

17. [3]: Морозов С. И., Попов М. В. Расчет температурных режимов укладки сварных рельсовых плетей на лесовозных железных дорогах узкой колеи (750 мм): Методич. указания к курсовому и дипломному проектированию.— Архангельск: АЛТИ, 1990.— 28 с. [4]. Технические указания по укладке и содержанию бесстыкового пути. М.: Транспорт, 1982.— 128 с.

Поступила 4 ноября 1991 г.

УДК 519:630*527

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ДИАМЕТРОВ И УЧЕТЕ ОБЪЕМОВ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

В. В. ХАРИТОНОВ, Б. Г. СТАРОДУБЕЦ

Московский лесотехнический институт

Необходимым условием обеспечения достаточной точности автоматизированного учета объемов круглых лесоматериалов является применение таких средств измерения диаметров, которые удовлетворяют нормированное значение предела допускаемой систематической погрешности. Оценка ее влияния на погрешность учета объемов основывается на вероятностном распределении диаметров в учитываемой совокупности и на интервальных оценках вероятности возникновения погрешности измерения на границах соседних градаций диаметров в диапазоне измерения [2].

Наряду с существующим анализом процесса измерения диаметров и точности учета объемов в условиях влияния систематической погрешности измерительного устройства, целесообразно дать комплексное описание вероятностных процессов, характеризующихся переходными вероятностями взаимосвязи между градациями диаметров.

На рис. 1 приведен граф вероятностных состояний при измерении диаметров для оценки точности учета объемов. На нем показаны направления переходных вероятностей взаимных связей между вероятностями состояний, соответствующими плотности распределения диаметров по градациям: для погрешностей измерения с положительным знаком — $p_{12}, p_{23}, \dots, p_{(k-1)k}, p_{k(k+1)}, \dots, p_{(n-1)n}$ и с отрицательным — $p_{21}, p_{32}, \dots, p_{k(k-1)}, p_{(k+1)k}, \dots, p_{n(n-1)}$. В целях формализации для p_1 и p_n показаны также переходные вероятности p_{01}, p_{10} и p_{n0}, p_{0n} , имеющие нулевые значения.

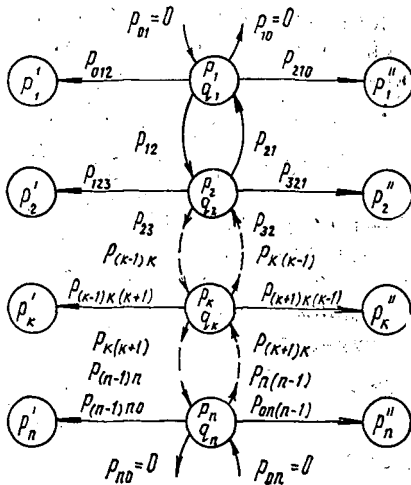


Рис. 1. Граф вероятностных состояний градаций измерения

Для положительных значений погрешности вероятности взаимных связей между градациями определяются по рекуррентным формулам

$$\begin{aligned}
 p_{12} &= p_1 q_1; \\
 p_{23} &= (p_2 + p_{12}) q_2; \\
 &\dots \dots \dots \\
 p_{(k-1)k} &= (p_{k-1} + p_{(k-2)(k-1)}) q_{k-1}; \\
 p_{k(k+1)} &= (p_k + p_{(k-1)k}) q_k; \\
 &\dots \dots \dots \\
 p_{(n-1)n} &= (p_{n-1} + p_{(n-2)(n-1)}) q_{n-1},
 \end{aligned} \tag{1}$$

где $p_1, p_2, \dots, p_k, \dots, p_n$ — вероятности состояний, соответствующие плотности распределения диаметров круглых лесоматериалов по n градациям диапазона измерения;

$q_1, q_2, \dots, q_k, \dots, q_n$ — интервальные оценки вероятности возникновения погрешности измерения на границах градаций диаметров.

При отрицательных значениях погрешности рекуррентные формулы (1) целесообразно записывать начиная с последней (n -й) градации, которой соответствует вероятность состояния p_n :

$$\begin{aligned}
 p_{n(n-1)} &= p_n q_n; \\
 p_{(n-1)(n-2)} &= (p_{n-1} + p_{n(n-1)}) q_{n-1}; \\
 &\dots \dots \dots \\
 p_{(k+1)k} &= (p_{k+1} + p_{(k+2)(k+1)}) q_{k+1}; \\
 p_{k(k-1)} &= (p_k + p_{(k+1)k}) q_k; \\
 &\dots \dots \dots \\
 p_{32} &= (p_3 + p_{43}) q_3; \\
 p_{21} &= (p_2 + p_{32}) q_2.
 \end{aligned} \tag{2}$$

Вероятности возникновения погрешности измерения на границах градаций диаметров определяются согласно [1] исходя из линейной аппроксимации плотности распределения диаметров в интервалах $t/2 \pm \Delta$:

$$q_i = \frac{[2p_{i-1}^t \pm (p_{i \pm 1} - p_i)(t \pm \Delta)/t] \Delta}{(p_i + p_{i \pm 1})^t}, \tag{3}$$

где i — номер градации, $i = 1, 2, \dots, k, \dots, n$;

t — величина градации;

Δ — предел допускаемой систематической погрешности измерения диаметров.

Величина p_{i-1}^t зависит от знака Δ :

при $\Delta > 0$

$$p_{i-1}^t = p_i;$$

при $\Delta < 0$

$$p_{i-1}^t = p_{i-1}.$$

Совместное влияние переходных вероятностей взаимных связей характеризуется кумулятивными вероятностями для каждой градации: при $\Delta > 0$

$$\begin{aligned}
 p_{012} &= p_{01} - p_{12}; \\
 p_{123} &= p_{12} - p_{23}; \\
 &\dots \dots \dots \\
 p_{(k-1)k(k+1)} &= p_{(k-1)k} - p_{k(k+1)}; \\
 &\dots \dots \dots \\
 p_{(n-1)n0} &= p_{(n-1)n} - p_{n0};
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

при $\Delta < 0$

$$\begin{aligned}
 p_{210} &= p_{21} - p_{10}; \\
 p_{321} &= p_{32} - p_{21}; \\
 &\dots \dots \dots \\
 p_{(k+1)k(k-1)} &= p_{(k+1)k} - p_{k(k-1)}; \\
 &\dots \dots \dots \\
 p_{0n(n-1)} &= p_{0n} - p_{n(n-1)}.
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Кумулятивные вероятности, в свою очередь, определяют скорректированные вероятности трансформированных состояний из-за влияния положительных и отрицательных погрешностей измерения.

Таким образом, трансформированные состояния градаций плотности распределения диаметров характеризуются новыми значениями вероятностей, пересчитанными с учетом формул (4) и (5):

при $\Delta > 0$

$$\begin{aligned}
 p'_1 &= p_1 + p_{012} = p_1 + p_{01} - p_{12} = p_1 - p_{12}; \\
 p'_2 &= p_2 + p_{123} = p_2 + p_{12} - p_{23}; \\
 &\dots \dots \dots \\
 p'_k &= p_k + p_{(k-1)k(k+1)} = p_k + p_{(k-1)k} - p_{k(k+1)}; \\
 &\dots \dots \dots \\
 p'_n &= p_n + p_{(n-1)n0} = p_n + p_{(n-1)n} - p_{n0} = p_n + p_{(n-1)n};
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

при $\Delta < 0$

$$\begin{aligned}
 p''_1 &= p_1 + p_{210} = p_1 + p_{21}; \\
 p''_2 &= p_2 + p_{321} = p_2 + p_{32} - p_{21}; \\
 &\dots \dots \dots \\
 p''_k &= p_k + p_{(k+1)k(k-1)} = p_k + p_{(k+1)k} - p_{k(k-1)}; \\
 &\dots \dots \dots \\
 p''_n &= p_n + p_{0n(n-1)} = p_n + p_{0n} - p_{n(n-1)} = p_n - p_{n(n-1)}.
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

Подставляя в выражения (6) и (7) рекуррентные формулы (1) и (2), а также применяя схему Горнера, получаем:

при $\Delta > 0$

$$p'_1 = (1 - q_1) p_1;$$

$$p'_2 = (1 - q_2)(p_2 + q_1 p_1);$$

.....

(8)

$$p'_k = (1 - q_k)[p_k + q_{k-1}(p_{k-1} + \dots + q_2(p_2 + q_1 p_1) \dots)];$$

.....

$$p'_n = p_n + q_{n-1}[p_{n-1} + \dots + q_2(p_2 + q_1 p_1) \dots];$$

при $\Delta < 0$

$$p''_1 = p_1 + q_2[p_2 + \dots + q_{n-1}(p_{n-1} + q_n p_n) \dots];$$

$$p''_2 = (1 - q_2)[p_2 + \dots + q_{n-1}(p_{n-1} + q_n p_n) \dots];$$

.....

(9)

$$p''_k = (1 - p_k)[p_k + q_{k+1}(p_{k+1} + \dots + q_{n-1}(p_{n-1} + q_n p_n) \dots)];$$

.....

$$p''_n = (1 - q_n) p_n.$$

Поскольку вероятностям состояний p_1, p_2, \dots, p_n соответствуют значения объемов V_1, V_2, \dots, V_n , то влияние систематической погрешности измерения диаметров на погрешность учета объемов круглых лесоматериалов (%) для трансформированных состояний (8) и (9) можно оценить по формуле

$$\delta = \left(\frac{\sum_{i=1}^n p'_i V_i}{\sum_{i=1}^n p_i V_i} - 1 \right) 100. \quad (10)$$

В отличие от формулы для оценки погрешности учета (%) по детерминированным и интервальным вероятностям p_i и q_i

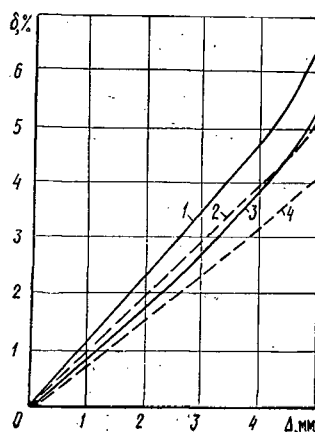
$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^n p_i q_i (V_{i \pm 1} - V_i)}{\sum_{i=1}^n p_i V_i} 100 \quad (11)$$

выражение (10) построено на комплексном описании процесса формирования вероятностных состояний градаций диапазона измерения, обусловленных погрешностями измерительного устройства. Это позволяет учесть дополнительное влияние погрешности измерения через вероятностный механизм взаимосвязи между градациями.

На рис. 2 показаны графики изменения погрешности учета объемов круглых лесоматериалов в зависимости от погрешности измерения диаметров (положительного знака), полученные по расчетным формулам (10) и (11). Детерминированные вероятности p_i и интервальные оценки вероятностей q_i получены на основе экспериментальных распределений диаметров круглых лесоматериалов, образующих учитываемые совокупности по наименованиям сортиментов: катушечный кряж — длина 2,0 м, средний диаметр 22 см (кривые 1, 3) и пиловочник хвойный — длина 6,5 м, средний диаметр 24 см (кривые 2, 4).

Как видно из графиков, наибольшее влияние на погрешность учета оказывают вероятности трансформированных состояний градаций для

Рис. 2. Зависимости погрешности учета объемов от погрешности измерения диаметров: 1, 2 — для вероятностей p_i трансформированных состояний градаций, 3, 4 — для детерминированных и интервальных вероятностей p_i и q_i



погрешностей измерения диаметров, превышающих пределы допустимой погрешности систематической составляющей ± 2 мм по ГОСТ 21524—76. В связи с этим необходимо нормировать метрологические характеристики средств измерений диаметров, основанные на оценке точности учета в условиях вероятностных процессов формирования погрешности измерения.

Таким образом, проведенный анализ показал возможность комплексного подхода к описанию вероятностных состояний градаций диапазона измерения диаметров, характеризующихся как взаимными связями между состояниями, так и совместным их влиянием на детерминированные вероятности плотности распределения измеряемой величины. Результирующие (кумулятивные) вероятности, не изменяя вида закона распределения, уточняют вероятностные характеристики, что позволяет повысить достоверность точностных оценок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Стародубец Б. Г. Моделирование входных параметров автоматизированного процесса учета лесоматериалов // Комплексная механизация и автоматизация работ на нижних складах: Тр. / ЦНИИМЭ.—1983.—С. 124—130. [2]. Стародубец Б. Г. Точностный анализ автоматизированного учета объемов круглых лесоматериалов // Метрология.—1984.—№ 5.—С. 7—14.

Поступила 27 ноября 1990 г.

УДК 625.87

МЕТОДИКА РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ПЛЕНКИ ДЛЯ ВРЕМЕННЫХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ ТИПА «ОБОЛОЧКА»

Н. П. ВЫРКО, Л. Г. ГРОМЫКО

Белорусский технологический институт

В настоящее время при строительстве автомобильных лесовозных дорог большое распространение получили полимерные материалы, применение которых повышает несущую способность грунтов, подстилающих земляное полотно.

В Белорусском технологическом институте на кафедре транспорта леса разработана конструкция из полиэтиленовой пленки типа «оболочка» (рис. 1). Она представляет собой шланг диаметром 100...