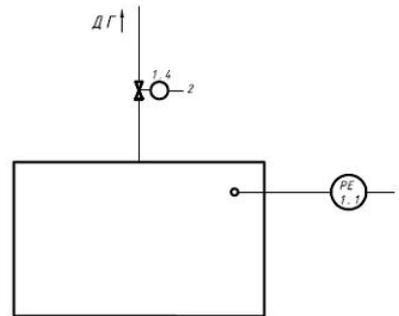
#### Типовые узлы системы автоматического регулирования

Контроль соотношения расходов потоков газообразных сред



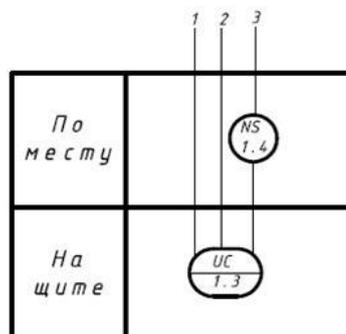
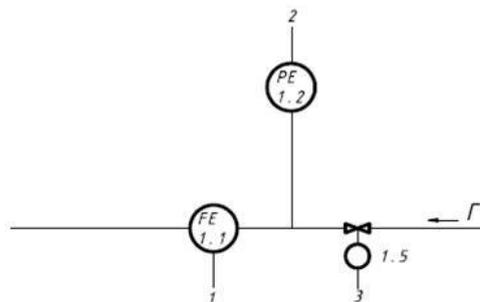
## Типовые узлы системы автоматического регулирования

Контроль давления в рабочем пространстве печи



## Типовые узлы системы автоматического регулирования

Контроль давления и расхода газа в трубопроводе



## Типовые узлы системы автоматического регулирования

Управление работой дымососов по тракту продуктов сгорания

