

## СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЯ ОТКЛИКА БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Сапрыка А. В.<sup>1</sup>, Кравченко П. А.<sup>2</sup>, Мороз С. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Харьковский национальный университет городского хозяйства,

<sup>2</sup> Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенка

*Предложена усовершенствованная методика статистической обработки данных наблюдений отклика биологических объектов на информационное воздействие ЭМП.*

**Постановка проблемы.** Применение информационных электромагнитных технологий в ветеринарии, растениеводстве, медицине и биологии требует определения биотропных параметров электромагнитного поля (ЭМП) для воздействия на биологические объекты [1]. В большинстве случаев для определения биотропных параметров ЭМП используют полнофакторное планирование при наличии аддитивной помехи случайного характера. Влияние случайной помехи на точность определения биотропных параметров ЭМП можно исключить рациональным выбором методики измерений и соответствующей обработкой результатов наблюдений, что является актуальной проблемой.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В настоящее время методика статистической обработки результатов наблюдений измеряемых электрических величин достаточно подробно описана в литературных источниках [2,3]. В этих работах объектами электронных измерений являются значения физических величин, параметры и характеристики электрических сигналов, электронных цепей, компонентов и режимов работы этих цепей, что является

важным отличием при оценке отклика биологических объектов на информационное электромагнитное воздействие.

**Цель статьи** - повышение точности определения биотропных параметров ЭМП за счет усовершенствования статистической обработки результатов отклика биологических объектов на информационное воздействие ЭМП.

Достоверная оценка точности измерения зависит от числа наблюдений ( $n$ ). При отсутствии систематических (изменяющихся со временем) погрешностей основными статистическими характеристиками группы наблюдений будут [4]: математическое ожидание (МО), оценка среднеквадратического отклонения (СКО)  $S$ , оценка СКО МО, оценка СКО оценки СКО, которая характеризует рассеяние оценки СКО ( $S$ ) около ее истинного значения, размах ( $R$ ) характеристики группы наблюдений. Эти характеристики представлены в таблице 1. Рассмотрение этих характеристик показывает, что статистические характеристики существенно зависят от числа наблюдений ( $n$ ).

Таблица 1 – Характеристические данные исследования

Характеристика	Обозначение		Определение	
	истинное значение	оценка	для непрерывных величин	для дискретных величин
1. Математическое ожидание	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\int_{-\infty}^{+\infty} x\varphi(x)dx$	$\tilde{x} = \frac{1}{n} \sum x_i$
2. СКО	$\sigma$	$S$	$\int_{-\infty}^{+\infty} (x - \tilde{x})^2 \varphi(x)dx$	$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \tilde{x})^2}{n-1}}$
3. Размах	$R_n$	$\tilde{R}_n$		$x_{\max} - x_{\min}$
4. СКО МО	$S_{MO}$	$S_{\tilde{x}}$		$S_{\tilde{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$
5. Рассеяние оценки СКО около ее истинного значения	$\sigma_{(S)}$	$S_{(S)}$		$S_{(S)} = \sqrt{\frac{M_n - \sigma_n}{n\sigma^2}} \approx \frac{S}{\sqrt{2n}}$

В [5] показано, что для нормального закона распределения погрешностей в качестве оценки характеристики рассеяния используют размах выборки  $R$ , там же показано, что  $MP = cn\sigma$ , где  $cn$  - некоторая функция объема выборки. Нами проведено моделирование и произведено определение МО размаха, отнесенное к параметру исходного распределения (СКО), результаты расчетов представлены на рис. 1 (для нормального (1), равномерного (2) и треугольного (3) законов распределения погрешностей). Расчеты проведены для разного числа наблюдений и разных законов распределения погрешностей. Сравнение полученных результатов для нормального закона с [5], где в таблице III приложения приведено теоретическое значение  $M\left(\frac{R}{\sigma}\right)$  для  $n = (2-20)$ , показывает хорошее согласие полученных нами результатов с теоретическими (0,4 ÷ 2,0) %. Это является лишним под-

тверждением правильности и надежности нашего метода исследования. Нами также рассчитаны СКО  $\left(\frac{R}{\sigma}\right)$ , на рис. 1 представлены СКО для вероятности  $P = 0,683$  разного числа наблюдений ( $n = 2-50$ ) и тех же трех законов распределения погрешностей [4]. Рассчитаны и представлены на рис. 1 коэффициенты ( $m$ ), позволяющие устранить смещенность оценки в зависимости от числа наблюдений, при малом числе наблюдений, а также оценка МО измерений. Несмещенность оценки  $M\left(\frac{R}{\sigma}\right)$  определяется:

$$M\left(\frac{R}{\sigma}\right) = \left(\frac{R}{\sigma}\right)_{смещ} \cdot m. \quad (1)$$

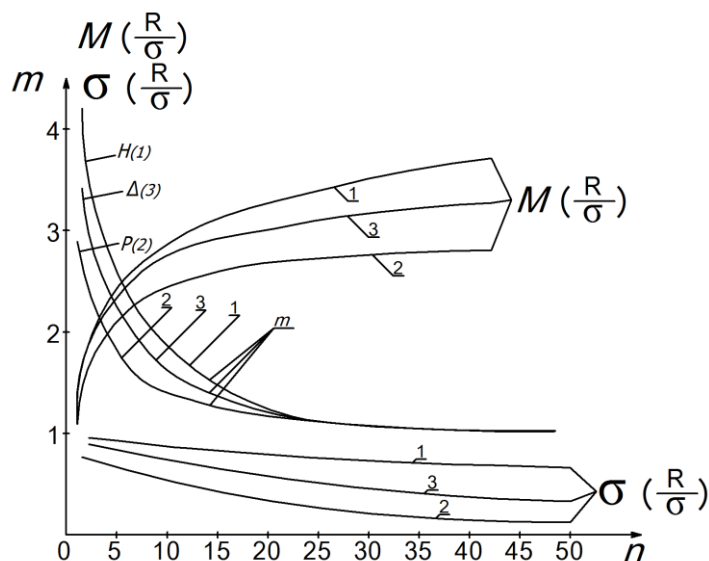


Рисунок 1 — Определение МО размаха, отнесенное к параметру исходного распределения (СКО) для нормального (1), равномерного (2) и треугольного (3) законов распределения погрешностей

Аналогичные графики и таблицы рассчитаны для всех рассмотренных законов распределения погрешностей (таблица 1). Эти результаты частично, как указывалось выше, представлены на рис. 1 (для трех законов распределения погрешностей и  $P = 0,683$  и в ряде наших работ для  $P = 0,683, 0,95$  и  $0,9927$ ).

Нами подтверждено, что наиболее эффективной оценкой центра распределения является математическое ожидание. МО - состоятельная и несмещенная оценка центра распределения. Исследования показали, что смещенность МО в зависимости от числа наблюдений отсутствует.

Оценка СКО МО определяется известным выражением [5]:

$$S_x^- = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

Проведенные исследования показали, что для нормального закона распределения погрешностей это выражение дает ошибку  $\sim 0,3\%$ , за исключением  $n = 2$

(где ошибка составляя  $\sim 5\%$ ), а для равномерного и треугольного законов (2) приводит к смещению оценки СКО МО. выражения (3) и (4) позволяет определить несмещенную и состоятельную оценку СКО МО для равномерного и треугольного законов распределения погрешностей соответственно ( $P = 0,683$ ):

$$S_x^- = \frac{1,186S}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

$$S_x^- = \frac{1,072S}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

В таблице 2 представлены коэффициенты, позволяющие определить СКО МО для рассмотренных законов распределения погрешностей в соответствии с

$$\text{выражением } S_x^- = \frac{A}{S\sqrt{n}}.$$

На рис. 1 (нормальный (1), равномерный (2), тре-

угольный (3) представлено отношение  $M\left(\frac{S_{MO}}{\sigma}\right)$  для  $P = 0,999$  для трех законов распределения погрешностей в зависимости от  $n$ , что позволяет определить пре-

дельное значение СКО МО. Для остальных законов результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Закон распределения погрешностей

Закон распределения погрешностей	Оценка СКО МО (коэффициента А)	
	$P = 0,683$	$P = 0,999$
1 Равномерный	1,186	1,7314
2 Треугольный	1,072	2,324
3 Трапеция	1,096	1,968
4 Релея	1,273	2,156
5 Arcsin	1,247	1,4114
6 Антимодальный I	1,196	1,45
7 Антимодальный II	1,091	1,3197

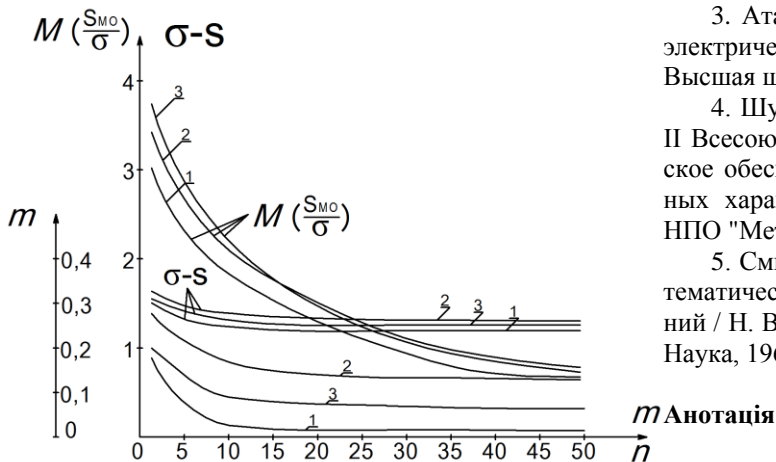


Рисунок 2 – Относительная смещенность оценки СКО, определенная по результатам расчетов, для трех законов распределения погрешностей: 1 – нормального; 2 – равномерного; 3 – треугольного.

Смещенность оценки СКО (относительная), определенная по результатам расчетов, для трех законов распределения погрешностей представлена на рис.2.

На рис. 2 представлены также смещенности оценки СКО для нормального (1), равномерного (2), треугольного (3) законов в зависимости от числа измерений. Из графиков следует, что смещенность оценки СКО при малом числе измерений наибольшая при треугольном законе распределения погрешностей (в % относительно СКО).

#### Список использованных источников

1. Черенков А. Д. Применение информационных электромагнитных полей в технологических процессах сельского хозяйства / А. Д. Черенков, Н. Г. Косулина // Світотехніка та електроенергетика. — 2005. — № 5. — С. 77-80.
2. Мирский Г. Я. Электронные измерения / Г. Я. Мирский. — М. : Радио и связь, 1986. — 440 с.

3. Атамалян Э. Г. Приборы и методы измерения электрических величин / Э. Г. Атамалян. — М. : Высшая школа, 1989. — 384 с.

4. Шульга В.М., Клейман Т.А.// Тезисы докладов II Всесоюз. научн.-техн. конференции "Метрологическое обеспечение измерений частотных и спектральных характеристик излучения лазеров". - Харьков: НПО "Метрология", 1990. – С. 143-145.

5. Смирнов Н. В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений / Н. В. Смирнов, И. В. Дунин-Барковский. — М. : Наука, 1969. — 512 с.

#### Анотація

### СТАТИСТИЧНА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ВІДКЛИКУ БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ

Сапрыка О. В., Кравченко П. О., Мороз С. О.

*Запропонована удосконалена методика статистичної обробки даних спостережень відклику біологічних об'єктів на інформаційний вплив електромагнітних полів.*

#### Abstract

### STATISTICAL TREATMENT OF RESULTS OF SUPERVISION OF RESPONSE OF BIOLOGICAL OBJECTS ON ACTION OF THE EMF

A. Sapryka, P. Kravchenko, S. Moroz

*The improved method of statistical treatment of these supervisions of response of biological objects is offered on informative influence of EMP.*