

УДК 631.1.016:631.189

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА РАСЧЕТОВ ДОВЕРИТЕЛЬНОГО  
ИНТЕРВАЛА И ДОВЕРИТЕЛЬНОЙ ВЕРОЯТНОСТИ ПРИ  
ПРОВЕДЕНИИ ВЫСОКОТОЧНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ**

**Свиридова Татьяна Александровна**

студентка

**Смолянинов Владимир Митрофанович**

доктор географических наук, профессор

smolos-33@yandex.ru

**Корнеев Владимир Иванович**

старший преподаватель

vkorneyv@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

**Аннотация.** Статья посвящена актуальной проблеме - рассмотрению применения математического метода доверительных интервалов и доверительной вероятности в инженерной геодезии. Данная методика может применяться для высокоточных геодезических работ.

**Ключевые слова:** высокоточные геодезические измерения, теория вероятности, доверительные интервалы и доверительная вероятность, точное земледелие, геодезические приборы, распределение погрешности измерений.

Некоторые виды геодезических измерений требуют большого числа замеров для повышения точности. В связи с этим возрастает вероятность случайной погрешности. Для исключения грубых ошибок применяется метод доверительных интервалов и доверительной вероятности. В инженерной геодезии данная методика применяется для высокоточных работ [7, 8, 10]. Например, при высотном строительстве, в горном деле, при строительстве туннелей и мостов, а так же проверке точности современных геодезических приборов. Мы предлагаем использовать данный метод в системе точного земледелия, для более эффективного использования сельскохозяйственной техники, управляемой с помощью спутниковой системы.

Для подавляющего большинства простых измерений достаточно хорошо выполняется так называемый нормальный закон случайных погрешностей (закон Гаусса). Уравнение кривой распределения Гаусса имеет вид:

$$f(\Delta x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{\Delta x^2}{2\sigma^2}},$$

где  $f(\Delta x)$  - функция распределения случайных ошибок (погрешностей), характеризующая вероятность появления ошибки  $\Delta x$ ,  $\sigma$  - средняя квадратичная ошибка [1].

Величина  $\sigma$  не является случайной величиной и характеризует процесс измерений. Если условия измерений не изменяются, то  $\sigma$  остается постоянной величиной. Квадрат этой величины называют дисперсией измерений. Чем меньше дисперсия, тем меньше разброс отдельных значений и тем выше точность измерений. Интервал значений от  $\bar{x} - \Delta x$  до  $\bar{x} + \Delta x$ , в который попадает истинное значение измеряемой величины  $\mu$ , называется доверительным интервалом. Поскольку  $\Delta x$  является случайной величиной, то истинное значение попадает в доверительный интервал с вероятностью  $\alpha$ , которая называется доверительной вероятностью, или надежностью измерений [2-5].

Все это справедливо для достаточно большого числа измерений, когда  $S_{\bar{x}}$  близка к  $\sigma$ . Для отыскания доверительного интервала и доверительной вероятности при небольшом числе измерений, используется распределение

вероятностей Стьюдента. Это распределение вероятностей случайной величины  $t_{\alpha,n}$ , называемой коэффициентом Стьюдента, дает значение доверительного интервала  $\Delta x$  в долях средней квадратичной ошибки среднего арифметического  $S_{\bar{x}}$ .

$$t_{\alpha,n} = \frac{\Delta x}{S_{\bar{x}}}$$

Распределение вероятностей этой величины не зависит от  $\sigma^2$ , а существенно зависит от числа измерений  $n$ . С увеличением числа измерений  $n$  распределение Стьюдента стремится к распределению Гаусса.

При косвенных измерениях среднюю квадратичную ошибку среднего арифметического значения функции  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_m)$  вычисляют по формуле

$$S_{\bar{y}} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} S_{\bar{x}_i} \right)^2}$$

Доверительный интервал и доверительная вероятность определяются в данном случае так же, как и в случае прямых измерений. Если величина  $y$  определяется при различных условиях расчетов, то в этом случае для каждого из значений  $x_1, x_2, \dots, x_m$  вычисляется  $y_i = f_i(x_1, x_2, \dots, x_m)$ , а затем определяется среднее арифметическое из всех значений [6].

Систематическая (приборная) погрешность находится на основании известных приборных погрешностей всех измерений по формуле. Случайная погрешность в этом случае определяется как ошибка прямого измерения. Поскольку иногда данная функция  $y$  определяется несколько раз при одних и тех же измерениях, значит, систематическая (приборная) погрешность, находится на основании известных приборных погрешностей.

Случайная погрешность может быть следствием неправильно используемой методики измерений или грубой ошибки. Однако, в теоретическом плане мы определяем случайные ошибки для того, чтобы максимально приблизить вероятность результатов измерений к единице.

Например, мы определяем, сколько раз мы можем ошибиться при неоднократном измерении [9].

Такие многочисленные измерения связаны, прежде всего, со спутниковой геодезией и высокоточными геодезическими измерениями, требующими постоянного приборного контроля, когда осуществляется геодезический надзор за ходом проектных работ, что позволяет практически полностью автоматизировать систему отслеживания различных геодезических параметров.

Для системы точного земледелия применение данной методики позволяет осуществлять программирование изменения заданных аргументов по времени, то есть создать простой контроль за отклонением траектории движения техники от заданного направления. Соответствующий сигнал поступит водителю (механизатору) в случае отклонения от заданного маршрута, что повысит безопасность работ и повысит эффективность использования техники.

#### **Список литературы:**

1. Амосов, А.А. Вычислительные методы для инженеров / А.А. Амосов, Ю.А. Дубинский, Н.В. Копченова. - М.: Высшая школа, 2014.
2. Иерархический анализ экспериментальных данных / Л.В. Бобрович, Н.В. Картечина, Н.В. Андреева, С.О. Чиркин // Наука и Образование. - 2019. - Т. 2. - № 3. - С. 2.
3. Корнеев, В.И. Использование современных геодезических приборов в ландшафтном проектировании / В.И. Корнеев, О.И. Чернышова, В.А. Тычинина // Сб.: Инновационные подходы к разработке технологий производства, хранения и переработки продукции растениеводческого кластера: материалы Всероссийской научно-практической конференции. - Мичуринск, 2020. - С. 299-302.
4. Корнеев, В.И. Методические указания для выполнения лабораторно-практических и самостоятельных работ по теме: «Определение

погрешностей геодезических измерений». – Мичуринск: Изд-во Мичуринского государственного аграрного университета, 2018.

5. Корнеев, В.И. Особенности применения геоинформационных систем в землеустройстве / В.И. Корнеев, Ю.В. Куксова, В.М. Мазепо // Сб.: Инновационные подходы к разработке технологий производства, хранения и переработки продукции растениеводческого кластера: материалы Всероссийской научно-практической конференции. - Мичуринск, 2020. - С. 302-304.

6. Маркузе, Ю.И. Теория математической обработки геодезических измерений: учебное пособие / Ю.И. Маркузе, В.В. Голубев. - М.: Академический проект, 2010. - 247 с.

7. Некоторые возможности применения mathcad для решения инженерных задач в АПК / О.С. Дьячкова, С.В. Дьячков, О.С. Картечина, Н.В. Картечина // Наука и Образование. - 2019. - Т. 2. - № 4. - С. 203.

8. Смагин, Б.И. Математические методы и модели в аграрном секторе экономики / Б.И. Смагин // Актуальные проблемы науки и образования: сборник статей по итогам научно-исследовательской и инновационной работы Социально-педагогического института ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ за 2017 год. - Мичуринск, 2017. - С. 225-235.

9. Соловьев, И.А. Прикладная математика. Численные методы: учебное пособие / И.А. Соловьев. - М.: Изд-во ГУЗ, 2017.

10. Сравнение нормального распределения и эмпирической функции распределения при статистической обработке результатов измерений / Н.В. Картечина, Л.В. Бобрович, Н.В. Пчелинцева, О.С. Картечина // Наука и Образование. - 2019. - Т. 2. - № 3. - С. 20.

**UDC 631.1.016:631.189**

**USING THE METHOD OF CALCULATING THE CONFIDENCE  
INTERVAL AND CONFIDENCE PROBABILITY FOR HIGH-PRECISION  
GEODETIC MEASUREMENTS**

**Sviridova Tatyana Aleksandrovna**

student

**Smolyaninov Vladimir Mitrofanovich**

Doctor of Geographical Sciences, Professor

smolos-33@yandex.ru

**Korneev Vladimir Ivanovich**

Senior lecturer

vkorneyv@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

**Annotation.** The article is devoted to an actual problem-consideration of the application of the mathematical method of confidence intervals and confidence probability in engineering geodesy. This technique can be used for high-precision geodetic works.

**Key words:** high-precision geodetic measurements, probability theory, confidence intervals and confidence probability, precision agriculture, geodetic instruments, distribution of measurement error.