

# МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЙСЬК В СУЧАСНИХ УМОВАХ

УДК 623.482

**Є.В. Рижев**<sup>1</sup>, к.т.н.**Л.М. Сакович**<sup>2</sup>, к.т.н., доц.<sup>1</sup>Національна академія сухопутних військ імені Гетьмана Петра Сагайдачного,  
м. Львів, Україна<sup>2</sup>Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету  
України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

## АНАЛІЗ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ ЩОДО МЕТРОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У статті на основі аналізу публікацій щодо оцінки метрологічної надійності засобів вимірювань та реальних статистичних даних по роботі бази вимірювальної техніки встановлено тенденції її завантаження та зміни працевитрат на відновлення засобів вимірювальної техніки військового призначення. Отримано аналітичні вирази, які дозволяють прогнозувати потік ремонтного фонду засобів вимірювань і середні працевитрати на їх відновлення, в чому і полягає наукова новизна роботи. Це дозволяє обґрунтовано планувати роботу бази вимірювальної техніки, визначати необхідну кількість фахівців для ремонту електровимірювальних і радіовимірювальних приладів окремо.

**Ключові слова:** засоби вимірювальної техніки військового призначення, метрологічна надійність, середні працевитрати на один ремонт.

### Постановка проблеми

Метрологічне забезпечення озброєння та військової техніки з врахуванням сучасних вимог до ведення бойових дій потребує нових підходів до метрологічного обслуговування засобів вимірювальної техніки військового призначення (ЗВТВП) [1], їх перевірки та ремонту [2-4]. Оскільки за результатами вимірювань приймаються відповідні рішення про працездатність зарізків військової техніки, то необхідна впевненість у точності і достовірності отриманих показників якості їх функціонування [5]. При наявності відмов, технічних або метрологічних, необхідне відновлення працездатності на базах вимірювальної техніки. Але на сьогоднішній час відсутні практичні рекомендації щодо планування і прогнозування їх завантаженості. Тому виникає актуальне завдання – на основі реальних статистичних даних отримати функціональні залежності оцінки кількості ремонтного фонду і необхідних працевитрат на його відновлення.

### Аналіз останніх досягнень і публікацій

Відповідність військової техніки зв'язку (ВТЗ) необхідним вимогам технічної документації щодо її експлуатації кількісно оцінюється під час технічного обслуговування з використанням ЗВТВП. Метрологічні характеристики ЗВТВП змінюються в процесі експлуатації, особливо в польових умовах, що в окремих випадках веде до їх відмов, а це впливає на результат оцінки реального технічного стану ВТЗ [5].

Метрологічна надійність (МН) ЗВТВП – їх властивість зберігати задані значення метрологічних характеристик на протязі заданого періоду часу в визначених режимах і умовах експлуатації. Кількісно МН ЗВТВП оцінюють інтенсивністю відмов, наробітком на відмову та ймовірністю безвідмовної роботи  $P$  [6-8].

Згідно [8, 9] значення ймовірності безвідмовної роботи ЗВТВП в залежності від ступеня відповідальності вимірювань обирають в межах  $0,85 \leq P \leq 0,99$ . Для найбільш відповідальних вимірювань параметрів основних груп ВТЗ вузлів зв'язку рекомендується приймати значення цього показника якості ЗВТВП в межах  $0,95 \leq P \leq 0,99$ .

Прогнозоване значення МН ЗВТВП оцінюють за виразами [8]

$$P(\tau) = 1 - m K_M K_C^* ;$$

$$m = 720\tau \cdot K_B / T^* ,$$

де  $\tau$  – міжповірочний інтервал (місяців);

$K_M$  – частка метрологічних характеристик ЗВТВП, неохоплених вбудованим контролем;

$K_C^*$  – статистична оцінка коефіцієнта прихованих відмов;

$K_B$  – коефіцієнт використання ЗВТВП;

$T^*$  – статистична оцінка напрацювання ЗВТВП на відмову.

Значення  $\tau$  залежить від типу ЗВТВП,  $K_M$  визначають з його технічного опису. Згідно [8] залежно від типу ЗВТВП  $0,1 \leq K_C \leq 0,24$ . На пунктах технічного обслуговування і ремонту ВТЗ  $K_B \approx 0,1$ , а на спеціалізованих базах вимірювальної техніки  $K_B \leq 0,3$ .

Середнє квадратичне відхилення  $K_B$  отриманої оцінки ймовірності безвідмовної роботи ЗВТВП в кожному конкретному випадку дорівнює [8]

$$\sigma = m \cdot K_M \sqrt{K_C (0,15 \cdot K_C + 1/m)}.$$

Отримані у відомих публікаціях функціональні залежності при наявності достовірних вихідних даних дозволяють з необхідною для практики точністю оцінити МН ЗВТВП.

Відмова ЗВТВП – це неможливість виконувати потрібні функції. Розрізняють не метрологічні відмови (виникають раптово, не залежать від зміни метрологічних характеристик і не потребують для її виявлення проведення перевірки) і метрологічні, які ведуть до виходу метрологічних характеристик за встановлені межі. Метрологічні відмови виникають частіше і їх доля в загальному потоці відмов ЗВТВП складає від 40% до 100% [6]. В усіх випадках після визначення відмови ЗВТВП потребують ремонту на спеціалізованих базах вимірювальної техніки.

У відомих джерелах відсутні реальні статистичні дані щодо кількості відмов ЗВТВП в реальних умовах експлуатації, що ускладнює планування роботи ремонтних підрозділів з відновлення їх працездатності.

### Мета статті

Мета статті – на основі аналізу реальних статистичних даних щодо МН ЗВТВП визначити закономірності завантаження ремонтних органів по відновленню їх працездатності або справності.

### Виклад основного матеріалу

Результати обробки статистичних даних щодо обслуговування військових частин Західного регіону 10-ю базою вимірювальної техніки (в/ч А1124, м. Львів) за останні роки зведено в табл. 1, де окремо розглянуто електровимірювальні (ЕВП) і радіовимірювальні (РВП) прилади щодо загальної кількості ремонтів за рік роботи бази, загальних працевитрат і працевитрат на один ремонт ЗВТВП.

На жаль, відсутні конкретні дані щодо статистичної оцінки напрацювання на відмову окремих груп ЗВТВП, а також статистичної оцінки коефіцієнта їх прихованих метрологічних відмов. Отримання реальних значень цих показників надійності ЗВТВП в залежності від реальних умов використання сприяє уточненню оцінки загального обсягу ремонтного фонду на бази ремонту, а також оцінки впливу МН на час поточного ремонту та технічного обслуговування ВТЗ. Кількісне

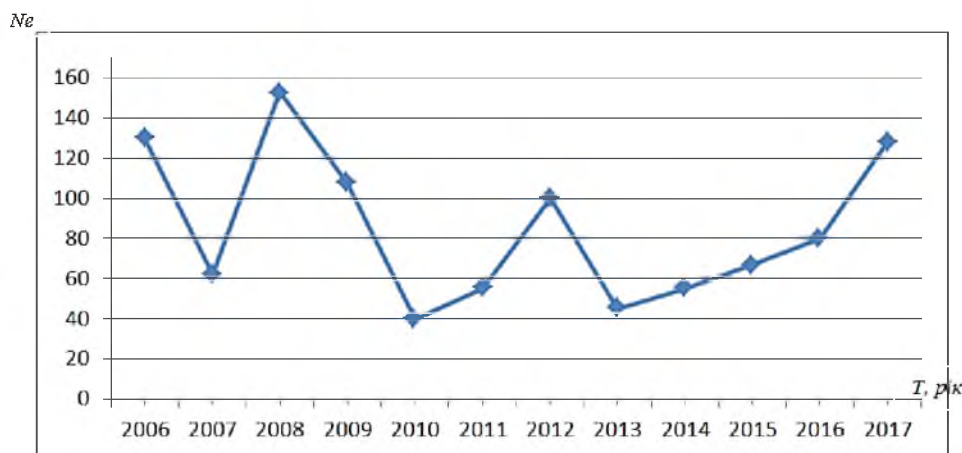
значення цих показників можливо отримати в результаті аналізу записів в формулярах ЗВТВП безпосередньо у військових частинах зв'язку або з документації врахування інтенсивності потоку поступлення ЗВТВП на бази ремонту з деталізацією причин відмов.

Таблиця 1

**Статистичні дані щодо працевитрат на ремонт засобів вимірювальної техніки  
військового призначення**

Рік	Електровимірювальні прилади			Радіовимірювальні прилади		
	Відремонтовано приладів	Загальні працевитрати, люд/год	Працевитрати на один ремонт, люд/год	Відремонтовано приладів	Загальні працевитрати, люд/год	Працевитрати на один ремонт, люд/год
2006	131	1026	7,83	194	4207	21,69
2007	65	597	9,18	145	4489	30,96
2008	156	1562	10,01	154	4676	30,36
2009	108	908	8,41	166	4068	24,51
2010	36	268	7,44	89	1563	17,56
2011	55	416	7,56	77	2064	26,81
2012	101	643	6,37	142	2754	19,39
2013	45	336	7,47	132	2606	19,74
2016	84	744	8,86	54	1711	31,69
2017	127	1156	9,13	60	1680	28,00

Кількість відремонтованих ЕВП за рік роботи бази  $N_e$  змінюється від 36 до 156, тобто в середньому 76 приладів за рік. Внаслідок більшого розкиду загальної кількості їх ремонтів (рис. 1) не представляється можливим встановити деяку закономірність.



**Рис. 1. Кількість відремонтованих електровимірювальних приладів за рік**

Кількість відремонтованих РВП  $N_p$  з часом зменшується внаслідок списання після вироблення технічного ресурсу при завершенні періоду нормальної експлуатації і досягненні граничного стану, коли подальша експлуатація недоцільна. В цьому випадку має місце закономірність (рис. 2), яку можливо апроксимувати методом найменших квадратів [10] лінійною залежністю виду

$$N_p = 194 - 12,2(T - 2006)$$

Після кількісної оцінки середньоквадратичного відхилення

$$\sigma_p = \pm 23,8$$

можливо стверджувати, що кількість ремонтів РВП за рік

$$170,2 - 12,2(T - 2006) < N_p < 217,8 - 12,2(T - 2006)$$

попадає в ці межі з імовірністю 0,68.

З аналізу рис. 2 слідує, що за останні 11 років середня кількість ремонтів РВП знизилась в середньому на 66%.

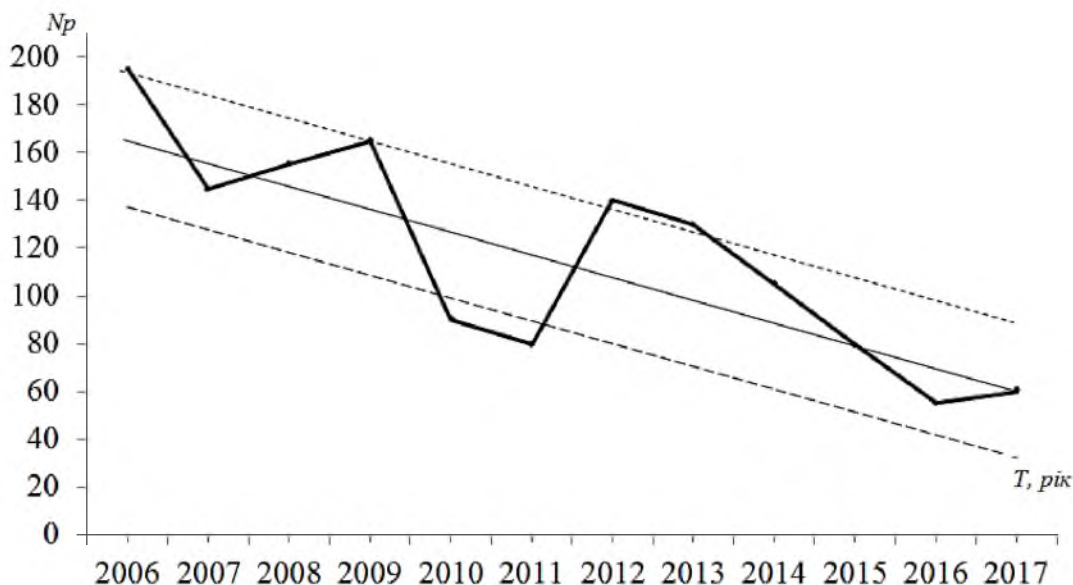


Рис. 2. Кількість відремонтованих радіовимірювальних приладів за рік

Внаслідок завершення періоду нормальної експлуатації і старіння елементної бази ЗВТВП суттєво збільшуються працевитрати на їх ремонт. Наприклад, на рис. 3 приведено середні значення працевитрат на один ремонт ЕВП ( $We$ ). Цю залежність також можливо апроксимувати лінійною залежністю виду

$$We = 0,27(T - 2010) + 6,85 ;$$

тоді з імовірністю 0,68 та врахуванням середньоквадратичного відхилення можна стверджувати, що

$$0,27 \cdot (T - 2010) + 6,36 < We < 0,27 \cdot (T - 2010) + 7,34 .$$

За останні 7 років середні працевитрати на один ремонт ЕВП збільшились на 28%.

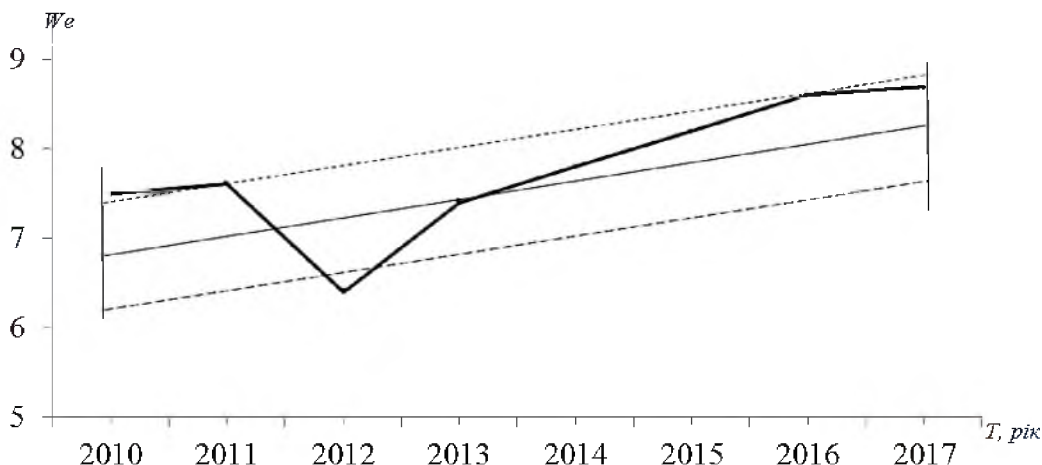


Рис. 3. Середні значення працевитрат на один ремонт електровимірювального приладу

Аналогічно отримано апроксимацію середніх працевитрат на один ремонт РВП  $Wp$  залежністю виду (рис. 4)

$$Wp = 1,23 \cdot (T - 2010) + 20,6 ;$$

тоді з імовірність 0,68 та врахуванням середньоквадратичного відхилення можна стверджувати, що середні працевитрати потрапляють у межі

$$1,23 \cdot (T - 2010) + 17,28 < Wp < 1,23 \cdot (T - 2010) + 23,92 .$$

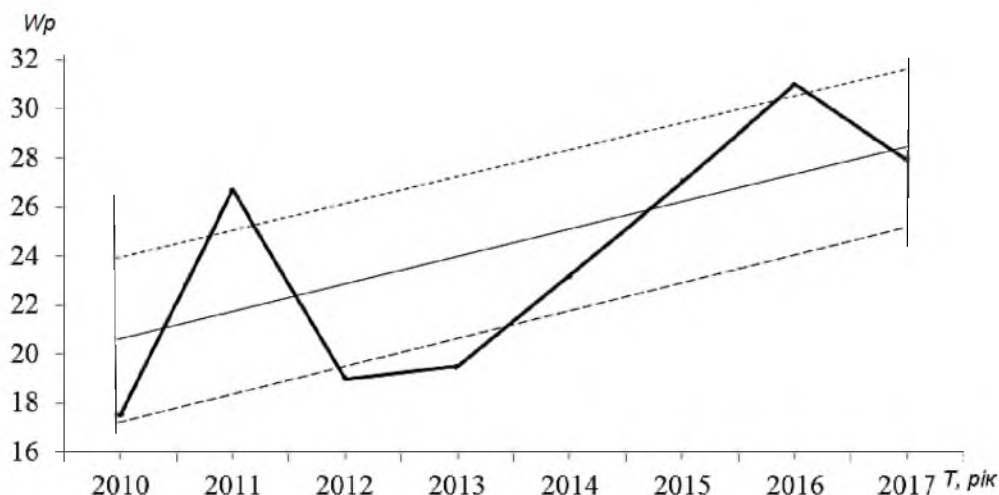


Рис. 4. Середні значення працевитрат на один ремонт радіовимірювального приладу

В цьому випадку також середні працевитрати на ремонт РВП за останні 7 років збільшилися на 43%.

Отримані результати свідчать про необхідність заміни морально застарілих ЗВТВП і тих, які відпрацювали свій ресурс новими зразками по мірі їх модернізації, а також дозволяють прогнозувати завантаження баз ремонту вимірювальної техніки.

### Висновки

1. Проведено аналіз сучасних публікацій щодо кількісної оцінки метрологічної надійності засобів вимірювальної техніки військового призначення.

2. В результаті узагальнення реальних статистичних даних щодо ремонту засобів вимірювальної техніки військового призначення отримано функціональні залежності середніх значень працевитрат на один ремонт і загальну кількість ремонтів за рік, що дозволяє планувати роботу баз вимірювальної техніки.

3. Результати аналізу свідчать про необхідність заміни існуючих засобів вимірювальної техніки військового призначення у зв'язку із завершенням періоду їх нормальної експлуатації і відпрацюванням ними технічного ресурсу сучасними по мірі переоснащення Збройних Сил України новими зразками військової техніки зв'язку.

*Подальші дослідження доцільно спрямувати* на більш детальний аналіз статистичних даних щодо ремонту окремих видів засобів вимірювальної техніки військового призначення: вольтметрів, осцилографів, частотомірів, генераторів сигналів низьких та високих частот та інших.

### Список використаних джерел

1. Рижов Є.В. Аналіз системи метрологічного обслуговування засобів зв'язку Сухопутних військ та визначення основних напрямків її удосконалення / М.Ю. Яковлев, Є.В. Рижов // Військово-технічний збірник Академії сухопутних військ. – 2012. – № 1(6). – С. 183-192.

2. Шабатура Ю.В., Королько С.В., Рижов Є.В. Основи вимірювань та метрологічне забезпечення у військовій сфері: навч. посібник – Львів: НАСВ, 2015. – 114 с.

3. Рижов Є.В. Аналіз методик метрологічної експертизи складних технічних систем / Є.В. Рижов, М.Ю. Яковлев, О.В. Ходич, П.Л. Аркушенко // Український метрологічний журнал. – 2015. – № 2. – С. 12-16. DOI: <https://doi.org/10.24027/2306-7039.2.2015.119367>.

4. Сакович Л.М. Напрямки удосконалення метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку / Л.М. Сакович, Є.В. Рижов, О.В. Ходич // Військово-технічний збірник Національної академії сухопутних військ. – 2017. – № 16. – С. 60-64.

5. Ryzhov Yevhen. *Minimization measurement requirements for maintenance and repair special communication means* / Yevhen Ryzhov, Lev Sacovych // *Institute of Special Communication and Information Protection National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" Scientific works "Information Technology and Security"*. – 2017. – Vol. 5, Iss. 1(8). P. 106-114.

6. Фридман А.Э. *Теория метрологической надёжности средств измерений* / *Измерительная техника*. – 1991. №11. – С. 3-10.

7. Ким К.К. *Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: учебное пособие* / К.К. Ким. – СПб. : Питер, 2008. – 368 с.

8. *Основи експлуатації засобів вимірювальної техніки військового призначення в умовах проведення АТО: навчальний посібник* / В.Б. Кононов, С.В. Водолажко, О.В. Коваль, та ін. – Х.: ХНУПС, – 2017. – 288 с.

9. Кононов В. Б. *Визначення міжповірочних (калібрувальних) інтервалів засобів вимірювальної техніки військового призначення* / В. Б. Кононов // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2011. - № 7(84). - С. 235–237.

10. Венцель Е.С. *Теория вероятностей*. – М.: Высшая школа., 2002. – 275 с.

**Рецензент:** Ванкевич П.І., д.т.н., с.н.с., провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу (бойового екіпірування) Наукового центру Сухопутних військ Національної академії сухопутних військ.

## АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПО МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Е.В. Рыжов, Л.Н. Сакович

*В статье на основе анализа публикаций по оценке метрологической надежности средств измерений и реальных статистических данных о работе базы измерительной техники установлено тенденции её загрузки и изменения трудозатрат на восстановление средств измерительной техники военного назначения. Получены аналитические выражения, позволяющие прогнозировать поток ремонтного фонда средств измерений и средние трудозатраты на их восстановление, в чем и заключается научная новизна работы. Это позволяет обоснованно планировать работу базы измерительной техники, определять необходимое количество специалистов для ремонта электроизмерительных и радиоизмерительных приборов отдельно.*

**Ключевые слова:** *средства измерительной техники военного назначения, метрологическая надежность, средние трудозатраты на один ремонт.*

## ANALYSIS OF STATISTICAL DATA ON METROLOGICAL RELIABILITY OF MEANS OF MEASURING INSTRUMENTS OF MILITARY PURPOSE

Y. Ryzhov, L. Sakovych

*In the article, based on the analysis of publications on the evaluation of the metrological reliability of measuring instruments and real statistical data on the operation of the measuring equipment base, it is shown the tendencies of its loading and changes in labor costs for the restoration of military measuring instruments. Analytical expressions allowing to predict the flow of the repair fund of measuring instruments and the average labor for their restoration are obtained, which is the scientific novelty of the work. This allows us to reasonably plan the operation of the measuring equipment base, determine the necessary number of specialists for repair of electrical measuring and radio measuring devices separately.*

**Keywords:** *measuring instruments of military purpose, metrological reliability, average labor for one repair.*