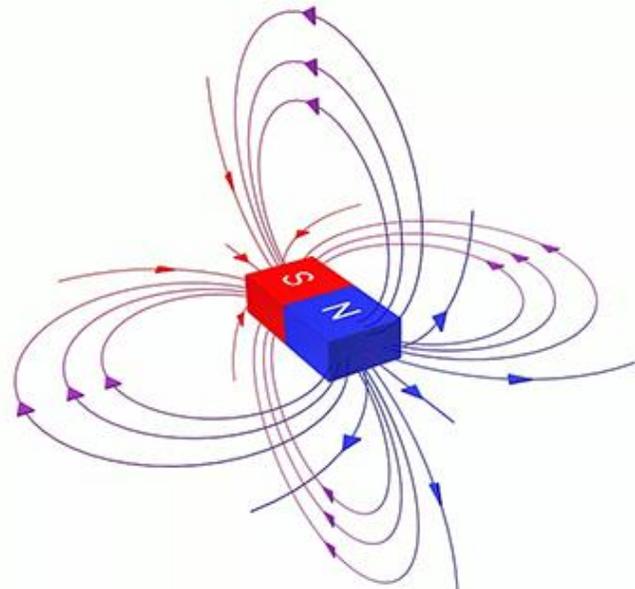




# Научная сессия БГМУ 2024



## МЕТОД ИЗМЕРЕНИЙ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ



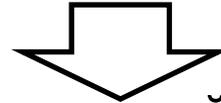
Авторы: Кравцов А.В., Соловьева И.В.,  
Арбузов И.В., Баслык А.Ю.

г. Минск

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОЦЕНИВАНИЮ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ (ДАЛЕЕ – ПМП) НА РАБОЧИХ МЕСТАХ.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ЗАДАЧА



ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПМП



МИЛЛИТЕСЛАМЕТР ПОРТАТИВНЫЙ  
УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ТП2-2У

ИЗМЕРИТЕЛЬ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ  
ПЗ-81 ИСПОЛНЕНИЕ ПЗ-81-02



от 0,3 мТл до 1999 мТл

rspch.by

от 0,3 мТл до 50 мТл



certificate.by

## ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПОЛУЧЕНЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЙ НА ТРЕХ УРОВНЯХ ( $q_1 = 3$ ) В ТРЕХ ТОЧКАХ ИЗМЕРЕНИЙ С СООТВЕТСТВУЮЩИМИ УРОВНЯМИ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПМП ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИЛЛИТЕСЛАМЕТРА И НА ДВУХ УРОВНЯХ ( $q_2 = 2$ ) В ДВУХ ТОЧКАХ ИЗМЕРЕНИЙ С СООТВЕТСТВУЮЩИМИ УРОВНЯМИ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПМП ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПЗ-81-02.

ВНУТРИЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ КАЖДОГО УРОВНЯ ( $q_1 = 3$  И  $q_2 = 2$ ) В УСЛОВИЯХ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ПРЕЦИЗИОННОСТИ С ИЗМЕНЯЮЩИМИСЯ ФАКТОРАМИ «ВРЕМЯ + ОПЕРАТОР» В ПЕРИОД С 11.10.2021 ПО 05.01.2022 ДВУМЯ ОПЕРАТОРАМИ БЫЛО ПРОВЕДЕНО  $P = 20$  СЕРИЙ ИЗМЕРЕНИЙ (ПО 10 СЕРИЙ ИЗМЕРЕНИЙ КАЖДЫМ ОПЕРАТОРОМ), КАЖДАЯ ИЗ КОТОРЫХ ВКЛЮЧАЛА В СЕБЯ  $N = 3$  ПОВТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПОВТОРЯЕМОСТИ.

1 уровень:

от 0,30 мТл до 0,36 мТл

от 1,05 мТл до 1,30 мТл

2 уровень:

от 43 мТл до 56 мТл

от 40,44 мТл до 47,56 мТл

3 уровень:

от 277 мТл до 305 мТл



## РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕЦИЗИОННОСТИ

Все совокупности данных были проверены на наличие выбросов с помощью критериев Граббса и Кохрена. Выбросов обнаружено не было.

## РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЯ РАСШИРЕННОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

### П. А.2 СТБ ISO 21748

миллитесламетр портативный универсальный ТП2-2У

certificate.by

Показатель	Значение		
Уровень $j$ , мТл	0,32	49,72	289,00
Диапазон измерений, мТл	от 0,3 до 1999		
Стандартное отклонение повторяемости $s_{rj}$ , %	5,12	3,37	0,89
Стандартное отклонение промежуточной прецизионности $s_{I(TO)j}$ , %	5,12	8,25	2,85
Критический размах $CR_{0,95}(n)_j$ , %	16,893	11,107	2,926
Предел промежуточной прецизионности $RI(TO)j$ , %	14,337	23,096	7,985
Суммарная стандартная неопределенность $u(y)_j$ , мТл	0,0222	4,1538	9,3087
Расширенная неопределенность $U_{абсj}$ , мТл	0,0444	8,3076	18,6174
Расширенная неопределенность $Uj$ , %	14	17	6



измеритель магнитной индукции ПЗ-81 исполнение ПЗ-81-02

Показатель	Значение	
Уровень $j$ , мТл	0,54	43,72
Диапазон измерений, мТл	от 0,3 до 50	
Стандартное отклонение повторяемости $s_{rj}$ , %	4,25	3,36
Стандартное отклонение промежуточной прецизионности $s_{I(TO)j}$ , %	6,84	3,87
Критический размах $CR_{0,95}(n)_j$ , %	14,017	11,075
Предел промежуточной прецизионности $RI(TO)j$ , %	19,156	10,849
Суммарная стандартная неопределенность $u(y)_j$ , мТл	0,1474	3,0877
Расширенная неопределенность $U_{абсj}$ , мТл	0,2948	6,1754
Расширенная неопределенность $Uj$ , %	26	14



rspch.by

**Значения показателей прецизионности и расширенной неопределенности при  
использовании миллитесламетра ТП2-2У**

<b>Измеряемая величина</b>	<b>Диапазон измерений, мТл</b>	<b>Стандартное отклонение повторяемости <math>S_r, \%</math></b>	<b>Критический размах <math>CR_{0,95}(n)</math> при <math>n = 3, \%</math></b>	<b>Стандартное отклонение промежуточной прецизионности <math>S_{I(TO)}, \%</math></b>	<b>Предел промежуточной прецизионности <math>RI(TO)_j, \%</math></b>	<b>Расширенная неопределенность <math>U</math> при <math>p=95\%</math> и <math>k=2, \%</math></b>
<b>Магнитная индукция ПМП</b>	<b>От 0,3 до 1999</b>	<b>5</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>23</b>	<b>17</b>

**Значения показателей прецизионности и расширенной неопределенности при  
использовании ПЗ-81-02**

<b>Измеряемая величина</b>	<b>Диапазон измерений, мТл</b>	<b>Стандартное отклонение повторяемости <math>S_r, \%</math></b>	<b>Критический размах <math>CR_{0,95}(n)</math> при <math>n = 3, \%</math></b>	<b>Стандартное отклонение промежуточной прецизионности <math>S_{I(TO)}, \%</math></b>	<b>Предел промежуточной прецизионности <math>RI(TO)_j, \%</math></b>	<b>Расширенная неопределенность <math>U</math> при <math>p=95\%</math> и <math>k=2, \%</math></b>
<b>Магнитная индукция ПМП</b>	<b>От 0,3 до 50</b>	<b>4</b>	<b>14</b>	<b>7</b>	<b>19</b>	<b>26</b>

## ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ИЗМЕРЕНИЙ

ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПМП С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИЛЛИТЕСЛАМЕТРА СОБЛЮДАЮТ СЛЕДУЮЩИЕ РАБОЧИЕ УСЛОВИЯ:

- ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА ОТ 5 °С ДО 40 °С;
- ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА НЕ БОЛЕЕ 90 %;
- АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ ОТ 70,0 кПА ДО 106,7 кПА (ОТ 537 ММ РТ. СТ. ДО 800 ММ РТ. СТ.).

ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПМП С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЗ-81-02:

- ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА ОТ 5 °С ДО 40 °С;
- ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА НЕ БОЛЕЕ 90 %;
- АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ ОТ 70,0 кПА ДО 106,7 кПА (ОТ 537 ММ РТ. СТ. ДО 800 ММ РТ. СТ.).

КОНТРОЛЬ УСЛОВИЙ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТЕОМЕТРА.

НА ОТКРЫТЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ПРИ НАЛИЧИИ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПМП НЕ ПРОВОДЯТСЯ.

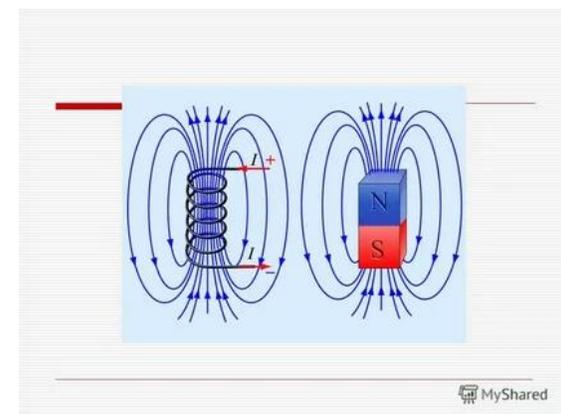
ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПМП ДОЛЖНЫ ОСУЩЕСТВЛЯТЬСЯ ПОСЛЕ ВЫВЕДЕНИЯ РАБОТНИКА ИЗ ЗОНЫ КОНТРОЛЯ.

## ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ

ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ВЫПОЛНЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПМП ВЫПОЛНЯЮТ СЛЕДУЮЩИЕ РАБОТЫ:

- КОНТРОЛЬ УСЛОВИЙ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПМП;
- ПОДГОТОВКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ;
- ВЫБОР ТОЧКИ (ТОЧЕК) ИЗМЕРЕНИЙ.

ДЛЯ ВЫБОРА ТОЧКИ (ТОЧЕК) ИЗМЕРЕНИЙ НЕОБХОДИМО ИЗУЧИТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС И ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ (ТЕХНИЧЕСКУЮ) ДОКУМЕНТАЦИЮ НА ИСТОЧНИК ПМП. ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПМП ВЫПОЛНЯЮТ НА ПОСТОЯННЫХ РАБОЧИХ МЕСТАХ РАБОТНИКОВ ИЛИ, В СЛУЧАЕ ОТСУТСТВИЯ ПОСТОЯННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА, В НЕСКОЛЬКИХ ТОЧКАХ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА РАЗНЫХ РАССТОЯНИЯХ ОТ ИСТОЧНИКА ПМП.



## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

В СЛУЧАЕ ОБЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПМП ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПМП В ТОЧКЕ (ТОЧКАХ) ИЗМЕРЕНИЯ ПРОВОДЯТ НА НЕСКОЛЬКИХ ВЫСОТАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАБОЧЕЙ.

В СЛУЧАЕ ЛОКАЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПМП ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПМП В ТОЧКЕ (ТОЧКАХ) ИЗМЕРЕНИЙ ПРОВОДЯТ НА УРОВНЕ КОНЕЧНЫХ ФАЛАНГ ПАЛЬЦЕВ КИСТЕЙ, СЕРЕДИНЫ ПРЕДПЛЕЧЬЯ И СЕРЕДИНЫ ПЛЕЧА.

В СЛУЧАЕ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО КОНТАКТА РУК ЧЕЛОВЕКА С ПОВЕРХНОСТЬЮ МАГНИТА ИЛИ КОРПУСА ИСТОЧНИКА ПМП ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПМП С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИЛЛИТЕСЛАМЕТРА ИЛИ ПЗ-81-02 ПРОВОДЯТ У ПОВЕРХНОСТИ МАГНИТА.

ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПМП В ТОЧКЕ (ТОЧКАХ) ИЗМЕРЕНИЙ ПРОВОДЯТ ТРИ РАЗА НА КАЖДОЙ ВЫСОТЕ ИЛИ УРОВНЕ.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ОДНОГО ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПМП МИЛЛИТЕСЛАМЕТРОМ, ПЗ-81-02 ИЛИ ДРУГИМИ СРЕДСТВАМИ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИНИМАЕТСЯ РАВНОЙ 1 МИН. ЗА ВРЕМЯ КАЖДОГО ИЗМЕРЕНИЯ РЕГИСТРИРУЕТСЯ МАКСИМАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПМП.

ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПМП РЕГИСТРИРУЮТ ПО ФОРМЕ, ПРИНЯТОЙ В ОРГАНИЗАЦИИ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕЙ НАСТОЯЩУЮ МЕТОДИКУ ИЗМЕРЕНИЙ.

## ПОРЯДОК ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ И ФОРМА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИЛЛИТЕСЛАМЕТРА И ПЗ-81-02 РЕЗУЛЬТАТ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПМП ВЫВОДИТСЯ НА ДИСПЛЕЙ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И В ТАКОМ ВИДЕ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ДАЛЕЕ.

ЗА РЕЗУЛЬТАТ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПМП НА КАЖДОЙ ВЫСОТЕ ИЛИ УРОВНЕ ПРИНИМАЮТ СРЕДНЕЕ АРИФМЕТИЧЕСКОЕ  $\bar{B}$  МАКСИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ НА КАЖДОЙ ВЫСОТЕ ИЛИ УРОВНЕ

$$\bar{B} = \frac{B_{\max 1} + B_{\max 2} + B_{\max 3}}{n},$$

ГДЕ  $B_{\max 1}, B_{\max 2}, B_{\max 3}$  – МАКСИМАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЕДИНИЧНОГО ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПМП НА КАЖДОЙ ВЫСОТЕ ИЛИ УРОВНЕ ПО ПОКАЗАНИЯМ МИЛЛИТЕСЛАМЕТРА ИЛИ ПЗ-81-02, мТл;

$n$  – КОЛИЧЕСТВО ИЗМЕРЕНИЙ,  $n = 3$ .

ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПМП ДЕЛАЮТ ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОБ ИХ СООТВЕТСТВИИ НОРМИРОВАННЫМ ЗНАЧЕНИЯМ. ДЛЯ ЭТОГО, СОГЛАСНО СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА, ОРГАНИЗАЦИЕЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕЙ НАСТОЯЩУЮ МЕТОДИКУ ИЗМЕРЕНИЙ, ФОРМУЛИРУЕТСЯ ПРАВИЛО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ. ОДНАКО ПРИ ПРИМЕНЕНИИ НАСТОЯЩЕЙ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ В СФЕРЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЙ МЕТРОЛОГИИ СЛЕДУЕТ ИСПОЛЬЗОВАТЬ СЛЕДУЮЩЕЕ ПРАВИЛО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ

$$\bar{B} + U \leq X_{\text{пду}},$$

ГДЕ  $\bar{B}$  – РЕЗУЛЬТАТ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПМП, мТл;

$U$  – РАСШИРЕННАЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПМП, мТл;

$X_{\text{пду}}$  – ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЙ УРОВЕНЬ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПМП

ПОЛНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПМП ПРЕДСТАВЛЯЮТ В ВИДЕ

$$(\bar{B} \pm U), \text{ мТл } (p = 0,95, k = 2),$$

# ВЫВОД

ПОЛУЧЕННЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ЗНАЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕЦИЗИОННОСТИ И РАСШИРЕННОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ СООТВЕТСТВУЮТ ТРЕБОВАНИЯМ, УСТАНОВЛЕННЫМ В ТЕХНИЧЕСКОМ ЗАДАНИИ.  
ТАКИМ ОБРАЗОМ, ОНИ МОГУТ ИСПОЛЬЗОВАТЬСЯ В МЕТОДИКЕ ИЗМЕРЕНИЙ ПМП НА РАБОЧИХ МЕСТАХ.

