

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

---

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

---

Н.С. ДОЛБИКОВА, Л.М. ЗАХАРОВА, А.В. КУЗНЕЦОВА

ИСПЫТАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ  
ДАВЛЕНИЯ

Лабораторная работа № 21

Методическое пособие  
по курсам:  
«Метрология, стандартизация и сертификация»,  
«Технические измерения и приборы»

---

для студентов, обучающихся по направлению  
«Теплоэнергетика»

Под редакцией Г.М.Ивановой

УДК  
621.1.  
Д 64

*Утверждено учебным управлением МЭИ (ТУ)*

Подготовлено на кафедре автоматизированных систем управления тепловыми процессами

Рецензент: докт. техн. наук, профессор А.В.Андрюшин,

**Долбикова Н.С., Захарова Л.М., Кузнецова А.В.**

Д 64 «Испытания измерительных преобразователей давления

Лабораторная работа» № 21: методическое пособие/

Долбикова Н.С., Захарова Л.М., Кузнецова А.В.

под ред. Г.М. Ивановой.- М.:

Издательский дом МЭИ, 2011.- 12с

Посвящена изучения преобразователей давления с силовой компенсацией. При выполнении лабораторной работы студенты знакомятся с электрическими и пневматическими преобразователями давления и вторичными приборами, приобретают навыки работы с ними.

Продолжительность лабораторных занятий – 4 часа.

Предназначено для студентов ИТАЭ, ИПЭЭФ, ЭнМИ.

Учебное издание  
**Долбикова** Нина Сергеевна,  
**Захарова** Людмила Михайловна,  
**Кузнецова** Анна Викторовна

ИСПЫТАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДАВЛЕНИЯ  
Лабораторная работа № 21

Методическое пособие по курсам:  
«Метрология, стандартизация и сертификация»,  
«Технические измерения и приборы»  
для студентов, обучающихся по направлению  
«Теплоэнергетика»

Редактор издательства

---

Темплан издания МЭИ 2011 ( ), учебн. Подписано в печать

Печать офсетная Формат 60х84/16 Физ.печ. л. 0,75

Тираж 100 экз

Изд. №

Заказ

—

---

Издательство МЭИ, 111250, Москва, Красноказарменная ул., д.14.

Отпечатано в ООО «Типография-Н», 141292, Московской обл.,

Г. Красноармейск, просп. Испытателей, д.25/2

## **1. НАЗНАЧЕНИЕ РАБОТЫ**

Целью работы является закрепление теоретических знаний студентов по разделам «Общие вопросы метрологии» и «Измерение давления, уровня и расхода».

В процессе выполнения работы студент должен:

1.1. Изучить принцип действия преобразователей давления с силовой компенсацией.

1.2. Научиться измерять давление и ознакомиться со способами представления результатов измерения вторичными приборами.

1.3. Оценить погрешности преобразователей в различных точках диапазона измерения.

К работе можно приступать после проработки настоящего руководства, изучения устройства приборов и гл. 2.3; и 10.4 учебника Ивановой Г.М., Кузнецова Н.Д., Чистякова В.С. «Теплотехнические измерения и приборы». М.: Изд-во МЭИ, 2005 г.

## **2. ЗАДАНИЕ**

2.1. Изучить методы дистанционной передачи информации на расстояние электрическими и пневматическими преобразователями давления с силовой компенсацией, ознакомиться с устройством первичных преобразователей.

2.2. Ознакомиться со схемой установки, размещением приборов на лабораторном стенде, обязательной формой протокола.

2.3. Провести работу в последовательности, изложенной в разделе 4, «Методика и порядок проведения работы».

2.4. Оформить результаты испытаний преобразователей по приведенным в Приложениях 1, 2 формам.

2.5. Оформить отчет по проделанной работе.

## **3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА**

Лабораторный стенд состоит из двух частей: одна для работы с электрическим преобразователем, другая – с пневматическим преобразователем.

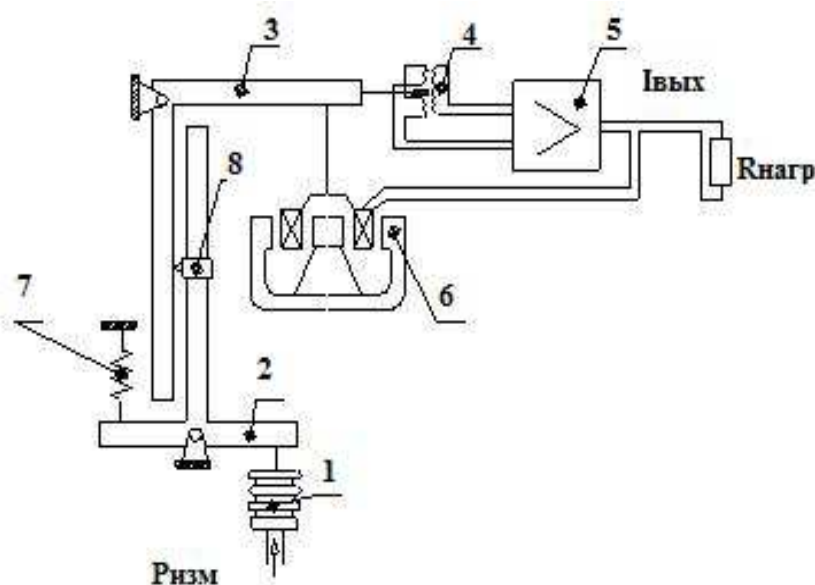
Принципиальная схема лабораторного стенда приведена на рис.1.

На левой части стенда установлен измерительный преобразователь с электрическим выходным сигналом типа МС-Э1 с пределами измерения 0-0,6 кгс/см<sup>2</sup>. Этот прибор работает с усилителем 2 типа УП-20, имеющего нормированный токовый сигнал постоянного тока (0 - 5) мА. К измерительному преобразователю МС-Э1 подключён вторичный прибор – миллиамперметр 3 класса 1,0; а также образцовый прибор 4, измеряющий

В правой части стенда установлен измерительный преобразователь типа МС-П1 с пневматическим выходным сигналом с пределами измерения  $(0 - 1) \text{ кгс/см}^2$ . К измерительному преобразователю МС-П1 подключён вторичный показывающий и самопишущий прибор 8 типа ПВ 4.2Э класса 1,0, а также образцовый манометр 9 типа МО для контроля выходного пневматического сигнала  $(0,2 - 1) \text{ кгс/см}^2$ .

Образцовый манометр 6 имеет пределы измерения 0-1,0 кгс/см<sup>2</sup>  
класс точности – 0,4.





**Рис. 2.**

Принципиальная схема измерительного преобразователя МС-Э1

1 – чувствительный элемент; 2 – Т-образный рычаг; 3 – Г-образный рычаг; 4 – индикатор рассогласования; 5 – усилитель; 6 – устройство обратной связи; 7 – корректор; 8 – элемент настройки.

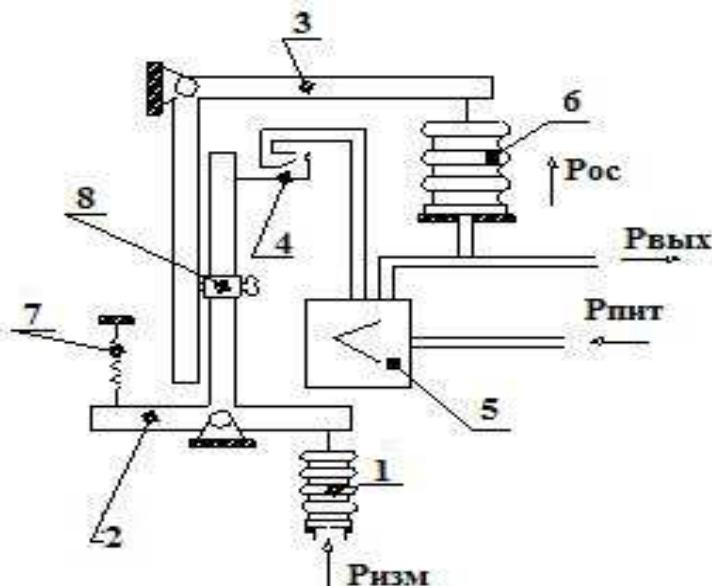
#### **4. ПОРЯДОК И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ**

4.1. Тумблером 11 подать напряжение питания стенда. Пневмотумблером 12 подключить прибор МС-Э1 к воздушной линии.

4.2. Испытать работоспособность измерительного преобразователя МС-Э1 и вторичного прибора. Для этого при закрытом клапане  $P_{вх}$ , редуктор входа 5 повернуть в направлении « $P_{вх}$ . меньше». Попросить преподавателя или кого-то из персонала лаборатории включить компрессор. При включенном клапане  $P_{вх}$ . плавно при помощи редуктора 5 установить по манометру 6 расчетное давление. Расчет входного давления, соответствующего оцифрованным отметкам шкалы  $I_i$  вторичного прибора – миллиамперметра от 0 до 5 мА производим по формуле:  $P_{вх.р} = (P_k / I_k) \cdot I_i$ , где  $P_k = 0,6 \text{ кгс/см}^2$ , а  $I_k = 5 \text{ мА}$ . Значение выходного сигнала  $U_i$  измеряется образцовым потенциометром ПП-63, а вычисленное значение  $I_{di} = U_i / 2,5$  вносим в графу протокола испытаний Приложение 2. Опыт повторяем при плавном понижении давления (обратный ход).

4.3. Испытать работоспособность измерительного преобразователя МС-П1 (7) и вторичного прибора ПВ 4.2Э (8). Для этого отключить тумблер 12 и при помощи тумблера 13 подключить преобразователь МС-П1 к воздушной линии. Редуктором 10 установить питание прибора МС-П1 -  $P_{пит}$ , равное  $1,4 \text{ кгс/см}^2$ . При помощи редуктора 5 подается на вход

преобразователя МС-П1 давление, величина которого соответствует оцифрованным отметкам от 0 до 100% вторичного прибора ПВ 4.2Э. Значение входного давления  $P_{вх.i}$  контролируется манометром 6 и вносятся в соответствующие графы протокола испытаний Приложения 3.



**Рис. 3.**

Принципиальная схема измерительного преобразователя МС-П1

1 – чувствительный элемент; 2 –Т-образный рычаг; 3- Г-образный рычаг; 4 – индикатор рассогласования; 5 – усилитель; 6 – устройство обратной связи ; 7 – корректор;8- элемент настройки.

значение выходного сигнала  $P_{вых.id}$  контролируется образцовым манометром 9 и вносится в соответствующие графы протокола испытаний Приложения 3.  $P_{вых.р.}$  расчетное определяется по соотношению:  $P_{вых.р.} = 0,2 + 0,8 P_{вх.i} / P_k$ , где  $P_{вх.i} = 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1 \text{ кгс/см}^2$ , а  $P_k = 1 \text{ кгс/см}^2$ . Опыт повторяем при плавном понижении давления (обратный ход).

4.4. Оценить погрешности преобразователей при однократном измерении давления в каждой испытываемой точке диапазона преобразования. Если погрешность не превышает допускаемых значений, то измерительный преобразователь считается работоспособным.

## 5. ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

Отчет по работе должен включать:

- 1.Краткое описание и принципиальную схему установки.
- 2.Протоколы испытаний двух преобразователей.
- 4.Анализ результатов испытаний.

## **6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1.Краткая характеристика преобразователей давления с силовой компенсацией. В чём принципиальное отличие их от преобразователей других видов?

2.Чем достигается стабилизация статической характеристики преобразователей давления с силовой компенсацией?

3.Область применения преобразователей давления с силовой компенсацией с пневматическим выходным сигналом.

4.Какие требования предъявляются к качеству воздуха в системе питания преобразователя с пневматическим выходным сигналом?

5.Каковы причины широкого использования в качестве выходного сигнала преобразователей токового унифицированного сигнала постоянного тока





## Приложение 3

### Описание потенциометра ПП-63

Потенциометр класса 0,05 служит для непосредственного измерения ЭДС и напряжений, а также для поверки в рабочих условиях технических термопар и их вторичных устройств: нормирующих преобразователей, пирометрических милливольтметров и автоматических потенциометров. Схема потенциометра представлена на рис.1.

ПП-63 может работать в трех режимах: только измерения сигнала  $X$ , только источника сигнала как ИРН и при поверке приборов как источник сигнала с его одновременным измерением. В этом режиме работает потенциометр при поверке нормирующего преобразователя. В рекомендованной литературе [1] принцип действия потенциометра постоянного тока подробно рассмотрен.

В данном потенциометре при работе в режиме поверка ИПМ первоначально с помощью ручек 11,12 устанавливается градуировочное значение сигнала, причем секционным резистором 11 устанавливается сигнал с шагом 2мВ, а реохордом 12 в пределах 2 мВ. Такой компенсирующий сигнал имеет место при положении переключателя 10 «50 мВ», а штекера 15 в гнезде  $x_1$ . Если переключатель 10 установлен в положениях 25 или 100 мВ, то штекер 15 должен находиться соответственно в положениях  $x_{0,5}$  и  $x_2$ . Показания потенциометра 13,14 должны быть умножены в первом случае на 0,5, а во втором случае на 2. После установки  $E_{zp}(t_3,0)$  при нажатой кнопке «грубо» устанавливается изменением положения ручки 9 «Напряжение» сигнал, при котором стрелка гальванометра 6 установится на нуль. Затем производится более точная балансировка цепи на отсутствие тока при нажатии кнопки «точно». После выполнения этой операции на выходе потенциометра установлено напряжение, равное  $E_{zp}(t_3,0)$ .

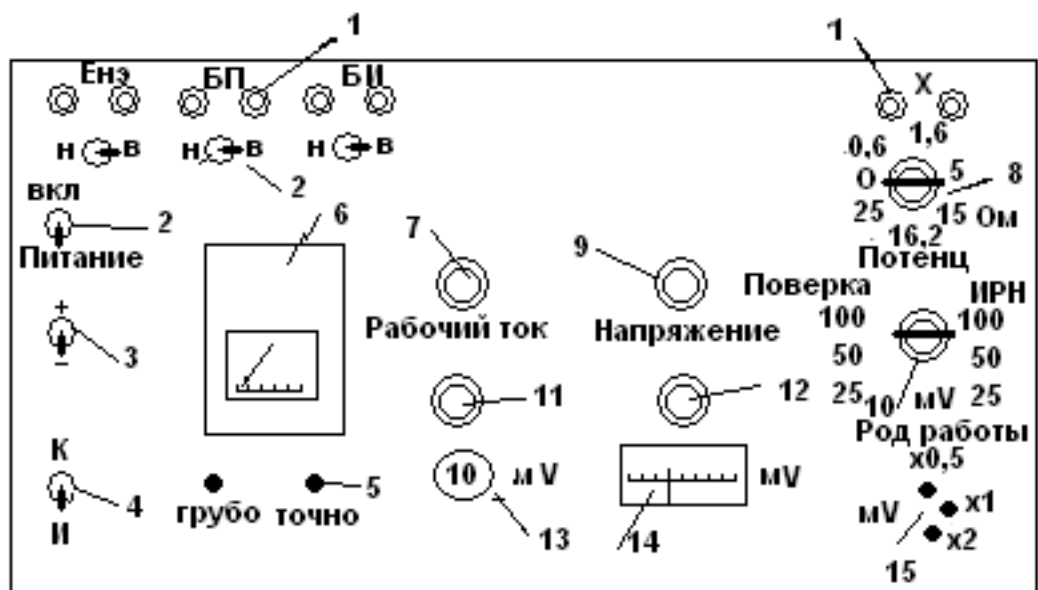


Рис.3 Внешний вид потенциометра ПП-63

1- клеммы подключения измеряемого сигнала Х, внешнего нормального элемента Енэ, батареи питания потенциометра БП, батареи источника напряжения БИ; 2- тумблеры включения питания, наружных или внутренних источников сигнала; 3 – тумблеры изменения полярности компенсирующего сигнала; 4 – тумблеры выполнения операций контроля рабочего тока К или измерения И; 5 – кнопки подключения гальванометра; 6, 7 – реостат установки рабочего тока; 8 – последовательно включенное сопротивление; 9 – реостат установки выходного напряжения; 10 – переключатель рода работы; 11, 12 – измерительное сопротивление; 13 – секционное сопротивление; 14 - реохорд; 15 – штекеры переключения масштаба измерительного сопротивления

# Приложение 1

Протокол испытания преобразователя  
давления МС – Э1.

Преобразователь давления:

Тип \_\_\_\_\_ предел измерения \_\_\_\_\_ величина выходного сигнала \_\_\_\_\_ класс точности \_\_\_\_\_

| I,мА | Рвх<br>(расч),<br>кгс/см <sup>2</sup> | Рвх,<br>дел. | Uвых,мВ    |                 | Iвых= Uвых/Rн |                 | Погрешность, мА |                 |
|------|---------------------------------------|--------------|------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|      |                                       |              | Прямой ход | Обратный<br>ход | Прямой ход    | Обратный<br>ход | Прямой ход      | Обратный<br>ход |
| 0    |                                       |              |            |                 |               |                 |                 |                 |
| 1    |                                       |              |            |                 |               |                 |                 |                 |
| 2    |                                       |              |            |                 |               |                 |                 |                 |
| 3    |                                       |              |            |                 |               |                 |                 |                 |
| 4    |                                       |              |            |                 |               |                 |                 |                 |
| 5    |                                       |              |            |                 |               |                 |                 |                 |

## Приложение 2

Протокол испытания преобразователя  
давления МС – П1.

Преобразователь давления:

Тип \_\_\_\_\_ предел измерения \_\_\_\_\_ величина выходного сигнала \_\_\_\_\_ класс точности \_\_\_\_\_

| % шкалы | Рвх, кгс/см <sup>2</sup> | Рвых (расч), кгс/см <sup>2</sup> | Рвых, кгс/см <sup>2</sup> |              | ПВ 4.3Э, % шкалы |              | Погрешность               |                  |
|---------|--------------------------|----------------------------------|---------------------------|--------------|------------------|--------------|---------------------------|------------------|
|         |                          |                                  | Прямой ход                | Обратный ход | Прямой ход       | Обратный ход | МС-П, кгс/см <sup>2</sup> | ПВ 4.3Э, % шкалы |
| 0       |                          |                                  |                           |              |                  |              |                           |                  |
| 20      |                          |                                  |                           |              |                  |              |                           |                  |
| 40      |                          |                                  |                           |              |                  |              |                           |                  |
| 60      |                          |                                  |                           |              |                  |              |                           |                  |
| 80      |                          |                                  |                           |              |                  |              |                           |                  |
| 100     |                          |                                  |                           |              |                  |              |                           |                  |

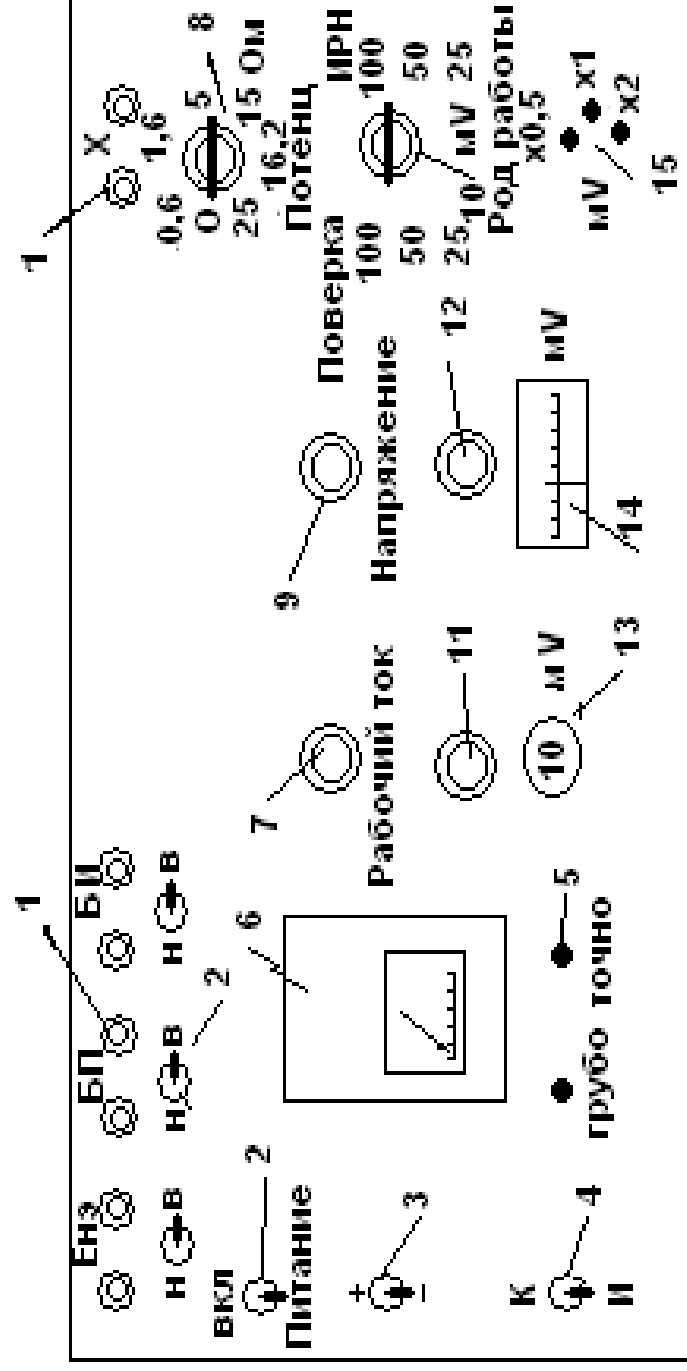


Рис.3. Внешний вид потенциометра ПП-63

1-клеммы подключения измеряемого сигнала X, внешних нормального элемента EN3, батареи EN2, батареек EN1, 2-тумблеры включения питания, 3-тумблер изменения полярности источника или внутренних источников сигнала, 4-тумблер выполнения операций контроля рабочего тока K или измерения И, 5-кнопки подключения гальванометра 6, 7-реостат установки рабочего тока, 8-последовательно включенное сопротивление, 9-реостат установки выходного напряжения, 10-переключатель рода работ, 11, 12-измерительное сопротивление, 13-секционное, 14-реохорд, 15-штекеры переключения масштаба измерительного сопротивления