

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Ю.К. Атрошенко, Е.В. Кравченко

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И  
ПОВЕРКА ТЯГОНАПОРОМЕРОВ**

Издательство  
Томского политехнического университета  
2014

УДК 006 (076.6)  
ББК30.10я73  
А927

**Атрошенко Ю.К.**

Исследование метрологических характеристик и поверка тягонапомеров. Методические указания к выполнению лабораторных работ / Ю.К. Атрошенко, Е.В. Кравченко; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 12 с.

В пособии приведены сведения о тягонапомерах, показан ход выполнения лабораторной работы. Лабораторная работа содержит индивидуальные варианты заданий. Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлениям 140100 (13.03.01) «Теплоэнергетика и теплотехника» и 141100 (13.03.03) «Энергетическое машиностроение».

**УДК 006 (076.6)**  
**ББК30.10я73**

*Рецензенты*

Доктор технических наук, профессор ТГАСУ

*Мамонтов Г.Я.*

Доцент ФГОУ ДПО «Академия стандартизации, метрологии и сертификации (учебная)»

*Волошенко А.В.*

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2014  
© Атрошенко Ю.К., Кравченко Е.В.  
© Обложка. Издательство Томского политехнического университета, 2014

Цель работы заключается в изучении принципа действия тягонапорометров, их метрологических характеристик и методики поверки, получении практических навыков выполнения процедуры поверки.

Задачами лабораторной работы являются:

- ознакомление с конструкцией и принципом действия тягонапорометров;
- экспериментальное определение метрологических характеристик тягонапорометра;
- проведение поверки тягонапора.

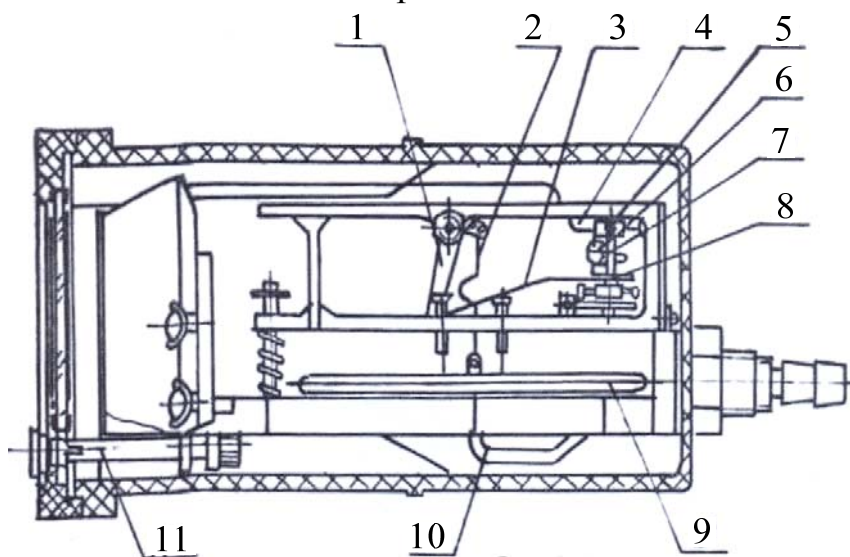
### Поверка тягонапорометров

В зависимости от назначения приборы для измерения напора/тяги делятся на следующие основные группы:

Напорометры – предназначены для измерения небольшого избыточного давления (напора), как правило, не превышающего +40 кПа;

Тягомеры – предназначены для измерения небольшого вакуумметрического давления (тяги), как правило, не превышающим -40 кПа.

Тягонапорометры – предназначены для измерения вакуумметрического и избыточного давлений в пределах от -40 кПа до +40 кПа.



*Рис. 1. Устройство мембранного тягомера:*

*1 – рычаг; 2,3 – тяга; 4 – стрелка; 5,6,11 – винты; 7 – ось; 8 – шибер; 9 – мембранная коробка; 10 – трубка*

Тягомеры служат для измерения разрежения или давления газа в топках, газоходах и воздухопроводах котельных установок и разделяются на жидкостные стеклянные простые, дифференциальные и мембранные.

Простые тягомеры применяют для измерения разрежений в топке или за котлом, а дифференциальные – для измерения сопротивлений газоходов котла.

Принцип работы тягонапоромеров основаны на уравнивании измеряемого давления силами упругой деформации чувствительного элемента. Конструкция мембранного тягонапоромера представлена на рисунке 1. Измеряемое давление (разрежение) подводится к штуцеру, соединенному с внутренней полостью мембранной коробки 9 трубкой 10. Изменение давления вызывает перемещение жесткого центра верхней мембраны, которое тягой 2 передается на рычаг 1 и далее через тягу 3 на ось 7 стрелки 4.

При выполнении поверки выполняется общий осмотр, проверка положения стрелки у нулевой отметки шкалы, определение основной погрешности и вариации приборов. Для поверки применяются образцовые грузопоршневые манометры, задатчики давления и др. Основная абсолютная погрешность прибора определяется как разность между показаниями прибора и действительным значением давления по образцовому прибору. Поверку приборов производят одним из способов:

- заданное значение устанавливают по образцовому прибору, а показания отсчитывают по поверяемому;
- стрелку поверяемого прибора устанавливают на проверяемую отметку шкалы, а действительное давление отсчитывают по образцовому прибору.

Число проверяемых отметок шкалы для приборов класса точности 0,6 должно быть не менее 8, класса точности 1; 1,5 и 2,5 – не менее 5. При этом проверяемые точки должны быть равномерно распределены в пределах всей шкалы. Для тягонапоромеров в число проверяемых точек должна входить отметка, соответствующая нулевому значению.

### **Описание лабораторной установки**

Поверка тягонапоромеров осуществляется с помощью калибратора давления Элемер-ПКДС-210. Калибратор включает в себя задатчик давления – ручную помпу типа PV-411P. Давление в помпе создается при помощи механизма ножничного типа. Для точного задания давления предусмотрен регулятор. Винт регулятора имеет малое сопротивление вращению и обеспечивает плавное изменение давления. При использовании воздуха в качестве рабочей среды диапазон создания давления составляет -0,095...6 МПа, при использовании в качестве рабочей среды масла или воды, диапазон создания давления составляет 0...70 МПа.

К помпе одновременно подсоединяются поверяемый и эталонный датчики давления и давление, создаваемое помпой, подается одновременно на оба прибора. Сравнение показаний приборов позволяет определить погрешность поверяемого датчика.

В качестве эталонного датчика используется эталонный преобразователь давления типа ПДЭ-010 с диапазоном измерений давлений - 100...600 кПа. Эталонный преобразователь подключается к калибратору-измерителю эталонному типа ИКСУ-260L для индикации показаний измеренных значений давления. Схема подключения приведена на рисунке 2.

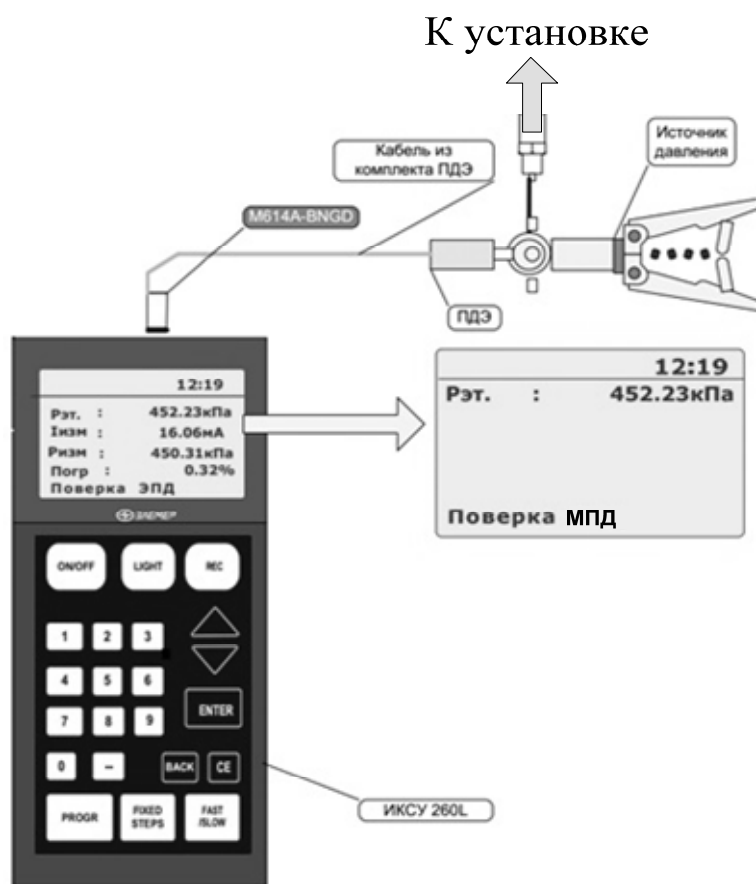
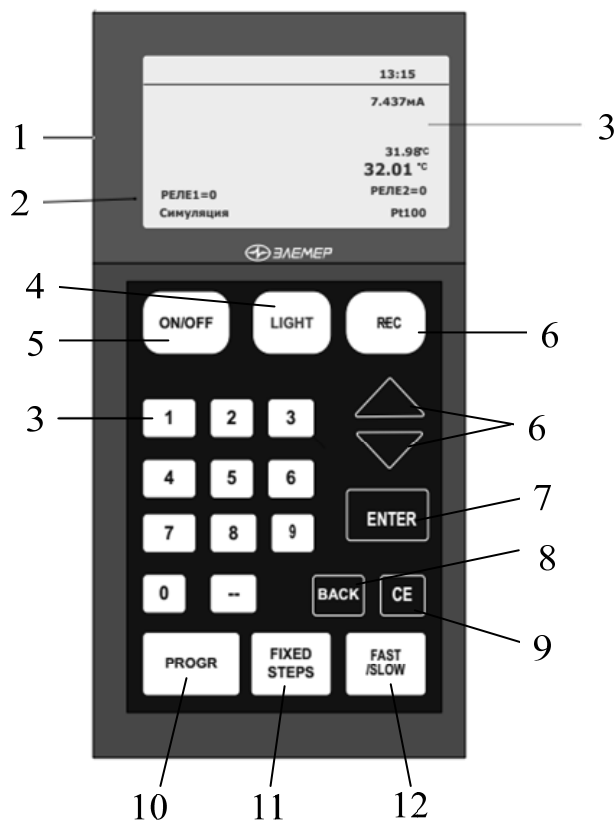


Рис. 2. Схема подключений эталонного и поверяемого преобразователей давления

Вид лицевой панели калибратора ИКСУ-260L показан на рис. 3.



*Рис. 3. Устройство мембранного тягомера:*

*1 – корпус; 2 – лицевая панель; 3 – ЖК-дисплей; 4 – кнопка включения/выключения подсветки дисплея; 5 – кнопка включения/выключения прибора; 6 – начало/остановка записи в архив; 7 – кнопка подтверждения выбранного пункта меню/ ввод числа; 8 – возврат на предыдущий уровень меню; 9 – сдвиг числа вправо; 10 – программирование «горячей» кнопки; 11 – переход к следующему запрограммированному значению; 12 – кнопка включения/выключения «быстрого» режима автоповтора*

Поверяемые приборы находятся на щите и имеют порядковые номера. Для выбора поверяемого датчика необходимо повернуть указатель, расположенный слева в нижней части щита и установить его в положение, соответствующее порядковому номеру выбранного датчика.

### **Порядок выполнения работы**

1. Для экспериментального определения метрологических характеристик установить переключатель (расположен в левом нижнем углу установки) в положение, соответствующее поверяемому датчику давления.
2. Включить калибратор ИКСУ-260L, нажав кнопку 5 (рис. 3).
3. Нажать кнопку 8 для входа в Главное меню.

4. В Главном меню войти в режим «Поверка ПД», нажать кнопку 7.
5. В Меню «Поверка ПД» выбрать «Механический ПД», нажать кнопку 7.
6. В появившемся меню выбрать единицы измерения, соответствующие единицам измерения поверяемого датчика давления, нажать кнопку 7.
7. С помощью ручной помпы плавным движением подать в систему давление так, чтобы стрелка поверяемого прибора устоялась на отметку шкалы  $p_1$  (см. табл. 1).
8. В протокол поверки (Приложение 1) занести значения давления (разрежения), полученные с помощью поверяемого (первый столбец) и эталонного (второй столбец) датчика.
9. Повторить п. 7-8, увеличивая подаваемое давление (прямой ход), заполнить второй столбец протокола поверки.
10. Повторить п.7-8, уменьшая давление (обратный ход), заполнить третий столбец протокола поверки.

Таблица 1

*Варианты индивидуальных заданий*

№ вар.	№ приб.	$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_4$	$p_5$	$p_6$
1	1	-25	-20	-15	-10	-5	0
2	2	0	5	10	15	20	25
3	3	0	8	16	24	32	40
4	4	0	5	10	15	20	25
5	5	0	8	16	24	32	40
6	6	-20	-10	0	5	15	20
7	7	-20	-15	-5	0	10	20
8	3	0	10	15	25	35	40
9	4	0	5	8	18	23	25
10	5	0	5	12	22	32	40

**Порядок обработки экспериментальных данных**

1. Вычислить предел допускаемой основной абсолютной погрешности по формуле:

$$\Delta_{\text{дон}} = \pm \gamma \cdot \frac{X_{\text{ен}} - X_{\text{ин}}}{100}. \quad (1)$$

2. Вычислить предел допускаемой вариации показаний прибора по формуле:

$$V_{\text{дон}} = \pm \gamma \cdot \frac{X_{\text{ен}} - X_{\text{ин}}}{100}. \quad (2)$$

где  $X_{\text{вп}}$ ,  $X_{\text{нп}}$  – верхний и нижний предел измерений поверяемого прибора, кПа (кгс/см<sup>2</sup>);  $\gamma$  – предел допускаемой основной приведенной погрешности прибора, %.

3. Рассчитать абсолютные погрешности показаний прибора для каждого значения при прямом  $\Delta_1$  и обратном  $\Delta_2$  ходе и вариацию  $V$  прибора по формулам:

$$\begin{aligned}\Delta_1 &= X_0 - X_{\text{нх}}; \\ \Delta_2 &= X_0 - X_{\text{ох}}; \\ V &= |X_{\text{нх}} - X_{\text{ох}}|.\end{aligned}\tag{3}$$

где  $X_0$  – значение давления (разрежения), соответствующее показаниям прибора (табл. 1);  $X_{\text{нх}}$  и  $X_{\text{ох}}$  – значения давления (разрежения), соответствующие показаниям эталонного прибора при прямом и обратном ходе, кПа (кгс/см<sup>2</sup>).

4. Сравнить максимальные значения основной абсолютной погрешности и вариации прибора с пределами допускаемых основной абсолютной погрешности и вариации. Если выполняются условия:

$$\begin{aligned}|\Delta_{\text{max}}| &\leq \Delta_{\text{дон}}; \\ V_{\text{max}} &\leq V_{\text{дон}},\end{aligned}\tag{4}$$

то метрологические характеристики прибора соответствуют его паспортным данным и в протоколе поверки делают запись «Прибор годен для измерений». Если одно из условий не соблюдается, то метрологические характеристики прибора не соответствуют его паспортным данным и в протоколе поверки делают запись «Прибор не годен для измерений».

### Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- 1) теоретические сведения о мембранных тягонапоромерах;
- 2) описание лабораторной установки;
- 3) порядок проведения лабораторной работы;
- 4) порядок обработки экспериментальных данных;
- 5) протокол поверки;
- 6) ответы на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы

1. Для чего на практике используются тяго- и напоромеры?
2. В чем заключается отличие тягомеров и напоромеров?



3. Что является чувствительным элементом поверяемых приборов?
4. Что называется поверкой средства измерения?
5. Запишите формулы для определения абсолютной, относительной и приведенной погрешностей средства измерений.
6. Как называется погрешность, которой обладает измерительное устройство, если при его поверке полученные значения вариации не равны нулю?

# Приложение 1

Протокол № \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ Г.

поверки \_\_\_\_\_, принадлежащего \_\_\_\_\_ .  
(наименование устройства) (наименование организации)

Тип \_\_\_\_\_, № \_\_\_\_\_. Пределы измерений \_\_\_\_\_, класс точности \_\_\_\_\_.

Образцовые приборы: \_\_\_\_\_  
(тип, номер)

\_\_\_\_\_ (пределы измерений, класс точности)

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНОЙ ПОГРЕШНОСТИ И ВАРИАЦИИ

Показания поверяемого прибора	Отсчет по рабочему эталону		Абсолютная погрешность прибора		Вариация показаний прибора
	Прямой ход	Обратный ход	Прямой ход	Обратный ход	

Наибольшая погрешность прибора \_\_\_\_\_ (ед. изм.)

Допускаемая погрешность прибора \_\_\_\_\_ (ед. изм.)

Наибольшая вариация показаний прибора \_\_\_\_\_ (ед. изм.)

Допускаемая вариация показаний прибора \_\_\_\_\_ (ед. изм.)

Вывод: \_\_\_\_\_  
(прибор годен/ не годен для измерений)

Учебное издание

АТРОШЕНКО Юлиана Константиновна  
КРАВЧЕНКО Евгений Владимирович

Подписано к печати 12.11.2013. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».  
Печать XEROX. Усл.печ.л. 9,01. Уч.-изд.л. 8,16.  
Заказ . Тираж 5 экз.


Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Система менеджмента качества

Издательства Томского политехнического университета сертифицирована

NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, [www.tpu.ru](http://www.tpu.ru)