

Лабораторная работа N 3

Протокол измерений

Ввод экспериментальных данных.

Серия 1

Количество измерений, n

$ORIGIN \equiv 1$ $n := 7$
 $i := 1 .. n$

$B := 760$ мм рт. ст. Температура воздуха $t := 24$ °C

P - давление (локальное, избыточное) поршневого манометра, кгс/см², считанное с грузов

p - давление (локальное, избыточное) пружинного манометра, деления, считанное по шкале

P - давление поршневого манометра

p - давление пружинного манометра

$P := \begin{pmatrix} 70 \\ 90 \\ 110 \\ 130 \\ 150 \\ 170 \\ 190 \end{pmatrix}$	кгс/см ²	$p := \begin{pmatrix} 110.0 & 110.0 & 110.0 & 110.0 \\ 141.5 & 141.5 & 141.5 & 141.5 \\ 172.5 & 172.5 & 172.5 & 172.5 \\ 204.0 & 204.0 & 203.5 & 204 \\ 235.0 & 235.0 & 235.5 & 236.5 \\ 266.5 & 266.5 & 266.5 & 267.5 \\ 297.5 & 297.5 & 298.5 & 298.5 \end{pmatrix}$	деления
--	---------------------	--	---------

Напряжение манометра МИДА U_{mida} , В

$U_{mida} := \begin{pmatrix} 2.42270 & 2.41722 & 2.41722 & 2.41703 \\ 2.80893 & 2.80931 & 2.80846 & 2.80878 \\ 3.20099 & 3.20194 & 3.20034 & 3.20068 \\ 3.59287 & 3.59226 & 3.59431 & 3.59300 \\ 3.98460 & 3.98481 & 3.98791 & 3.99904 \\ 4.37585 & 4.37665 & 4.37597 & 4.37673 \\ 4.76750 & 4.76750 & 4.76699 & 4.76699 \end{pmatrix} B$

P_{mida} - избыточное давление манометра МИДА, МПа

Расчетное уравнение для P_{mida} , $U_o := 1.04215 \text{ В}$

$$P_{mida} := \frac{(U_{mida} - U_o)20}{(5 - U_o)} \text{ МПа}$$

Ускорение свободного падения стандартное $g := 9.80665 \text{ м/с}^2$

P_{kmida} -давление манометра МИДА, кгс/см²

$$P_{kmida} := \frac{P_{mida}}{g \cdot 10^{-2}} \text{ кгс/см}^2$$

$$P_{kmida} = \begin{pmatrix} 71.138 & 70.856 & 70.856 & 70.846 \\ 91.04 & 91.06 & 91.016 & 91.032 \\ 111.242 & 111.291 & 111.209 & 111.226 \\ 131.436 & 131.404 & 131.51 & 131.442 \\ 151.621 & 151.632 & 151.791 & 152.365 \\ 171.782 & 171.823 & 171.788 & 171.827 \\ 191.963 & 191.963 & 191.937 & 191.937 \end{pmatrix} \text{ кгс/см}^2$$

Ускорение свободного падения для Москвы $g_{Mos} := 9.8156 \text{ м/с}^2$

Рабочая площадь поршня $F := 0.050000 \text{ см}^2$

Погрешность ΔF измерения площади поршня F $\Delta F := 0.0003 \cdot F \text{ см}^2$

Поправка на ускорение свободного падения $\Delta P_{gi} := P_i \cdot \left(\frac{g_{Mos}}{g} - 1 \right) \text{ кгс/см}^2$

Коэффициент линейного расширения α материала поршня, 1/К

$$\alpha := 11.5 \cdot 10^{-6} \quad \frac{1}{K}$$

Поправка на температурное расширение поршня

$$\Delta P_{t_i} := -2 \cdot \alpha \cdot P_i \cdot (t - 20) \quad \text{кгс/см}^2$$

Плотность воздуха при нормальных условиях $\rho_{возд} := 1.2 \cdot 10^{-3} \quad \text{г/см}^3$

Плотность материала грузов $\rho_{gr} := 7.8 \quad \text{г/см}^3$

Давление (локальное) поршневого манометра с учетом трех поправок (на выталкивающую силу, на температурную деформацию и на ускорение свободного падения), кгс/см²

$$P_{izm_i} := P_i \cdot \left(1 - \frac{\rho_{возд}}{\rho_{gr}} \right) + \Delta P_{t_i} + \Delta P_{g_i} \quad P_{izm} = \begin{pmatrix} 70.047 \\ 90.06 \\ 110.073 \\ 130.087 \\ 150.1 \\ 170.113 \\ 190.127 \end{pmatrix}$$

Среднее значение давления P_{av} для пружинного манометра, дел

$$P_{av_i} := \sum_{k=1}^4 \frac{p_{i,k}}{4} \quad \text{дел} \quad P_{av} = \begin{pmatrix} 110 \\ 141.5 \\ 172.5 \\ 203.875 \\ 235.5 \\ 266.75 \\ 298 \end{pmatrix}$$

Среднее значение давления P_k по манометру МИДА, кгс/см²

$$P_{k_i} := \sum_{k=1}^4 \frac{P_{k_{mida_i,k}}}{4} \quad \text{кгс/см}^2$$

$$P_k = \begin{pmatrix} 70.924 \\ 91.037 \\ 111.242 \\ 131.448 \\ 151.852 \\ 171.805 \\ 191.95 \end{pmatrix}$$

Результат поверки пружинного манометра

Экспериментальное значение поправки C (абсолютная, кгс/см²)
к показанию пружинного манометра

$$C_i := P_{izm_i} - P_{av_i} \cdot 0.625 \quad \text{кгс/см}^2$$

$$C = \begin{pmatrix} 1.297 \\ 1.623 \\ 2.261 \\ 2.665 \\ 2.913 \\ 3.395 \\ 3.877 \end{pmatrix}$$

Поправка f (относительная, %) к показанию пружинного манометра

$$f_i := \frac{C_i \cdot 100}{P_{izm_i}} \quad \%$$

$$f = \begin{pmatrix} 1.851 \\ 1.802 \\ 2.054 \\ 2.048 \\ 1.94 \\ 1.995 \\ 2.039 \end{pmatrix}$$

Результат поверки манометра МИДА

Экспериментальное значение поправки C_m (абсолютная, кгс/см²)
к показанию манометра МИДА

$$C_{m_i} := P_{izm_i} - P_{k_i} \quad \text{кгс/см}^2$$

$$C_m = \begin{pmatrix} -0.877 \\ -0.977 \\ -1.169 \\ -1.361 \\ -1.752 \\ -1.691 \\ -1.823 \end{pmatrix}$$

Поправка fm (относительная, %) к показанию манометра МИДА

$$fm_i := \frac{Cm_i \cdot 100}{Pizm_i} \quad \%$$

$$fm = \begin{pmatrix} -1.252 \\ -1.085 \\ -1.062 \\ -1.046 \\ -1.167 \\ -0.994 \\ -0.959 \end{pmatrix}$$

Средняя относительная поправка f_{mav} для манометра МИДА.

f_{mav} является постоянной средней величиной

$$f_{mav} := \sum_{k=1}^7 \frac{fm_k}{n} \quad \%$$

$$f_{mav} = -1.08084$$

Аналитическая зависимость поправки C_m для манометра МИДА.

Аргументом является давление $P_{пруж}$.

Расчет по методу наименьших квадратов (линейная зависимость $C_{аналит}(P_{пруж})$).

$$Y(x) := \begin{pmatrix} 1 \\ x \end{pmatrix} \quad \underline{s} := \text{linfit}(Pav, Cm, Y)$$

$Станалит_i$ - поправка (аналитическая) для манометра МИДА, кгс/см²

$$Станалит_i := 1 \cdot s_1 + Pav_i \cdot s_2 \quad \text{кгс/см}^2$$

$$Станалит = \begin{pmatrix} -0.859 \\ -1.033 \\ -1.204 \\ -1.378 \\ -1.553 \\ -1.725 \\ -1.898 \end{pmatrix}$$

Среднее квадратичное отклонение (не смещенное)
индивидуального давления пружинного манометра, дел.

$$\sigma_i := \sqrt{\sum_{k=1}^4 \frac{(p_{i,k} - Pav_i)^2}{4-1}}$$

$$\sigma = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0.25 \\ 0.7071068 \\ 0.5 \\ 0.5773503 \end{pmatrix}$$

Случайная погрешность для давления пружинного
манометра

Коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности $\alpha=0.95$ и $n=4$ $trst := 2.78$

Среднее квадратичное отклонение (не смещенное)
среднего давления пружинного манометра, дел

$$\Delta Pcase_i := trst \cdot \sqrt{\sum_{k=1}^4 \frac{(p_{i,k} - Pav_i)^2}{4 \cdot (4-1)}}$$

$$\Delta Pcase = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0.3475 \\ 0.98288 \\ 0.695 \\ 0.80252 \end{pmatrix}$$

Абсолютные допускаемые основные погрешности пружинного манометра:

$\Delta device$ (дел) и $\Delta Pдопус$ (кгс/см²). Класс точности, γ , пружинного манометра.

$\gamma := 0.15$

$$\Delta device := \gamma \cdot \frac{400}{100} \text{ дел.} \quad \Delta Pдопус := \Delta device \cdot 0.625 \text{ кгс/см}^2$$

$$\Delta P_{\text{допуск}} = 0.375 \text{ кгс/см}^2$$

(у МП600 класс точности 0.05%)

Допустимая погрешность поршневого манометра ΔP_{gr}

1) при использовании грузов -дисков ΔP_{gr} , кгс/см²

$$\Delta P_{gr} := 0.0005 \cdot P_{izm}$$

$$\Delta P_{gr} =$$

Оценка абсолютной погрешности ΔP , кгс/см², пружинного манометра после внесения поправки С (сделать сравнение с погрешностью $0.625 \Delta P_{case_i}$)

$$\Delta P_i := \sqrt{(\Delta P_{gr_i})^2 + (0.625 \Delta P_{case_i})^2}$$

$$\Delta P =$$

$$P_{av} = \begin{pmatrix} 110 \\ 141.5 \\ 172.5 \\ 203.875 \\ 235.5 \\ 266.75 \\ 298 \end{pmatrix}$$

$$P_{av_i} \cdot 0.625 =$$

$$\begin{pmatrix} 68.75 \\ 88.438 \\ 107.813 \\ 127.422 \\ 147.188 \\ 166.719 \\ 186.25 \end{pmatrix}$$

$$\Delta P_{case} \cdot 0.625 =$$

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0.217 \\ 0.614 \\ 0.434 \\ 0.502 \end{pmatrix}$$

Аналитическая зависимость поправки С для давления пружинного манометра. Аргументом является давление $P_{\text{пруж}}$

Расчет по методу наименьших квадратов (линейная зависимость $C_{\text{аналит}}(P_{\text{пруж}})$).

$$Y(x) := \begin{pmatrix} 1 \\ x \end{pmatrix}$$

$$s := \text{linfit}(P_{av}, C, Y)$$

$$s = \begin{pmatrix} -0.199 \\ 0.014 \end{pmatrix}$$

$C_{\text{аналит}_i}$ - поправка (аналитическая) для пружинного манометра, кгс/см²

$$Саналит_j := 1 \cdot s_1 + P_{авj} \cdot s_2 \quad \text{кгс/см}^2$$

$$Саналит = \begin{pmatrix} 1.297 \\ 1.725 \\ 2.147 \\ 2.574 \\ 3.004 \\ 3.429 \\ 3.854 \end{pmatrix}$$

Зависимость относительной поправки f от давления $P_{пруж}$

$f_{ав}$ является постоянной средней величиной

$$f_{ав} := \sum_{k=1}^n \frac{f_k}{n} \quad f_{ав} = 1.96144 \quad \%$$

Рис. 1 Показания поршневого манометра. Среднее давление по пружинному манометру. Среднее давление по манометру МИДА (Серия 1)

Обозначения

- x -показания пружинного манометра, кгс/см²
- + - показания поршневого манометра
- o - показания МИДА

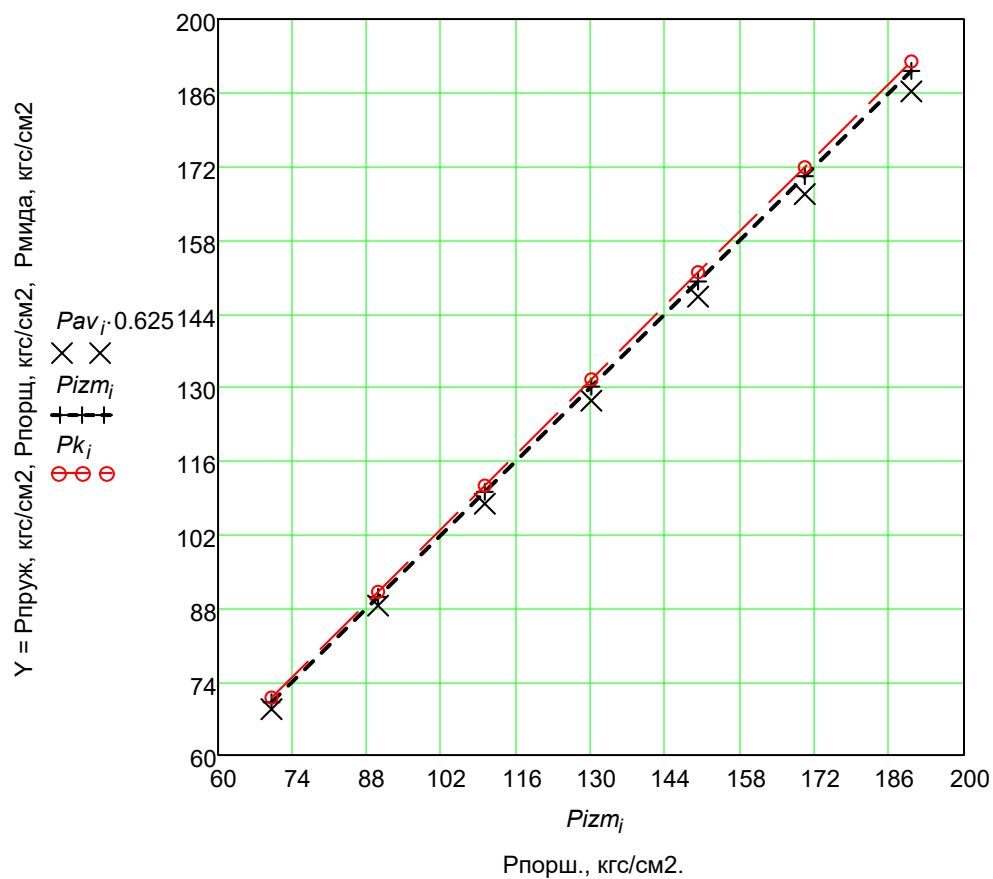


Рис. 2 Графические результаты поверки поршневого манометра и МИДА. Серия 1

Обозначения

x - поправка C (эксперимент) для пружинного манометра, полученная при поверке, кгс/см²

$C_{аналит_i}$ - поправка (аналитическая) для пружинного манометра, кгс/см²

----- поправка f (относительная, %) для показаний пружинного манометра, полученная в эксперименте

-- . -- случайная погрешность, кгс/см², для показаний пружинного манометра,

----- $\Delta P_{case_i} \cdot 0.625$ - среднеквадратическое отклонение для показаний пружинного манометра, кгс/см²

..... поправка $f_{ав}$ (относительная, аналитическая, %) для показаний пружинного манометра,

$\Delta P_{допус}$ - допустимая - погрешность - пружинного - манометра - (паспорт), $\frac{кгс}{см^2}$

$\Delta P_{гр_i}$ - погрешность поршневого манометра (паспорт), кгс/см²

$C_{аналит_i}$ - поправка (аналитическая) для манометра МИДА, кгс/см²

$f_{тав}$ - среднее значение относительной поправки для МИДА (%)

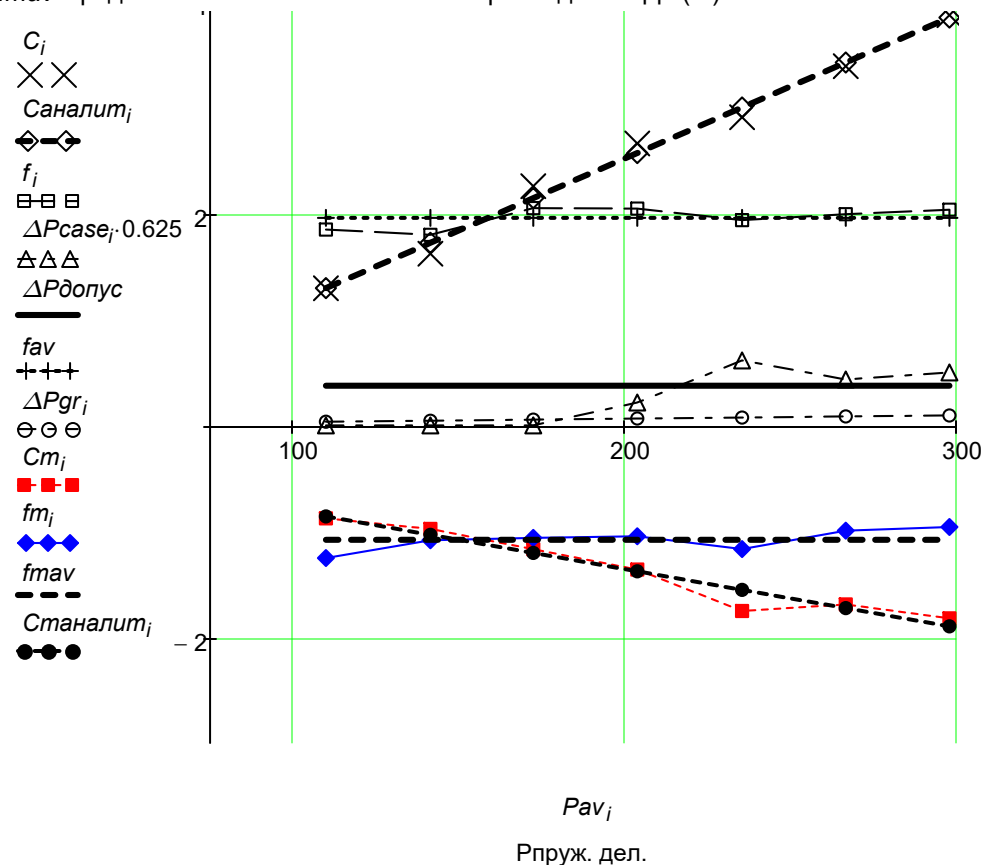


Рис. 3 Графические результаты поверки манометра
МИДА.. Серия 1

