

УДК 519.2:528

## ІМОВІРНІСНА ОЦІНКА ОПТИМАЛЬНОГО МІЖПОВІРОЧНОГО ІНТЕРВАЛУ ВИСОКОТОЧНИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАНЬ

С.С. Федін, Н.А. Зубрецька, О.С. Гончаров

Київський національний університет технологій та дизайну

*У статті з урахуванням нормативного критерію імовірності метрологічної справності розроблена марківська математична модель імовірнісної оцінки та прогнозування оптимального міжповірочного інтервалу електронних тахеометрів типу Та5.*

**Ключові слова:** імовірнісна оцінка, прогнозування міжповірочного інтервалу, марківська математична модель, електронний тахеометр.

Актуальним завданням забезпечення метрологічної надійності високоточних засобів виміральної техніки (ЗВТ) є встановлення оптимального значення міжповірочного інтервалу (МПІ). При цьому виникає проблема, сформульована в роботах А.В. Єкімова, А.Е. Фрідмана, П.В. Новіцкого [1-3] та обумовлена тим, що застосування основних положень класичної теорії надійності про існування тільки працездатного або непрацездатного стану технічних систем з властивостями пуассонівського потоку відмов постійної в часі інтенсивності, призводить до суттєвих помилок визначення оптимального МПІ ЗВТ [2].

Відповідно до рекомендацій по міждержавній стандартизації – РМГ 74 - 2004 для вирішення завдання визначення МПІ та забезпечення метрологічної надійності високоточних ЗВТ доцільним є застосування спеціальних моделей прогнозування нестабільності метрологічних характеристик (МХ) ЗВТ, заснованих на теорії марківських випадкових процесів [4, 5].

### **Постановка завдання**

Метою дослідження є розробка марківської моделі імовірнісної оцінки та прогнозування оптимального міжповірочного інтервалу засобів виміральної техніки з використанням нормованого критерію імовірності їх метрологічної справності.

### **Об'єкт та методи дослідження**

Нестабільність МХ ЗВТ і поступова їх зміна до гранично допустимих значень дозволяє виділити безліч працездатних станів з різним рівнем ефективності функціонування ЗВТ. Вибір конкретного методу визначення МПІ залежить від способу перевірки ЗВТ та наявності початкової інформації про їх метрологічну справність –

стану, при якому всі нормовані МХ відповідають встановленим вимогам [4]. Для оцінки метрологічної справності високоточних ЗВТ за наявності безлічі працездатних станів одним з найбільш ефективних методів є застосування марківських імовірнісних моделей прогнозування нестабільності МХ ЗВТ [6].

### **Результати дослідження та їх обговорення**

Запропоновано універсальну методику отримання імовірнісної оцінки оптимального міжповірочного інтервалу (МПІ) ЗВТ на основі фізичного та обчислювального експериментів. Критерієм вірогідності отриманої оцінки є нормоване значення імовірності метрологічної справності  $P_{i.c.}$  засобів вимірювань [6]. Методику апробовано на високоточних електронних тахеометрах типу Та5. Згідно методики фізичний експеримент виконується в три етапи:

- вибір тієї МХ, що характеризує найбільший відсоток відбракування тахеометрів при повірці з використанням автоколімаційної установки АУПНТ відповідно до ГОСТ 8.565-99 «Порядок установления и корректировки межповерочных интервалов эталонов»;
- формування вибірки з 30 тахеометрів за вимогами РМГ 74-2004 «Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений» для отримання статистичних даних про найбільш нестабільну МХ»;
- визначення тривалості випробувань відповідно до ДСТУ 3004-95 «Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними».

Згідно з вимогами до надійності електронних тахеометрів типів Та2, Та5 і Та20 та значень ряду бажаних чисел R40 за ГОСТ 8032-84 тривалість випробувань граничних станів визначали на основі плану випробувань на надійність NMT (ДСТУ 3004-95) з довірчою ймовірністю  $\gamma=0,80$  і граничною відносною помилкою  $\delta=0,20$  при значенні середнього напрацювання на відмову 3000 годин. Для врахування впливу механізмів зношення та старіння вимірювальних приладів випробування проводили протягом одного календарного року на тахеометрах Та5 в нормальних умовах з інтенсивністю експлуатації 8 годин на день.

За результатами обробки даних протоколів випробувань для 30 одиниць тахеометрів типу Та5 було побудовано експериментальні залежності зміни в часі 95%-го та 5%-го квантилів, а також середнього значення максимального впливу ексцентриситету вертикального кола (ЕВК) на вимірювальний кут – МХ, яка характеризувала найбільший відсоток відбракування тахеометрів при повірці. На

основі отриманих експериментальних значень нестабільності ЕВК розроблено марківську математичну модель, призначену для імовірнісної оцінки міжповірочного інтервалу електронних тахеометрів типу Та5. Модель характеризує десять станів, які відповідають різним рівням граничного значення похибки ЕВК від 0% до 100%.

Результати математичного моделювання дозволили отримати номограми, які дають можливість визначити імовірність метрологічної справності тахеометрів при досягненні 95%-м квантилем ЕВК станів 70%, 80% і 90% від гранично допустимого значення похибки ЕВК (рис.1). Так, наприклад, при 2400 годинах експлуатації імовірність метрологічної справності тахеометрів типу Та5 становить 0,84, 0,92 і 0,96 відповідно.

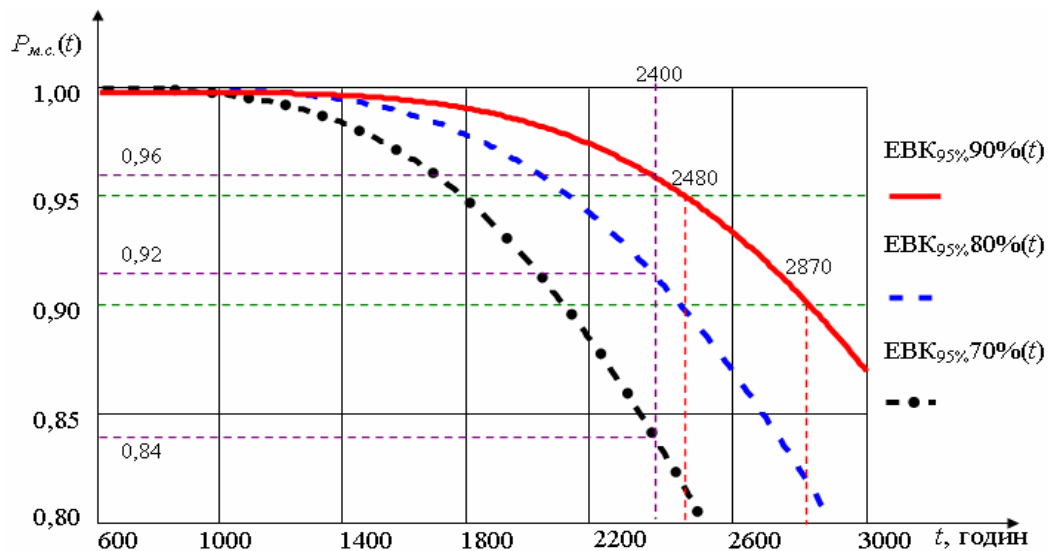


Рис.1. Номограми імовірнісної оцінки досягнення 95%-м квантилем ЕВК станів 70%, 80% і 90% від гранично допустимого значення для вибірки  $N=30$  тахеометрів

Застосування номограм імовірнісної оцінки (див. рис.1) дало можливість вирішити обернену задачу, тобто встановити, що нормативним значенням імовірності метрологічної справності  $P_{i.c.}$  відповідає діапазон часу експлуатації тахеометрів від 2870 годин при  $P_{i.c.}=0,90$  до 2480 годин при  $P_{i.c.}=0,95$ .

Експериментально визначений діапазон часу експлуатації тахеометрів дав можливість установити раціональний діапазон значень МПІ від 12 місяців при  $P_{i.c.}=0,90$  до 10 місяців при  $P_{i.c.}=0,95$ . Отриманий результат узгоджується зі значеннями ряду бажаних чисел згідно з нормативним документом РМГ 74-2004, який застосовується при призначенні МПІ. Остаточне рішення щодо величини

раціонального МПІ приймали відповідно до РМГ 74-2004 за умови  $T = \min [T_1, T_2]$ , при якій рекомендоване значення МПІ електронних тахеометрів типу Та5 відповідає 10 місяцям.

### Висновки

На основі теорії ланцюгів Маркова з дискретними станами та безперервним часом і результатів експериментальних досліджень нестабільності метрологічних характеристик електронних тахеометрів розроблено математичну модель імовірнісної оцінки та прогнозування їх метрологічної надійності. Застосування розробленої моделі дає можливість визначити оптимальний міжповірочний інтервал електронних тахеометрів типу Та5 з урахуванням нормативного критерію імовірності метрологічної справності засобів вимірювань  $P_{i.c.}=0,95$  і рекомендувати зменшення на два місяці значення міжповірочного інтервалу, рекомендованого чинними стандартами. Запропонований підхід є універсальним та дозволяє визначати оптимальний міжповірочний інтервал широкого кола високоточних засобів вимірювань при забезпеченні їх регламентованої метрологічної надійності.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Екимов А. В. Надежность средств измерительной техники / А. В. Екимов, М. И. Ревяков. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 206 с.
2. Фридман А. Э. Теория метрологической надежности средств измерений / А. Э. Фридман // Измерительная техника. – 1991. – №11. – С. 3–10.
3. Новицкий П. В. Динамика погрешностей средств измерений/ П. В. Новицкий, И. А. Зограф, В. С. Лабунец. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 193 с.
4. Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений. РМГ 74-2004. – Взамен МИ 2187-92. – [Введ. 2005-01-03.] – М.: Госстандарт России, 2004. – 22 с.
5. Тихонов В. И. Марковские процессы / В. И. Тихонов, М. А. Миронов. – М.: Сов. радио, 1977. – 200 с.
6. Федин С.С. Прогнозирование и вероятностная оценка метрологической надежности прецизионных средств измерений / С.С. Федин, Н.А. Зубрецкая, Г.И. Войченко // Вісник Сумського державного університету. – 2009. – №4. – С. 201 – 210.

*С.С. Федін, Н.А. Зубрецькая, А.С. Гончаров*

***Вероятностная оценка оптимального межповерочного интервала высокоточных средств измерений.***

*В статье с учетом нормативного критерия вероятности метрологической исправности разработана марковская математическая модель вероятностной оценки и прогнозирования оптимального межповерочный интервала электронных тахеометров типа Та5.*

***Ключевые слова:*** *вероятностная оценка, прогнозирование межповерочного интервала, марковская математическая модель, электронный тахеометр.*

*S.S. Fedin, N.A. Zubreckaya, A.S. Goncharov*

***Probabilistic estimation of optimum interesting interval of high-fidelity facilities of measuring.***

*In the article taking into account the normative criterion of probability of metrology good condition the markov mathematical model of forecasting and probabilistic estimation is developed optimum interesting interval of electronic takheometers of Ta5 type.*

***Keywords:*** *probabilistic estimation, interesting interval, markov mathematical model, electronic takheometer.*