

УДК 621.391

ТОЧНОСТЬ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ НЕПОДГОТОВЛЕННОГО НАРУШИТЕЛЯ В СЕЙСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ОХРАНЫ

С.Г. Филатова

Новосибирский государственный технический университет

Одними из перспективных средств охраны периметров большой протяженности являются системы, основанные на регистрации сейсмического сигнала нарушителя. Такие системы обладают рядом преимуществ, основные из которых – пассивный принцип работы и высокая степень маскировки (чувствительные датчики устанавливаются в грунте). Для неподготовленного нарушителя они делают невозможным обнаружение точного места установки и, следовательно, препятствуют его незаметному проникновению на охраняемую территорию. Сейсмические сигналы обладают высокой информативностью. Анализируя сигналы, записанные пространственно разнесенными датчиками, можно определить параметры движения нарушителя – скорость и угол наклона траектории в локальной системе координат. Для оценки параметров движения случайного нарушителя в статье предложен алгоритм, основанный на анализе моментов времени, соответствующих минимальному удалению объекта от чувствительного датчика (траверзный метод). Траектория движения нарушителя при этом аппроксимируется прямой. В статье приведен анализ влияния параметров движения (скорости, угла наклона траектории), а также точности измерения первичных (временных) параметров на точность траверзного метода. Определен интервал углов наклона траектории, в пределах которого оценки обладают приемлемой точностью. Даны рекомендации по корректировке алгоритма в случае выхода величины угла наклона траектории движения за пределы этого интервала.

Ключевые слова: сейсмические системы охраны, нарушитель, параметры движения, скорость, траектория

DOI: 10.17212/1727-2769-2015-4-128-138

Введение

Комплекс мероприятий в любой системе охраны должен быть адекватен возможной угрозе, поэтому сначала нужно охарактеризовать типичного для разрабатываемой системы нарушителя. Этому вопросу посвящено достаточное количество публикаций [1, 2, 3]. Целями нарушителей могут быть спонтанный интерес, причинение ущерба без мотивации, хищение имущества, нанесение умышленного вреда людям или имуществу, сбор информации об объекте и т. д.

В соответствии с целями нарушители в различной степени готовятся к преодолению охраняемого рубежа. При этом информация о физическом принципе работы, месте установки или виде системы охраны, полученная различными путями, может облегчить преодоление зоны обнаружения [1]. Степень осведомленности нарушителей о системе охраны различна – от незнания или некоторого знакомства до полного знания и тренированности преодоления. В связи с этим можно согласиться с зарубежными авторами [4] и выделить четыре типа нарушителей.

Первый – это случайные или неподготовленные нарушители [1, 2], являющиеся основным, наиболее распространенным типом. Они не имеют представления о принципах функционирования комплекса технических средств системы охраны, направление их вторжения преимущественно определяется прилегающей к объекту топологией местности, наличием застройки.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, по государственному заданию № 2014/138, проект № 1176.

Второй тип нарушителей отличается тем, что люди имеют некоторое визуальное представление об установленной охранной сигнализации, что-то читали в технической или популярной литературе, поэтому стараются своим поведением снизить, как им кажется, воздействие на систему охраны. Например, уменьшить или увеличить скорость, применить для преодоления попутные средства или материалы. Такие «неквалифицированные» нарушители, не знающие физического принципа обнаружения, как правило, удовлетворительно обнаруживаются периметровыми системами охраны, но, может быть, не столь уверенно, как случайные. При этом возможны случаи, когда их ухищрения приводят к обратному результату. Таких нарушителей по численности в среднем в 1,5–2 раза меньше, чем случайных, однако существуют объекты (например, вдали от городской черты), где они преобладают.

Третий тип представляет собой «квалифицированных» или подготовленных нарушителей. Их процентный состав невелик, однако зачастую именно с ними отождествляется максимальная угроза объекту. Квалифицированные нарушители знакомы с системой охраны и обучены скрытно преодолевать зоны обнаружения средств из состава комплекса технических средств охраны. Как правило, они имеют представление о физических принципах функционирования средств обнаружения, но не имеют сведений об организации системы охраны. Направление вторжения определяется нарушителем после предварительного изучения объекта с целью гарантированного преодоления зоны обнаружения. Топология местности и застройка прилегающей территории также играют роль.

И, наконец, последний тип «высококвалифицированных» или осведомленных нарушителей одиночными периметровыми системами охраны если и обнаруживается, то крайне неудовлетворительно. Они имеют сведения об организации системы охраны на объекте, знают физические принципы функционирования средств обнаружения. И, как правило, имеют навыки преодоления зон обнаружения. Реальное обнаружение таких нарушителей возможно путем комплексирования рубежа охраны двумя или тремя системами охраны различного физического принципа действия, сконфигурированными в пространстве так, чтобы максимально затруднить «обход».

Системы охраны, основанные на регистрации сейсмоакустических колебаний грунта, обладают рядом преимуществ, среди которых бесспорным является скрытая установка датчиков, что затрудняет идентификацию нарушителем зоны обнаружения системы. Этот факт, а также то, что наиболее распространенными нарушителями являются неподготовленные, обуславливает рассмотрение в дальнейшем именно такого типа для создания модели движения нарушителя и последующей разработки принципа определения параметров его движения.

1. Модель движения

Текущим координатам нарушителя (человека) соответствует координата текущего ударного воздействия на грунт (шага). Таким образом, модель движения можно задать системой

$$\begin{cases} x_i = x_{i-1} + R_i \sin \alpha_i, \\ y_i = y_{i-1} + R_i \cos \alpha_i. \end{cases} \quad (1)$$

Здесь (x_i, y_i) – координата объекта наблюдения на i -м шаге ($i=1 \dots I$), R_i – длина i -го шага, α_i – направление движения. В общем случае (рис. 1) параметры

R_i и α_i являются случайными на каждом шаге, и их значения описываются некоторым распределением вероятности. Динамика R_i задается уравнением

$$R_i = R + \Delta R_i,$$

где R – средняя длина шага, ΔR_i – случайная составляющая с нулевым средним значением.

Полагаем, что нарушитель стремится пересечь охраняемый периметр максимально быстро, поэтому адекватным является предположение о приближении его движения на локальных участках в зоне обнаружения системы к прямолинейному [5] и равномерному (рис. 2). В этом случае модель существенно упрощается, параметры R_i и α_i становятся постоянными, а система уравнений (1) изменится следующим образом:

$$\begin{cases} x_i = x_{i-1} + R \sin \alpha, \\ y_i = y_{i-1} + R \cos \alpha. \end{cases}$$

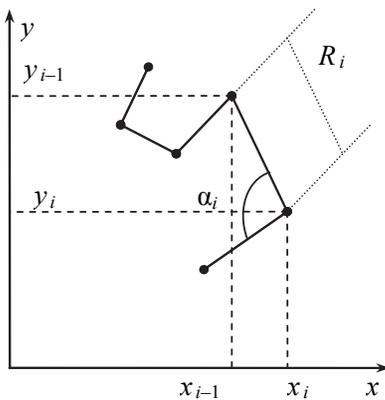


Рис. 1 – Модель движения объекта наблюдения в общем случае

Fig. 1 – A general model of the observed object motion

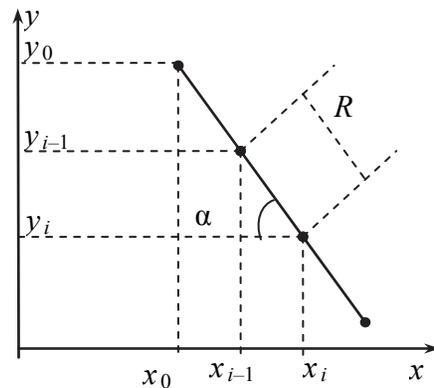


Рис. 2 – Упрощенная модель движения объекта наблюдения

Fig. 2 – A simplified model of the observed object motion

Траектория движения нарушителя описывается параметрами движения R , α и начальной координатой (x_0, y_0) .

2. Траверзный метод определения параметров движения объекта

Обычно в качестве параметров траектории движения достаточно оценивать угол, характеризующий положение траектории движения объекта в локальной системе координат, совпадающий с углом α , и модуль вектора скорости его перемещения, учитывающий помимо длины шага R его длительность. Решение этой задачи может быть найдено с использованием траверзного метода [6, 7].

Основным допущением при этом является предположение о прямолинейности и равномерности движения объекта в пределах некоторой области [6, 7, 8, 9], а также о том, что скорость распространения сейсмической волны на наблюдаемом локальном участке является постоянной. Отметим, что движение объекта может последовательно проходить через несколько аналогичных областей, являясь глобально непрямолинейным и неравномерным, однако в пределах наблюдаемого

локального участка указанные предположения о характере движения в большинстве случаев адекватны.

На рис. 3 изображен пример расположения датчиков сейсмических сигналов (геофонов) в вершинах 0, 1 и 2 рабочего треугольника. Локальное (в пределах данного треугольника) значение вектора скорости объекта обозначено непрерывным вектором. Точки A , B и C являются точками траверза для рассматриваемой траектории движения относительно датчиков 1, 0 и 2 соответственно, т.е. точками минимального удаления движущегося объекта от этих датчиков.

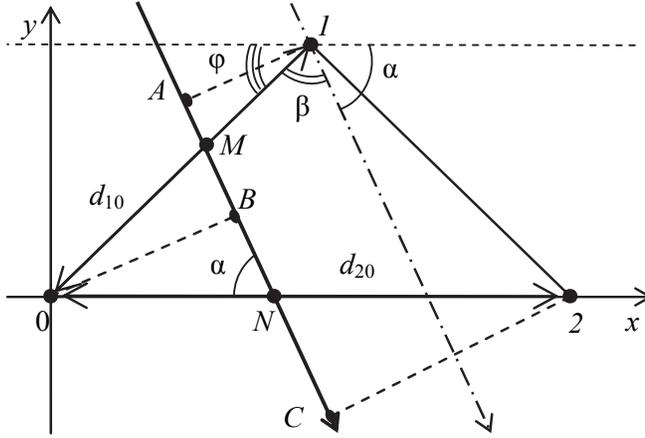


Рис. 3 – К сущности траверзного метода

Fig. 3 – To essence the traverse method

Пусть $\delta t_{10} = (t_0 - t_1)$ – промежуток времени, в течение которого объект перемещается из траверзной точки A , в которой он находится в момент времени t_1 , в траверзную точку B , где он оказывается в момент времени t_0 (т.е. из точки максимального сближения с датчиком 1 перемещается в точку максимального сближения с датчиком 0). Аналогично (рис. 3) обозначается временной промежуток $\delta t_{02} = (t_2 - t_0)$. Определению подлежат угол наклона α вектора скорости объекта к оси x локальной системы координат и его модуль V . Из геометрических соотношений легко получить следующие выражения:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\delta t_{10}}{\delta t_{02}} \frac{d_{20}}{d_{10}} \frac{1}{\sin \varphi} + \operatorname{ctg} \varphi. \quad (2)$$

$$V = \frac{d_{20}}{\delta t_{02}} \cos \alpha. \quad (3)$$

Здесь d_{10} , d_{20} , φ – известные параметры системы, которые описывают геометрическое расположение датчиков (рис. 3).

Период функции $\operatorname{tg} \alpha$ равен π , а область однозначности обратной функции определяется интервалом $-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$. Рис. 4 иллюстрирует два возможных положения траектории движения объекта для положительного и отрицательного значений угла α . С учетом этого можно утверждать, что соотношение (2) охва-

тывает практически все возможные варианты траекторий движения. Однако при этом остается открытым вопрос о направлении движения объекта – вверх или вниз (рис. 4).

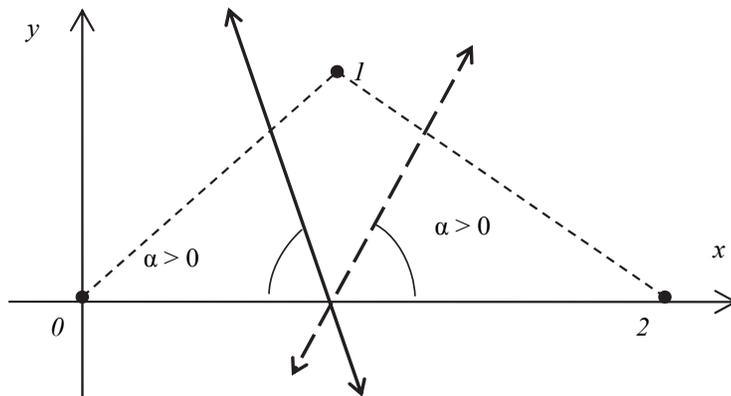


Рис. 4 – К определению направления движения

Fig. 4 – To determine the motion direction

Ответ на данный вопрос дается путем дополнительного логического анализа измеряемых временных задержек. Очевидный алгоритм решения представлен данными в таблице. Например, для угла $\alpha > 0$, если $t_2 > t_0$ (т.е. в точке C объект появляется позже, чем в точке B), принимается решение, что он движется «вниз» по плоскости X - Y . В случае, если $t_2 < t_0$ (т.е. в точке C объект появляется раньше, чем в точке B), считается, что он движется «вверх». Аналогично для остальных случаев.

Критерии определения направления движения

Criteria for determining the motion direction

Значение угла α	Значение критерия	Направление вектора скорости	Значение угла α	Значение критерия	Направление вектора скорости
$\alpha > 0$, $\alpha = 90^\circ$	$\delta t_{02} > 0$	вниз	$\alpha > 0$, $\alpha = 90^\circ$	$\delta t_{02} < 0$	вверх
$\alpha < 0$		вверх	$\alpha < 0$		вниз
$\alpha = 0^\circ$		вправо	$\alpha = 0^\circ$		влево

3. Точность траверзного метода

Соотношения (2), (3) составляют основу траверзного метода определения параметров движения объекта в сейсмической системе охраны. При помощи (2) вычисляется угол α , а затем из (3) находится модуль вектора скорости V . Заметим, что начальная координата (x_0, y_0) при помощи траверзного метода не определяется.

Реализация указанных процедур требует предварительного измерения временных задержек δt_{10} и δt_{02} . Основой этих измерений служат анализ интенсивностей сигналов на каждом датчике треугольника и определение моментов времени t_0, t_1, t_2 , когда эти интенсивности максимальны. В силу случайной природы

сигналов, наличия мешающего сейсмического фона и прочих случайных факторов неизбежно возникают ошибки в определении временных параметров. Рассмотрим, как влияют эти ошибки на точность оценки параметров траектории.

Пусть моменты времени t_0 , t_1 и t_2 максимальной интенсивности сейсмического сигнала человека измеряются с некоторыми погрешностями Δt_0 , Δt_1 и Δt_2 , распределенными по нормальному закону с нулевым средним и дисперсией σ^2 [10]. В этом случае ошибки определения временных задержек δt_{10} и δt_{02} также имеют гауссовское распределение с нулевым средним и дисперсией $2\sigma^2$.

Чтобы оценить влияние Δt_0 , Δt_1 и Δt_2 на точность определения угла наклона α вектора скорости, рассмотрим функцию, получаемую из (2):

$$f(\Delta t_{10}, \Delta t_{02}) = \alpha + \Delta\alpha = \arctg\left(\frac{\delta t_{10} + \Delta t_{10}}{\delta t_{02} + \Delta t_{02}} \frac{d_{20}}{d_{10}} \frac{1}{\sin \varphi} + \operatorname{ctg} \varphi\right), \quad (4)$$

где Δt_{10} и Δt_{02} – ошибки определения временных задержек δt_{10} и δt_{02} , $\Delta\alpha$ – ошибка определения угла α . Аналогично, для оценки влияния Δt_0 , Δt_1 и Δt_2 на точность определения модуля вектора скорости V рассмотрим функцию, получаемую из (3):

$$g(\Delta t_{10}, \Delta t_{02}) = V + \Delta V = \frac{d_{20}}{\delta t_{02} + \Delta t_{02}} \cos(\alpha + \Delta\alpha), \quad (5)$$

где, согласно (4), $\alpha + \Delta\alpha = f(\Delta t_{10}, \Delta t_{02})$.

Кроме того, для расчета моментов (математического ожидания и дисперсии) случайных величин $\Delta\alpha$ и ΔV использовалась совместная плотность распределения вероятности:

$$w(\Delta t_{10}, \Delta t_{02}) = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot \pi \sigma^2} e^{\left(-\frac{2}{3\sigma^2} (\Delta t_{10}^2 - \Delta t_{10}\Delta t_{02} + \Delta t_{02}^2)\right)}.$$

Заметим, что при записи выражений (4)–(5) было сделано предположение, что аддитивная ошибка определения временных задержек преобразуется в аддитивную ошибку определения угла. Такой подход позволил упростить анализ, при этом были получены результаты, согласующиеся с многочисленными натурными наблюдениями.

Очевидно, что наиболее существенное влияние на смещение и среднеквадратическую ошибку (СКО) оценки угла $\Delta\alpha$ оказывает истинное значение угла наклона траектории α (рис. 5–6). При малом α можно считать, что его оценки являются несмещенными, поскольку математическое ожидание погрешности оценки угла не превышает $0,05^\circ$ даже при большом значении СКО оценки времен траверза σ .

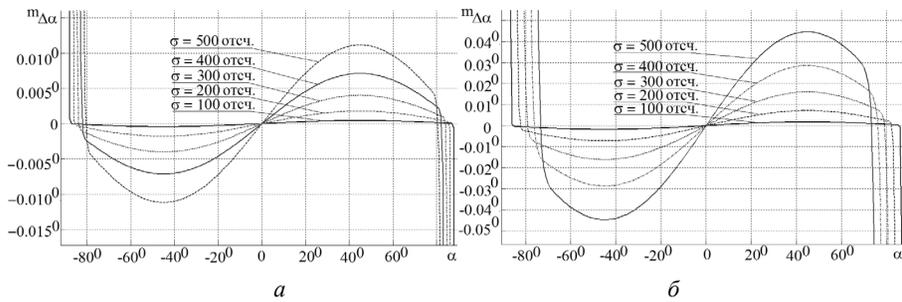


Рис. 5. Зависимость $m_{\Delta\alpha}$ от α :

$a - V = 0,5$ м/с; $b - V = 1$ м/с

Fig. 5 – Dependence of $m_{\Delta\alpha}$ from α

$a - V = 0,5$ m/s; $b - V = 1$ m/s

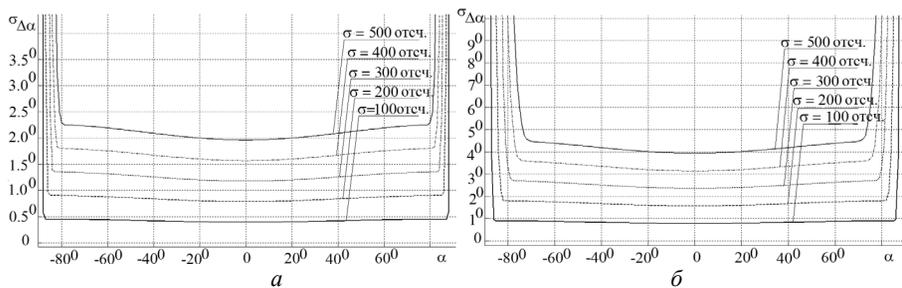


Рис. 6. Зависимость $\sigma_{\Delta\alpha}$ от α :

$a - V = 0,5$ м/с; $b - V = 1$ м/с

Fig. 6 – Dependence of $\sigma_{\Delta\alpha}$ from α

$a - V = 0,5$ m/s; $b - V = 1$ m/s

Кроме того, для малых углов при возрастании модуля α СКО оценки угла изменяется незначительно – в пределах одного градуса. Однако при $|\alpha| > 70^\circ$ оценка становится смещенной, а ее флуктуация резко увеличивается. Избежать этого можно, опираясь при расчетах не на пары датчиков 0-1 и 0-2, а, например, на 1-0 и 1-2. Тогда угол наклона траектории $\alpha' = \alpha + \varphi - 180^\circ$ в новой системе координат $x' - y'$ становится отрицательным и меньшим по модулю, чем α , что возвращает оценку в область несмещенности и высокой точности.

При возрастании скорости перемещения объекта увеличивается ошибка оценки угла наклона траектории α . Но для средней скорости нарушителя 1 м/с оценки, получаемые при помощи траверзного метода, являются достаточно точными. Так, математическое ожидание погрешности оценки угла не превышает $0,05^\circ$, а СКО – 5° при $V = 1$ м/с, $|\alpha| < 70^\circ$, и различных значениях СКО оценки времен траверза σ .

При уменьшении точности оценки первичных навигационных параметров t_0 , t_1 , t_2 также наблюдается увеличение абсолютного значения смещения и СКО оценки угла. Однако даже для достаточно большого СКО $\sigma = 500$ отсчетов можно считать оценки несмещенными в рабочей области ($|\alpha| < 70^\circ$), так как матема-

тическое ожидание погрешности оценки угла не превышает $0,05^\circ$ при скорости перемещения объекта 1 м/с. Для этих же условий СКО оценки угла не превышает 5° .

На смещение и флюктуацию оценки ΔV модуля вектора скорости влияют точности оценки первичных навигационных параметров t_0, t_1, t_2 , значение угла наклона траектории α и истинная скорость перемещения V (рис. 7–10). При возрастании скорости перемещения объекта увеличивается и ошибка оценки модуля вектора скорости V (рис. 7). Но для средней скорости нарушителя 1 м/с оценки, получаемые при помощи траверзного метода, являются достаточно точными: СКО оценки скорости не превышает 0,1 м/с при $V = 1$ м/с, $|\alpha| < 70^\circ$, и различных значениях СКО оценки времен траверза σ .

Наиболее существенной является зависимость ошибок оценки модуля вектора скорости от угла наклона траектории движения объекта. При $|\alpha| > 70^\circ$ оценка становится смещенной, а флюктуация оценки резко увеличивается. Избежать этого можно, если опираться при расчетах не на пары датчиков 0-1 и 0-2, а, например, на 1-0 и 1-2. При малых углах α можно считать, что оценки модуля вектора скорости являются несмещенными: математическое ожидание погрешности оценки модуля скорости не превышает 0,01 м/с даже при больших ошибках оценки временных параметров σ .

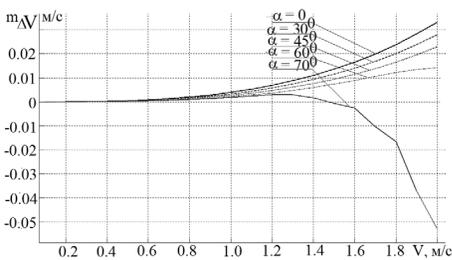


Рис. 7. Зависимость $m_{\Delta V}$ от V , $\sigma = 500$, $\alpha = \{0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 69^\circ, 70^\circ\}$

Fig. 7 – Dependence of $m_{\Delta V}$ from V , $\sigma = 500$, $\alpha = \{0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 69^\circ, 70^\circ\}$

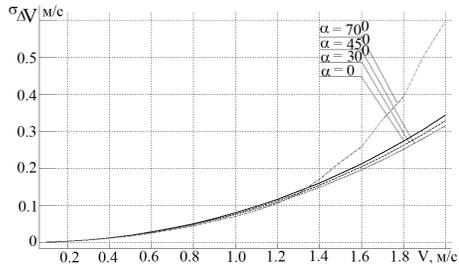
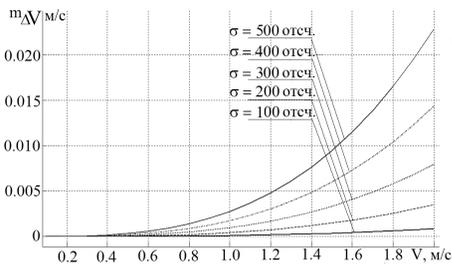
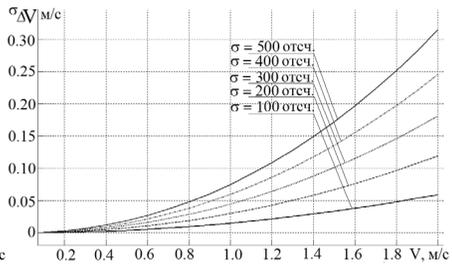


Рис. 8. Зависимость $\sigma_{\Delta V}$ от V , $\sigma = 500$ отсчетов, $\alpha = \{0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 70^\circ\}$

Fig. 8 – Dependence of $\sigma_{\Delta V}$ from V , $\sigma = 500$ отсч., $\alpha = \{0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 70^\circ\}$



а



б

Рис. 9. Точность оценки скорости при $\alpha = 45^\circ$:

а – зависимость $m_{\Delta V}$ от V ; б – зависимость $\sigma_{\Delta V}$ от V

Fig. 9 – The accuracy of the speed estimation at $\alpha = 45^\circ$:

а – dependence of $m_{\Delta V}$ from V ; б – dependence of $\sigma_{\Delta V}$ from V

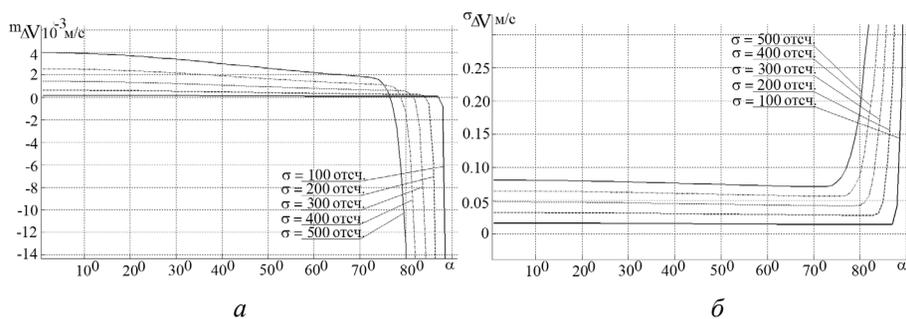


Рис. 10. Точность оценки скорости при $V = 1$ м/с:

a – зависимость $m_{\Delta V}$ от α ; b – зависимость $\sigma_{\Delta V}$ от α

Fig. 10 – The accuracy of the speed estimation at $V = 1$ m/s:

a – dependence of $m_{\Delta V}$ from α ; b – dependence of $\sigma_{\Delta V}$ from α

Заключение

Исследование точности оценки параметров движения нарушителя показало, что при измерении угла направления движения объекта и модуля вектора скорости имеются совпадающие рабочие области, в пределах которых оценки являются несмещенными и слабо флуктуирующими. При выходе за границы этой области необходимо выбрать другие пары датчиков для расчетов угла и скорости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Звездинский С.С. О сигнализационной надежности периметровых средств обнаружения // БДИ. – 2004. – № 2. – С. 32–38.
2. Звездинский С.С., Иванов В.А. Эффективность и результативность средств обнаружения // БДИ. – 2005. – № 5. – С. 64–70.
3. Иванов В.А. Оценка эффективности технических решений по обеспечению безопасности промышленных объектов от вторжения // БДИ. – 2005. – № 4. – С. 22–28.
4. Caskey D.L., Rao E.S. Security subsystems application / evaluation guide in general services administration // IEEE International Carnahan Conference on Security Technology (ICCST), 1–3 October 1991: proceedings. – Taipei, Taiwan, ROC, 1991. – P. 235–245.
5. Дудкин В.А., Оленин Ю.А. Математические имитационные модели сейсмических сигналов // Проблемы объектовой охраны: сборник научных трудов. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2001. – Вып. 2. – С. 74–79.
6. Райфельд М.А., Спектор А.А., Филатова С.Г. Определение направления и скорости движения объекта в сейсмической системе охранного наблюдения // Сборник научных трудов НГТУ. – 2008. – № 4 (54). – С. 45–52.
7. Райфельд М.А., Спектор А.А., Филатова С.Г. Траверзный метод построения траектории движения объекта в сейсмической системе наблюдения // Современные проблемы радиоэлектроники: сборник научных трудов / под науч. ред. А.И. Громыко, А.В. Сарафанова. – Красноярск, 2009. – С. 42–45.
8. Спектор А.А., Филатова С.Г. Оценка информационного параметра для построения траектории движения объекта в сейсмической системе охраны // Материалы IX Международной конференции «Актуальные проблемы электронного приборостроения»: АПЭП–2008, 24–26 сентября 2008 г.: в 7 т. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2008. – Т. 4. – С. 31–33.
9. Filatova S.G., Spector A.A. The determination of the pulse packet time position in a seismic guard system // International Workshop and Tutorials on Electron Devices and Materials Proceedings: 9th Annual, Erlagol, Altai, 1–5 July 2008. – Novosibirsk: NSTU, 2008. – P. 163–165.
10. Радиотехнические системы: учебник для вузов по специальности «Радиотехника» / под ред. Ю.М. Казаринова. – М.: Высшая школа, 1990. – 496 с.

THE PRECISION OF THE ESTIMATION OF TRESPASSER MOVEMENT PARAMETERS IN THE SEISMIC GUARD SYSTEM

Filatova S.G.

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russian Federation

One of the most promising facilities for long perimeter protection is a system based on the registration of trespasser seismic signals. The main advantages of this system are a passive operating principle and a high rate of masking (sensitive sensors are installed in the soil. These features make it impossible for an unprepared trespasser to detect the exact place of system installation and, therefore, they prevent its imperceptible entry to the protected area. Seismic signals carry a lot of information. While analyzing signals recorded by spatially separated sensors we can determine a trespasser movement parameters such as the speed and path angle in a local coordinate system. An algorithm based on a traverse time analysis for the estimation of casual trespasser movement parameters is suggested in the paper. In this case the trespasser path is approximated to a straight line. The analysis of the influence of movement parameters (speed and path angle) and the primary (time) parameters estimation precision on the traverse method accuracy is also described. The path angle interval within which the estimation has an acceptable accuracy is defined in the paper. Recommendations on adjusting the algorithm if the value of the path angle is outside this interval is suggested made.

Keywords: seismic guard system, trespasser path, movement parameter.

DOI: 10.17212/1727-2769-2015-4-128-138

REFERENCES

1. Zvezhinskii S.S. O signalizatsionnoi nadezhnosti perimetrovykh sredstv obnaruzheniya [About alarm reliability of perimeter detection devices]. *Bezopasnost'. Dostovernost'. Informatsiya – Security. Accuracy. Information*, 2004, no. 2, pp. 32–38.
2. Zvezhinskii S.S., Ivanov V.A. Effektivnost' i rezul'tativnost' sredstv obna-ruzheniya [efficiency and effectiveness of detection devices]. *Bezopasnost'. Dostovernost'. Informatsiya – Security. Accuracy. Information*, 2005, no. 5, pp. 64–70.
3. Ivanov V.A. Otsenka effektivnosti tekhnicheskikh reshenii po obespecheniyu bezo-pasnosti promyshlennykh ob"ektov ot vtorzheniya [Estimation of the effectiveness of technical solutions to ensure the security of industrial facilities from invasion]. *Bezopasnost'. Dostovernost'. Informatsiya – Security. Accuracy. Information*, 2005, no. 4, pp. 22–28.
4. Caskey D.L., Rao E.S. Security subsystems application / evaluation guide in general services administration. *IEEE International Carnahan Conference on Security Technology (ICCST)*, Taipei, Taiwan, ROC, 1–3 October 1991. Proceedings, pp. 235–245.
5. Dudkin V.A., Olenin Yu.A. Matematicheskie imitatsionnye modeli seismicheskikh signalov [Mathematical simulation model of seismic signals *Problemy ob"ektovoi okhrany: sbornik nauchnykh trudov* [Problems of protection of the object: collection of scientific papers]. Penza, PSU Publ., 2001, vol. 2, pp. 74–79.
6. Raifel'd M.A., Spektor A.A., Filatova S.G. Opredelenie napravleniya i skorosti dvizheniya ob"ekta v seismicheskoi sisteme okhrannogo nablyudeniya [The determination of the object motion direction and speed in a seismic guard system]. *Sbornik nauchnykh trudov Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Transaction of scientific papers of the Novosibirsk state technical university*, 2008, no. 4 (54), pp. 45–52.
7. Raifel'd M.A., Spektor A.A., Filatova S.G. Traverznyi metod postroeniya traektorii dvizheniya ob"ekta v seismicheskoi sisteme nablyudeniya [Traverse method of object path plotting in a seismic guard system]. *Sovremennye problemy radioelektroniki: sbornik nauchnykh trudov* [Modern problems of radioelectronics: collection of scientific papers]. Eds. A.I. Gromyko, A.V. Sarafanov. Krasnoyarsk, 2009, pp. 42–45.
8. Spektor A.A. Filatova S.G. [Information parameter estimation for object path plotting in seismic guard system]. *Materialy IX Mezhdunarodnoi konferentsii "Aktual'nye problemy elektronnoho priborostroeniya", APEP–2008. V 7 t.* [Proceedings of 9th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE–2008). In 7 vol.], Novosibirsk, Russia, 24–26 September 2008, vol. 4, pp. 31–33. (In Russian)

9. Filatova S.G., Spector A.A. The determination of the pulse packet time position in a seismic guard system. *International Workshop and Tutorials on Electron Devices and Materials Proceedings: 9th Annual*, Erlagol, Altai, 1–5 July 2008. Novosibirsk, NSTU Publ., 2008, pp. 163–165.
10. Kazarinov Yu.M., ed. *Radiotekhnicheskie sistemy* [Radioengineering systems]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1990. 496 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



Филатова Светлана Геннадьевна – родилась в 1984 году, канд. техн. наук, доцент, научный сотрудник кафедры теоретических основ радиотехники Новосибирского государственного технического университета. Область научных интересов: статистическая обработка сигналов и изображений. Опубликовано 20 научных работ. (Адрес: 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20. Email: s.filatova@corp.nstu.ru).

Filatova Svetlana Gennadjevna (b. 1984) – Candidate of Science (Eng.), Associate Professor, Researcher at the Theoretical Bases of Radio Engineering Department in the Novosibirsk State Technical University. Her research interests are currently focused on statistical processing of signals and images. She is the author of 20 scientific papers. (Address: 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russian Federation. Email: s.filatova@corp.nstu.ru).

*Статья поступила 30 октября 2015 г.
Received October 30, 2015*

To Reference:

Filatova S.G. Tochnost' otsenki parametrov dvizheniya nepodgotovlennogo narushitelya v seismicheskoi sisteme okhrany [The precision of the estimation of trespasser movement parameter in the seismic guard system]. *Doklady Akademii Nauk Vysshei Shkoly Rossiiskoi Federatsii – Proceedings of the Russian Higher School Academy of Sciences*, 2015, no. 4(29), pp. 128–138.