

Литература

1. **Артес А. Э.** Развитие кузнечно-прессового производства в отечественном машиностроении // Вестник МГТУ «СТАНКИН». 2010. № 2. С. 6—12.
2. **Пономарев А. С., Сосенушкин Е. Н., Артес А. Э., Климов В. Н.** Влияние обработки давлением на микроструктуру и качество изделий из высокопрочного чугуна // Вестник МГТУ «СТАНКИН». 2011. № 3. С. 115—120.
3. **Окунькова А. А.** Проектирование и изготовление формообразующих деталей пресс-форм при помощи интегрированных cad/cam-систем (на примере использования pro/engineer) // Вестник МГТУ «СТАНКИН». 2010. № 3. С. 56—60.
4. **Окунькова А. А.** Комплекс контроля геометрических параметров продукции термопластавтомата: разработка структурной схемы // Вестник МГТУ «СТАНКИН». 2011. № 2. С. 75—79.
5. **Окунькова А. А.** Автоматизация технологической подготовки производства деталей пресс-форм на оборудовании с чпу методом электроэрозионной проволоочной обработки // Вестник МГТУ «СТАНКИН». 2008. № 4. С. 76—81.
6. **Артес А. Э., Сосенушкин Е. Н., Третьюхин В. В., Окунькова А. А., Гуреева Т. В.** Новые ресурсо- и энергосберегающие технологии изготовления деталей обработкой давлением // Вестник машиностроения. 2013. № 5. С. 72—74.
7. **Козочкин М. П., Кочинев Н. А., Сабиров Ф. С.** Диагностика и мониторинг сложных технологических процессов с помощью измерения виброакустических сигналов // Измерительная техника. 2006. № 7. С. 30—34.
8. **Григорьев С. Н., Козочкин М. П., Сабиров Ф. С., Снопальников В. А.** Проблемы технической диагностики станочного оборудования на современном этапе развития // Вестник МГТУ «СТАНКИН». 2010. № 4. С. 27—36.

9. **Козочкин М. П., Сабиров Ф. С.** Оперативная диагностика при металлообработке — проблемы и задачи // Вестник МГТУ «СТАНКИН». 2008. № 3. С. 14—18.
10. **Козочкин М. П., Порватов А. Н., Сабиров Ф. С.** Оснащение технологического оборудования информационно-измерительными системами // Измерительная техника. 2012. № 5. С. 29—32.
11. **Grigoriev S. N., Kozochkin M. P., Sabirov F. S., Kutin A. A.** Diagnostic systems as basis for technological improvement // Proc. CIRP. 2012. V. 1. P. 599—604.
12. **ГОСТ 2789—73.** Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
13. **Демин В. А., Еськова И. А., Николаев А. Б., Окунькова А. А., Приходько М. В.** Программно-моделирующий комплекс создания аналитико-имитационных моделей для поддержки жизненного цикла дорожно-строительной техники // Вестник МГТУ «СТАНКИН». 2014. № 1 (28). С. 75—80.
14. **Díaz L. A., Torrecillas R., Montes-Morán M. A., Peretyagin P. Y., Vladimirov Y. G., Okunkova A. A., Moya J. S.** Zirconia-alumina-nanodiamond composites with gemological properties // J. Nanopart. Res. 2014. V. 16. N. 2. P. 2257.
15. **Gutierrez-Gonzalez C. F., Fernandez-Garcia E., Fernandez A., Torrecillas R., Lopez-Esteban S.** Processing, spark plasma sintering, and mechanical behavior of alumina/titanium composites // J. Mater. Sci. 2014. V. 49. N. 10. P. 3823—3830.
16. **López-Esteban S., Bartolomé J. F., Esteban-Tejeda L., Moya J. S., Díaz L. A., Prado C., López-Piriz R., Torrecillas R.** Mechanical performance of a biocompatible biocide soda-lime glassceramic // J. Mech. Behaviour Biomed. Mater. 2014. V. 34. P. 302—312.

Дата принятия 27.05.2015 г.

ЛИНЕЙНЫЕ И УГЛОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

537.87:621.371

Локационные измерения и их погрешности

С. Н. ГУЗЕВИЧ

Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт,
С.-Петербург, Россия, e-mail: Guzevich@yandex.ru

Рассмотрена систематическая погрешность локационных измерений, связанная с временем прохождения сигнала. Показано, что расстояния до объектов зависят от углов их обзора, а временная зависимость является опосредованной. Локационные измерения выполнены в проективной системе координат, применение в которой одного измерительного прибора приводит к появлению двух измерительных зон и систематической погрешности.

Ключевые слова: локация, зрение, детерминированность, проективная система координат, отображение, образ, луч, проекция.

The systematic error of radar measurements associated with the measurement of signal transit time is considered. It is shown that the distance to objects depends on the survey angle and the time dependence is mediate. The location measurements are performed in projective coordinate in which the application of one measuring instrument brings to appearance of two measuring zones and systematic errors.

Key words: location, vision, determinacy, projective coordinate system, mapping, image, beam, projection.

Локация является одним из средств получения информации об окружающем пространстве и используется для определения местоположения и размеров объектов. Лока-

торы — устройства, обеспечивающие выполнение косвенных измерений линейных размеров и положения объекта, находящегося на расстоянии от них. Локацию можно прово-

дять в воздушной, водной или плотной средах и применять для решения различных прикладных задач, методология проведения которых аналогична. Подобные задачи обобщает использование волновых средств передачи информации, характеризующихся такими параметрами, как мощность и частота, а различия этих задач заключаются в реакции окружающей среды на воздействие волнового движения и, как следствие, изменение основных параметров, обеспечивающих их распространение. Локацию применяют как биологические объекты, которые используют ее с высокой эффективностью, достоверностью, точностью и разрешающей способностью, так и в технических устройствах.

Ближайший биологический аналог локации — зрение, которое для человека является эталоном точности и достоверности. Геометрические построения и проективная система координат — основа для построения образов объектов [1]. Использование геометрических правил для построения образов объектов гарантирует достоверность отображений и детерминированность их описания.

Для модельного описания локационных измерений используют физические зависимости, построенные на ряде допущений и описываемые в системе координат Декарта. В начальной стадии представление о моделях всегда формулируют приближенно. Всякое допущение является отступлением от наблюдаемого процесса и ведет к трансформируемой погрешности [2], которая может проявиться в других условиях, внешне слабо связанных. В настоящее время локационные измерения размеров объектов выполняют на основе итерационных процессов или же метода последовательных приближений [3, 4]. Использование локационных средств в сложных метеорологических условиях приводят к не имеющим четкого физического объяснения авариям в авиации и на флоте. Поэтому необходима общая, проводимая вне зависимости от среды, методика описания локационных процессов, в которой результаты измерений будут детерминированы, достоверны, а также представлены с требуемой разрешающей способностью и точностью. Совмещение нескольких процессов в локации требует выделения главного из них, т. е. обеспечивающего получение новой, наи-

более полно отражающей реальность, информации. [5]. Возможность использования полученных данных для решения прямой и обратной задач является основным функциональным свойством информации.

Исключение стохастичности локационных измерений достигается при использовании линейных геометрических построений. Аттестация достоверности и разрешающей способности таких измерений играет решающую роль при метрологической оценке безопасности их применения.

Модель измерений положения объекта. В настоящее время общепринята модель локационных измерений, в которой постулировано постоянство скорости распространения процессов в среде, а измерение расстояний до объекта выполнено по оценкам времени с момента излучения до момента приема отраженного от объекта сигнала. В этом случае скорость распространения информации v рассматривают как векторную или скалярную величину, а время t — как скаляр. Тогда расстояние до объекта R можно рассматривать по оценке скорости, т. е. $R = vt$. Однако постоянство скорости распространения информации в различных средах не подтверждается, и возникает необходимость ее анализа с помощью дополнительных устройств и методических измерений. В гидролокации, например, применяют отдельные приборы для измерения скорости звука в воде.

В качестве методик повышения точности измерений используют фазовый метод, сущность которого заключается в определении времени между отображениями волнового процесса, имеющими одинаковое фазовое состояние, и лежащими в двух точках на известном отдалении (базе). В этом случае утверждение о постоянстве скорости распространения информации сохраняется. Возникает вопрос: всегда ли это допущение можно использовать, если его достоверность опровергается практикой, и какой постулат необходим, чтобы результат измерений был достоверен? Попытаемся ответить.

Измерение локатором расстояний до объекта при постулировании постоянства скорости и использовании одного приемного устройства. Рассмотрим модель локационных измерений приближающегося объекта при использовании одного измерительного прибора. На рис. 1 показан процесс изменения образа принимаемого сигнала A_i при приближении объекта a к локатору C , имеющему постоянный угол раскрытия антенны $\Delta\beta$. Объект a движется по направлению оси наблюдений Y и проходит две зоны, обозначенные R_{1i} , R_{2i} . Объект имеет два отображаемых параметра, лежащих в плоскости $\Gamma\Omega$, ортогональной оси Y : амплитуду принимаемого сигнала A_i и протяженность отображения a_i , которые в зависимости от зоны измерений имеют обозначения A_{1i} , A_{2i} , a_{R1} , a_{R2} . В локационных измерениях протяженность отображения объекта обычно не учитывают, хотя она обязательно присутствует в принимаемом сигнале на оси Γ и играет решающую роль в характере измерений его положения. Точка перегиба графика амплитуд A_i (см. рис. 1) является границей разделения зон локации и характеризуется расстоянием R_0 , при котором линейное раскрытие антенны равно размеру объекта a , амплитудой A_0 и полным перекрытием угла $\Delta\beta$ наблюдаемым размером объекта. Проанализируем процесс измерений в каждой из зон.

Локационный процесс описывается с помощью лучей, исходящих из локатора в секторе угла раскрытия антенны $\Delta\beta$, и угла обзора объекта χ_{1i} . При приближении объекта a к локатору его проекция a_{1i} увеличивается пропорционально

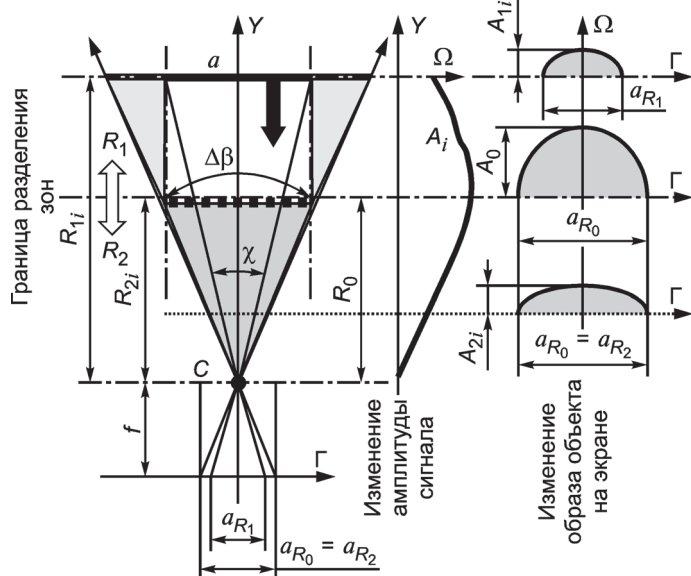


Рис. 1. Модель построений образов объекта локатором при использовании одного измерителя

углу засвечивания объекта χ_i , т. е. линейно расстоянию R_{1i} . Первоначально отображение поперечного сечения объекта не учитывается, при этом текущее положение объекта R_{1i} определяется по изменяющемуся углу обзора χ_{1i} :

$$a_{1i} = af/R_{1i} = f \operatorname{tg} \chi_{1i}, \quad (1)$$

где f — расстояние экрана до центра проектирования или измерительного прибора; $R_{1i} = a \operatorname{ctg} \chi_{1i}$.

Треугольники, опирающиеся на основания в угле засвечивания объекта χ_i (см. рис. 1), связаны временными зависимостями через углы сканирования и пространственными отношениями через расстояния до объекта, т. е. $\operatorname{ctg} \chi / \operatorname{ctg} \Delta\beta = R_{1i}/R_0$.

Если предположить, что скорость перемещения информации постоянна, а время определяется частотой сканирования луча по кругу (что и обеспечивает его развертка во времени в электронно-лучевой трубке), тогда

$$\left. \begin{aligned} R_0 &= V_{\text{cp}} t_0; \\ R_{1i} &= R_0 t_{1i} / t_0 = V_{\text{cp}} t_{1i} \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

где V_{cp} — линейная скорость распространения волны в среде; t_0, t_{1i} — промежутки времени соответственно сканирования луча по кругу и принятого за эквивалентный заменитель угла обзора объекта.

Из (2) следует тождественное равенство

$$\operatorname{ctg} \chi / \operatorname{ctg} \Delta\beta = R_{1i}/R_0 = V_{\text{cp}} t_{1i} / V_{\text{cp}} t_0 = t_{1i}/t_0.$$

Таким образом, замена угла обзора объекта промежуток времени проведена методически правильно, но всегда ли? Объект при локации отображается в виде образа, что обязательно выполняется, но не всегда используется. Рассмотрим основные этапы построения образа объекта, имеющего поперечное сечение в виде квадрата или круга. По оси Γ отображается его длина a_{1i} , а по оси Ω — амплитуда сигнала A_{1i} . При приближении объекта a_{1i} увеличивается длина его образа в соответствии с (1). Одновременно увеличивается площадь отражающей поверхности, которая при указанном поперечном сечении объекта возрастает в квадрате, вызывая пропорциональное изменение амплитуды A_{1i} , положение которой связано с центром образа объекта:

$$A_{1i} \equiv k_{\Phi} a_{1i}^2 = k_{\Phi} (f \operatorname{tg} \chi_{1i})^2,$$

где k_{Φ} — коэффициент отражения объекта, который может иметь функциональную зависимость.

Потенциал принимаемого сигнала U_{1i} , равный поверхности образа объекта, возрастает пропорционально произведению A_{1i} и a_{1i} :

$$U_{1i} = A_{1i} a_{1i} = k_{\Phi} a_{1i}^3 = k_{\Phi} (f \operatorname{tg} \chi_{1i})^3.$$

Данные, поступающие в локатор C , находят из отношения площадей треугольников, заданных углами $\chi_i, \Delta\beta$ и положения объекта по оси $Y-R_i$. При этом на вертикальной оси Ω отображаются изменения амплитуды сигнала. При определении расстояний до объекта углы не учитывают, а изме-

ряют только время прихода отраженного сигнала, которое в проективной системе координат определяется циклом углового сканирования, т. е. промежутком прохода луча по круговой орбите от одной границы объекта до другой. Этот промежуток времени центрирован относительно объекта: $t_i = \pi - \chi_i/2$. В этом случае угол χ_i является оценкой времени углового сканирования поверхности a объекта, а угол $\Delta\beta$ — промежутком времени раскрытия антенны. Причем χ_i изменяется с постоянной функциональной зависимостью в интервале $0-\pi$, зависящей от частоты сканирования. После обеспечения равенства $\chi_{1i} = \Delta\beta$ отображение угла в виде проекции не изменяется ($a_{1i} = \operatorname{const}$), а его значение входит в оценку положения объекта. Область, в которой $\chi_{1i} < \Delta\beta$, назовем дальней зоной измерений.

Рассмотрим область, в которой угол обзора χ_{2i} больше угла раскрытия антенны $\chi_{1i} > \Delta\beta$, и назовем такую область измерений ближней зоной объекта. В этой зоне (см. рис. 1) отображения объекта показаны лучами, проходящими через локатор C . Протяженность отображения a_{R2i} в ближней зоне остается постоянной, так как ее размер определяется только углом раскрытия антенны:

$$a_{2i} = a_0 = R_{2i} \operatorname{tg} \Delta\beta = a_0 R_{2i} / R_0. \quad (3)$$

Следовательно, a_{2i} не зависит от χ_{1i} и времени. Амплитуда сигнала A_{2i} пропорциональна квадрату длины образа a_{2i} и также не зависит от времени. Аналогично с поверхностью образа возрастает и потенциал принимаемого сигнала U_{2i} :

$$U_{2i} = A_{2i} a_{2i} = k_{\Phi} a_{1i}^3 = k_{\Phi} (R_{2i} f \operatorname{tg} \Delta\beta)^3. \quad (4)$$

Из выражений (3), (4) следует, что ни один из параметров, характеризующих отображение или образ объекта, не зависит от угла обзора объекта χ_{1i} и, следовательно, времени. Таким образом, когда объект находится в ближней зоне, нельзя использовать постулат о постоянстве скорости распространения информации при работе с локатором, имеющим один приемник. Этот факт необходимо учитывать для предотвращения аварий в авиации и на флоте. Поэтому при использовании локатора с одним измерительным прибором необходимо различать две локационные зоны, размеры которых зависят от a и $\Delta\beta$: дальнюю, когда $\chi_{1i} < \Delta\beta$ и $R_{1i} \gg a \operatorname{ctg} \Delta\beta$, и ближнюю, когда $\chi_{2i} < \Delta\beta$ и $R_{2i} \leq a \operatorname{ctg} \Delta\beta$.

Анализ характера изменений сигнала, получаемого локатором по результатам измерений времени, показал, что для определения положения объекта R_i и его параметров информационными показателями являются площадь или потенциал образа объекта. Кроме того, все построения (см. рис. 1) получены линейным соединением объекта и его образа прямолинейными лучами, проходящими через центр. Эти построения соответствуют условиям центрального проектирования и отображению объектов в проективной системе координат [1, 6—10].

В настоящее время углы раскрытия антенн уменьшают для повышения разрешающей способности локатора, что одновременно существенно увеличивает ближнюю зону прибора, не учитывая при этом ее опасного влияния. При поворотах локатора или объекта его наблюдаемый размер может резко увеличиться, при этом характер полученного сигнала приведет к восприятию о быстром удалении объекта или отсутствии опасности сближения. Такие действия явля-

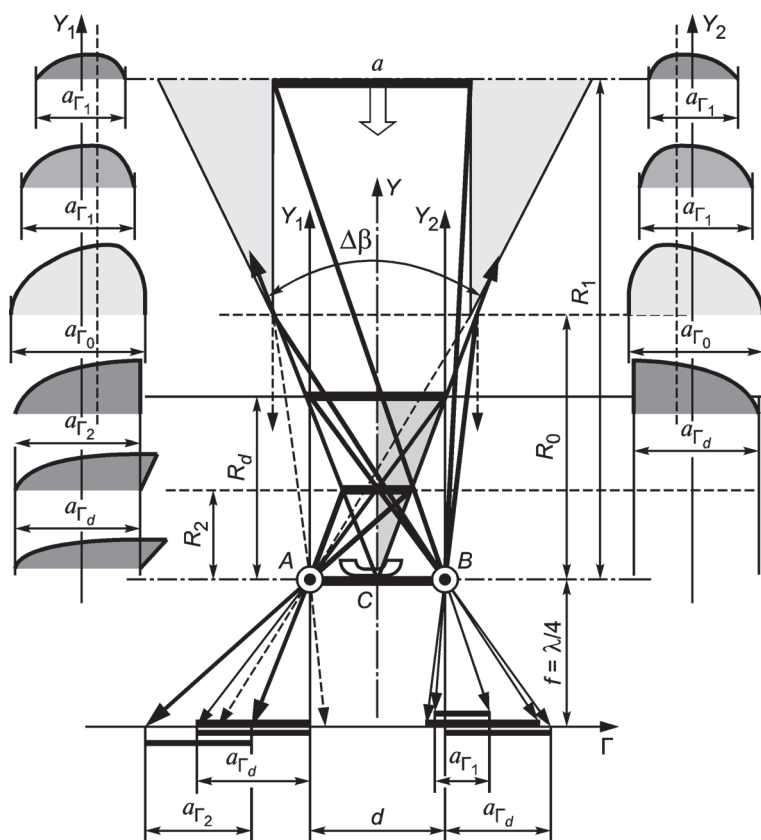


Рис. 2. Модель построений образов объекта локатором при использовании двух измерителей

ются одной из версий причин аварий атомной подводной лодки «Курск» и самолета Суперджет-100 [9].

При использовании одного приемника в локаторе расстояние $R_0 = a \operatorname{ctg} \Delta \beta$ является систематической погрешностью измерений, случайно изменяющейся во времени и в пространстве, так как a — переменная, равная наблюдаемому размеру объекта, которая зависит от его пространственной ориентации относительно оси антенны локатора.

Время прохождения сигнала от измерительного прибора до объекта, используемое для определения расстояния

между ними, является заменой измерений угла обзора объекта методом углового сканирования, некоторой линейной функцией. При применении одного приемника допустимо использование временных измерений в качестве информационного параметра, но только в дальней зоне. Для ближней зоны необходимо учитывать, что временная линейная функция имеет разрыв или изменяется с постоянной неизвестной добавкой. Контроль зонального положения объектов при изменениях пространственной ориентации наблюдаемого объекта относительно антенны локатора невыполним.

Измерения локатором при использовании фазового метода. В фазовом методе измерения выполняют двумя приборами A и B (рис. 2), находящимися на базе длиной d . Рассмотрим случай, когда размер базы d , расположенной по направлению оси Γ , меньше размеров объекта ($d < a$). Излучатель локатора C имеет угол раскрытия антенны $\Delta \beta$ и расположен в центре базы. Движение и параметры объекта аналогичны примеру, рассмотренному выше, отображения образов объекта построены по аналогичным правилам.

В такой ситуации имеются два образа объекта, в которых все аналитические зависимости схожи с предыдущими. Отличием является изменяющееся положение амплитудного значения сигнала относительно центра образа объекта и смещение положения образа относительно границ базы, которые и фиксируют его положение относительно локатора. Для наглядности изменение размеров образа объекта на оси Γ в дальней зоне показано через измерительный прибор B ($a_{\Gamma 2}$), а в ближней зоне — через A ($a_{\Gamma 1}$). Отметим основные тенденции изменений образа объекта. Когда объект приближается к ближней зоне, его протяженность увеличивается, а экстремальное значение амплитуды сдвигается к центру базы. На границе ближней зоны R_0 протяженность образа a_r , амплитуда сигнала A_r и потенциал образа U_r максимальны. При достижении освещаемого размера объекта, равного размеру базы, протяженность образа не меняется, амплитуда сигнала уменьшается, а ее экстремум совпадает с границей базы. При дальнейшем сближении протяженность образа будет постоянной, амплитуда уменьшится, а ее экстремум сдвинется за границы базы. Следовательно, использование пары измерительных приборов позволяет фиксировать приближение объекта и его вход в ближнюю зону по форме образа и его изменениям. Процесс измерений будет продолжаться до момента столкновения объекта с локатором. Именно эти возможности являются объяснением причины, почему природа дала человеку два глаза. Таким образом, применение парного измерительного прибора в проективной системе координат позволяет использовать параметры времени и потенциала образа объекта во всем диапазоне его отображений при косвенных измерениях.

Недостатки фазового метода. Из рассмотренных выше ситуаций следует, что локационный процесс состоит из двух независимых этапов: построение отображений объекта и определение по ним его размеров и ориентации. Ведущим является процесс построения образа (образов) объекта. Однако при использовании фазового метода и парного отображения образов возможно возникновение неоднозначной интерпретации полученных отображений. Например, если база измерений d больше наблюдаемой стороны объекта a ($d > a$), то на ось Γ дополнительно проецируется

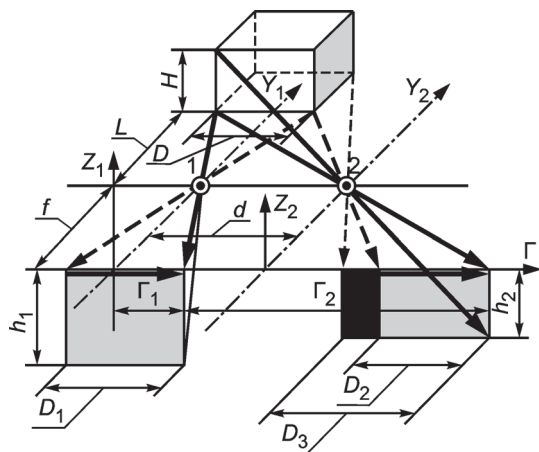


Рис. 3. Модель отображений объекта в парной проективной системе координат

ортогональная сторона объекта. На рис. 3 показано проектирование пространственного объекта, когда $D \parallel \Gamma$. При проектировании через измерительный прибор 1 наблюдаемая проекция образа объекта на оси Γ равна D_1 , а через прибор 2 — D_3 . Наблюдаемая проекция может содержать проекцию ортогональной стороны объекта. В этом случае $D_1 \neq D_3$. Разделить проекцию D_3 на части невозможно без дополнительной информации и использования правил парной проективной системы координат. Такая информация имеется и заключена в физическом параметре — амплитуде сигнала (освещенности, яркости, напряженности и др.). Для определения положения объекта L и его размеров D найдем положение проекции угловой точки объекта на оси Γ в каждой локальной системе координат Γ_1 и Γ_2 . Тогда из подобия треугольников, выделенных непрерывными лучами, получим

$$\begin{cases} \Gamma_2/(L+f)=d/L; \\ L=fd/(\Gamma_2-d)=f/[(\Gamma_2/d)-1]; \\ D=D_2 L/f. \end{cases}$$

Следовательно, в фазовом методе измерений в локации применяют проективную систему координат, но не простую, а парную, соответствующую природному аналогу локационных измерений — зрению. Таким образом, для использования параметра времени во всем диапазоне локационных измерений необходимы отображения образов объекта в парной проективной системе координат. Измерение образов объекта и их изменений позволяет определять не только положение объекта относительно локатора, но и его размеры и ориентацию [6—11].

Различия измерений отраженных сигналов, проводимых в парной проективной системе координат, от измерений, сделанных в одиночной проективной системе, заключается в параметре, принятом за опорный. Для одиночного приемника с постоянным углом раскрытия антенны роль опорного параметра выполняет расстояние R_0 , заданное размером объекта, который неизвестен и может изменяться в зависимости от ориентации объекта. Для парного приемника таким параметром будет известный размер базы d . База между измерительными приборами является мерой пространства (по направлению оси Γ) и времени, определяемой по циклу прохождения сканирующим лучом [9—12]. В этом случае измерения относительны, однако нормирование базы известными мерами обеспечивает выполнение измерений образов в требуемой системе мер. К приемным устройствам в такой ситуации никаких требований по направлениям принимаемых сигналов не предъявляется.

Выводы. Для модельного описания локационных измерений и их погрешностей необходимо использовать геометрические отображения сигналов от объектов в парной проективной системе координат. Выполнение этого условия обеспечивает детерминированность, достоверность модельной оценки положения, ориентации и размеров объекта. Процесс локационных измерений объектов состоит из двух этапов: построения образов объектов и их нормирования. Информационным параметром для определения положения, размеров и ориентации объектов является оцен-

ка параметров площади их образов в парной проективной системе координат.

Постулирование постоянства скорости распространения сигналов допустимо. Использование параметра времени в качестве информационного допустимо только при отображении объектов в парной проективной системе координат. В проективной системе координат (один образ объекта) при применении параметра времени в качестве информационного все измерения выполняют с систематической погрешностью, которая зависит от наблюдаемых размеров объекта и угла раскрытия антенны.

Измерения положения и размеров объекта в парной проективной системе координат имеют относительный характер и опираются на размер базы измерений, как в пространственной, так и временной мере.

Устранение допущений, сделанных на более низком уровне развития науки и техники, является одним из основных направлений повышения качества модельного описания рассматриваемых процессов.

Л и т е р а т у р а

1. Петровская Е. В. Теория образа. М.: Издательский центр РГГУ, 2011.
2. МИ-2174—91. Аттестация алгоритмов и программ обработки данных измерений. Основные положения.
3. Козлов А. И. Радиолокация. Физические основы и проблемы // Соросовский образовательный журнал. 1996. № 6. С. 22—26.
4. Елизаветин И. В., Шувалов Р. И., Буш В. А. Принципы и методы радиолокационной съемки для целей формирования цифровой модели местности // Геодезия и картография. 2009. № 1. С. 39—45.
5. Пузырев Н. Н. О моделях разведочной сейсмологии // Геофизика. 2001. № 5. С. 1—19.
6. Понарин Я. П. Аффинная проективная геометрия. Серия: Математическое просвещение. М.: МЦНМО, 2009.
7. Гузевич С. Н. О стереоскопической модели измерений расстояний в радиотехнических системах // Радиотехника. Информационно-измерительные и управляющие системы. 2007. № 1. С. 4—9.
8. Гузевич С. Н. О достоверности радиолокационных измерений // Авиакосмическое приборостроение. 2013. № 7. С. 34—43.
9. Гузевич С. Н. Косвенные геометрические измерения и условия их выполнения // Прикладная геометрия. М.: МАИ. 2009. Вып. 11. № 23. С. 1—22.
10. Гузевич С. Н. Парная проективная геометрия на постулатах Евклида. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012.
11. Пат. 2431154 РФ. Способ измерения глубин и эхолот для его осуществления / С. Н. Гузевич // Изобретения. Полезные модели. 2011. Бюл. № 12.
12. Пат. 2468336 РФ. Стереоскопический способ измерения расстояний и судовой дальномер-пеленгатор / С. Н. Гузевич // Изобретения. Полезные модели. 2012. Бюл. № 33.

Дата принятия 21.11.2014 г.