

**БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

УДК 614.847.9

*sergey-subachev@yandex.ru***ПРОЕКТ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ЭВАКУАЦИИ НА ОСНОВЕ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ****PROJECT OF HARDWARE-SOFTWARE SYSTEM FOR DECISION SUPPORT DURING EVACUATION BASED ON INERTIAL NAVIGATION SYSTEM**

*Батюшев В.М., Билан Д.А., Мурзин С.М.,  
Субачев С.В., кандидат технических наук,  
Субачева А.А., кандидат педагогических наук  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург  
Batyushev V.M., Bilan D.A., Murzin S.M., Subachev S.V., Subacheva A.A.  
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

Разработан проект программно-аппаратного комплекса, вычисляющего по показаниям акселерометра и гироскопа передвижения пользователя в пространстве и накапливающего эти данные с целью оказания помощи в ориентировании и принятии решений при эвакуации или выполнении спасательных работ.

*Ключевые слова:* система ориентирования; инерциальная навигационная система.

Proposed project of hardware-software system that calculates user's movement in space by metering values of the accelerometer and gyroscope and collecting these data in order to assist in orientation and decision-making during the evacuation or rescue operations.

*Keywords:* orientation system; inertial navigation system.

В деятельности аварийно-спасательных подразделений нередки случаи, когда в условиях пожара или другой чрезвычайной ситуации личный состав сталкивается с угрозой взрыва, обрушения конструкций здания, воздействия отравляющих веществ, снижения видимости в дыму и воздействия других факторов, могущих привести к блокированию выходов, потере ориентации и невозможности выхода в безопасную зону. Для обеспечения безопасности личного состава при работе в таких сложных условиях ведется постоянная работа по совершенствованию средств связи, контроля и, при необходимости, поиска спасателей в случае их блокирования, получения травм, дезориентирования, потери сознания и т.п. В качестве примера современных средств такого рода можно привести комплекс «Маяк спасателя», приемопередатчики которого в случае обездвиживания спасателей более 45 секунд передают на пост безопасности сигнал тревоги и включают световую и звуковую сигнализацию для ускорения их поиска.

В рамках дальнейшего решения проблемы обеспечения безопасности личного

состава при выполнении аварийно-спасательных работ нами предлагается концепция программно-аппаратного комплекса с инерциальной навигационной системой, который может служить не только в качестве системы обеспечения мониторинга и контроля работы каждого спасателя, работая во взаимосвязи с постом безопасности, но и работать полностью автономно в качестве системы ориентирования – при потере ориентации в результате снижения видимости или, например, отвлечения внимания после выполнения физических работ.

Инерциальной называется навигация, осуществляемая автономными средствами, т.е. на основании информации, измеренной только на борту объекта акселерометрами, гироскопами и часами. Основная идея инерциальной навигации – это двукратное интегрирование измеренных ускорений.

Самое простое объяснение инерциальной навигации следует из рассмотрения задачи о движении тела под действием внешних сил на плоской поверхности. Второй закон Ньютона

устанавливает связь между ускорением  $a$ , массой тела  $m$  и приложенной силой  $F$ :

$$ma = F. \quad (1)$$

В соответствии со вторым законом Ньютона, информацию о координатах тела принципиально можно получить, измерив внешние силы, приложенные к телу. Производя интегрирование уравнения (1), при известных начальных условиях можно найти координаты тела. Однако измерить

приложенные к объекту внешние силы весьма сложно. Поэтому целесообразно измерять не силы, а ускорения. Если связать с рассматриваемой плоскостью систему координат OXY (рис. 1), то по определению скорости имеем

$$v_x = \frac{dx}{dt}, \quad (2)$$

где  $v_x$  – проекция скорости на ось OX,  $x$  – перемещение тела вдоль оси OX.

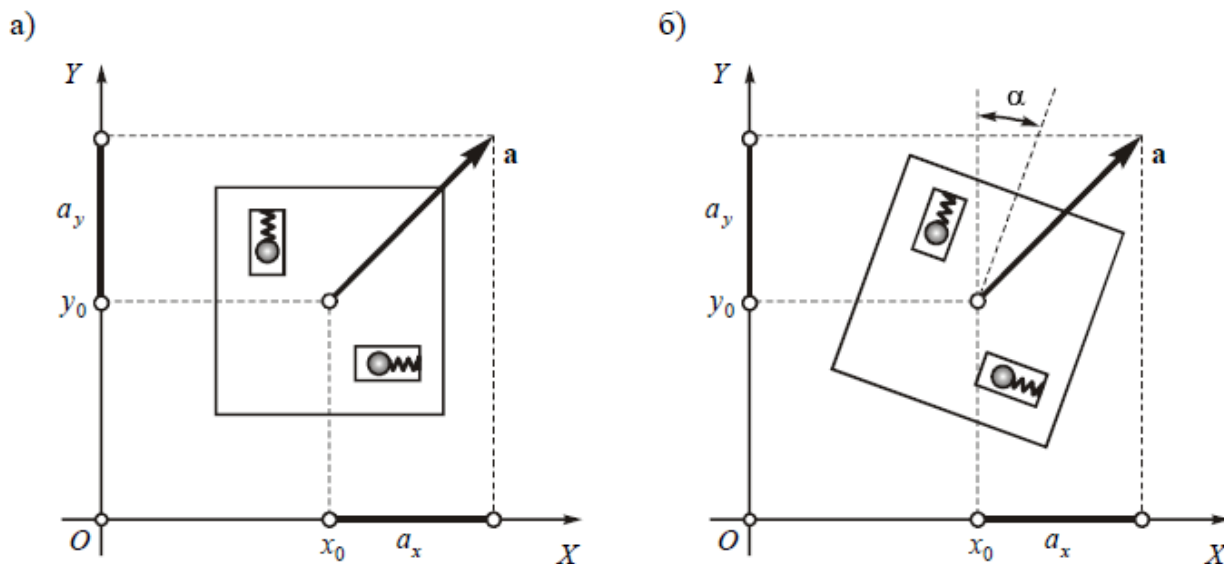


Рис. 1. Движение тела на плоской поверхности: а) измерительные оси акселерометров параллельны осям OX и OY; б) измерительные оси акселерометров повернуты на угол  $\alpha$  относительно системы координат OXY

Интегрируя приведенное равенство, получим

$$x - x_0 = \int_0^t v_x dt, \quad (3)$$

где  $x_0$  – начальное значение координаты. В соответствии с определением ускорения запишем

$$a_x = \frac{dv_x}{dt}, \quad (4)$$

где  $a_x$  – проекция ускорения тела на ось OX.

Интегрируя уравнение (4), получим

$$v_x = v_{0x} + \int_0^t a_x dt, \quad (5)$$

где  $v_{0x}$  – проекция начальной скорости тела на ось OX.

Интегрируя уравнение (5) по времени и подставляя в полученный результат равенство (3), получим

$$x = x_0 + v_{0x}t + \iint_0^t a_x dt dt. \quad (6)$$

Так как рассматривается задача на плоскости, то уравнение (6) необходимо дополнить уравнением по другой координате

$$y = y_0 + v_{0y}t + \iint_0^t a_y dt dt, \quad (7)$$

где  $a_y$  – проекция ускорения объекта на ось OY;  $y_0, v_{y0}$  – начальная координата и скорость вдоль оси OY.

Если измерительные оси акселерометров совпадают с направлением осей некоторой навигационной системы координат (в данном случае OXY), то задача навигации решается путем двукратного интегрирования измеренных ускорений  $a_x$  и

$a_y$ . Однако на практике такой случай никогда не реализуется и измерительные оси акселерометров не совпадают с направлением осей системы координат OXY (рис. 1б). В связи с этим возникает задача определения углового положения

измерительных осей акселерометров (угла  $\alpha$ ) относительно осей навигационной системы координат. Эта задача решается с помощью гироскопов.

Таким образом, для инерциального определения координат местоположения объекта необходимо:

1) знать информацию о начальных значениях координат и скоростей;

2) непрерывно измерять проекции ускорения объекта с помощью акселерометров;

3) определять с помощью гироскопов ориентацию измерительных осей акселерометров относительно навигационной системы координат;

4) дважды интегрировать ускорения объекта по времени.

В качестве основы для разработки прототипа устройства, определяющего местоположение пользователя, нами выбран смартфон на базе операционной системы Android с трехосевым акселерометром и гироскопом.

Программа для обработки показаний датчиков написана на языке Java в интегрированной среде разработки IntelliJ IDEA.

Общая последовательность работы программы состоит в следующем.

При запуске программы телефон на короткое время располагается неподвижно в каком-либо положении, например, вблизи входа в здание. Текущее положение и ориентация телефона запоминаются в качестве начального положения. Затем в постоянном режиме происходит опрос датчиков положения и ускорения, их фильтрация (медианным фильтром), вычисление проекций ускорений на оси мировой системы координат, вычисление

текущих значений скоростей и текущего местоположения. Вычисленные текущие координаты устройства периодически записываются в память, тем самым формируя всю траекторию движения с момента начала работы программы. Одновременно эта информация передается по беспроводной сети на ноутбук, располагаемый на посту безопасности, для мониторинга передвижения всех спасателей.

В случае потери связи с компьютером поста безопасности программа продолжает записывать перемещения спасателя и после восстановления связи неотправленные данные будут переданы для обновления текущего местоположения.

При потере ориентации программа позволит спасателю воспроизвести всю траекторию его движения от входа в здание и оказать помощь в выборе направления выхода.

В настоящее время ведется работа по увеличению точности определения координат (за счет улучшения фильтрации помех датчиков) и наглядному представлению траектории перемещения на экране смартфона и компьютера.

Предлагаемый программно-аппаратный комплекс может использоваться не только пожарными при работе в задымленной среде, но и другими аварийно-спасательными и техническими службами, например, водолазами, горноспасателями, ремонтными бригадами метро, а также гражданами в быту – для ориентирования в незнакомых зданиях со сложной планировкой, в лесу и в других случаях, когда нет возможности использовать глобальные системы позиционирования или их точность недостаточна для решения поставленных задач.

#### Литература

1. Белоусов А. Практика применения комплекса Маяк Спасателя®// Системы безопасности. – 2012. – №3. – С.114-115.
2. Матвеев В.В. Инерциальные навигационные системы: учебное пособие.– Изд-во ТулГУ, 2012. – 199 с.
3. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Микроэлектромеханические\\_системы](https://ru.wikipedia.org/wiki/Микроэлектромеханические_системы)