

9. Савельев И.В. Курс общей физики, т. 1.- М: Наука, 1966. – 530 с.
10. Романов В.А., Калмыков А.Н. Об образовании отложений малорастворимых продуктов коррозии // Изв. ВУЗ. Энергетика, 1977, № 7, с. 62 – 67.

**УДК 621.396.98:355.77**

*Чижев В.Ф., канд. техн. наук, доц., УГЗУ,  
Макаренко В.Г., канд. техн. наук, ст. преп., ХУВС,  
Подорожняк А.А., канд. техн. наук, ст. науч. сотр., ХУВС,  
Рудаков С.В., канд. техн. наук, доц., ХУВС*

**ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ИНТЕГРИРОВАННОЙ  
МАЛОГАБАРИТНОЙ EMS/GPS/ГЛОНАСС НАВИГАЦИОННОЙ  
СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПОДВИЖНЫМИ  
СРЕДСТВАМИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ  
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

(представлено д-ром техн. наук Прохачем Э.Е.)

Разработаны предложения по использованию штабом по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций интегрированной малогабаритной MEMS/GPS/ГЛОНАСС навигационной системы для контроля и управления подвижными средствами

**Постановка проблемы.** В последнее время при осуществлении штабом по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) оперативного управления работой подвижных средств (ПС) рассматривается возможность использования систем дистанционного контроля и управления ПС (особенно в условиях сильной загазованности, радиационного загрязнения и т.д.). Создание таких систем невозможно без размещения на них бортовых приборов управления и контроля ПС.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В работах, посвященных затронутым вопросам, описывается решение задачи управления и контроля ПС для комплексной навигационной системы, использующей как одну из составляющих инерциальную подсистему на гиросtabilизированной платформе [1, 3]. Такую навигационную систему проблематично реализовать в современ-

ных ПС, так как она представляет собой сложное электронно-механическое устройство с большим объемом (около 100 м<sup>3</sup>) и массой (около 40 кг).

**Постановка задачи и ее решение.** Авторы предлагают для повышения точности решения навигационной задачи применять в ходе ликвидации последствий ЧС интегрированную малогабаритную MEMS/GPS/ГЛОНАСС навигационную систему.

Определение параметров углового и линейного положения объекта (информация от которого может обрабатываться совместно с показаниями спидометра, датчика пройденного пути и аппаратуры спутниковой навигации) осуществляется в такой системе блоком чувствительных элементов и цифровой обработки сигналов.

Данные обрабатываются бортовым навигационным комплексом и по каналу сотовой связи GSM передаются в штаб по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (рис. 1).



**Рис. 1 – Интегрированная малогабаритная MEMS/GPS/ГЛОНАСС навигационная система контроля и управления подвижными средствами**

В штабе осуществляется визуальный контроль местонахождения ПС на электронной карте местности, по информации от датчиков отображается состояние ПС и генерируются необходимые команды для управления. Накапливаемая информационная база

Предложения по использованию интегрированной малогабаритной MEMS/GPS/ГЛОНАСС навигационной системы для контроля и управления подвижными средствами при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций

данных используется для анализа и создания необходимых отчетов (например, о пройденном пути, количестве израсходованного топлива, степени загазованности, радиационном фоне или выполненных задачах в зоне чрезвычайной ситуации).

Основу предлагаемой навигационной системы, по мнению авторов, должен составлять бесплатформенный блок микроэлектромеханических датчиков движения (ББМДД), как наиболее надежная информативная и автономная система, имеющая в 66 раз меньший объем (0,6 м<sup>3</sup>) и в 500-100 раз меньшую массу (0,2 до 1 кг) по сравнению с инерциальной подсистемой на гиростабилизированной платформе. Выходом данной навигационной системы являются географические координаты, высота, проекции скорости относительно Земли и углы ориентации ПС.

В ББМДД акселерометры связаны непосредственно с корпусом ПС. Их задача – измерять вектор кажущегося ускорения

$$\mathbf{a}(t) = \mathbf{w}(t) - \boldsymbol{\omega}(t) \times \dot{\mathbf{R}}(t) + \mathbf{g}(t), \quad (1)$$

где  $\mathbf{w}(t)$  - вектор действительного ускорения;  $\boldsymbol{\omega}(t)$  - вектор угловой скорости измерительной системы координат относительно инерциальной;  $\dot{\mathbf{R}}(t)$  - вектор поступательной скорости измерительной системы координат относительно инерциальной;  $\mathbf{g}$  - вектор ускорения силы тяжести, величина которого зависит от координат ПС.

Задача построения инерциальной системы отсчета решается в быстродействующем микропроцессорном устройстве по информации измерителей угловой скорости. Подключение инерциальных навигационных датчиков обеспечивает возможность реализации алгоритмов счисления пути (dead reckoning) даже при отсутствии GPS-сигнала. В случае, когда блок измерителей угловой скорости выдает данные о проекциях  $\omega_{x^c}^a(t)$ ,  $\omega_{y^c}^a(t)$ ,  $\omega_{z^c}^a(t)$  вектора  $\bar{\boldsymbol{\omega}}^a(t)$  на оси  $x^c, y^c, z^c$ , которые жестко связаны с объектом, матрицу  $\mathbf{V}(t)$  направляющих косинусов перехода от связанной к инерциальной системе можно найти с помощью формулы Пуассона [6] из соотношения

$$\dot{\mathbf{V}}(t) = -\mathbf{V}(t) \cdot \boldsymbol{\Pi}^T(t) \quad (i, j = 1, 2, 3), \quad \text{при } \mathbf{V}(t_0) = \mathbf{V}_0, \quad (2)$$

где  $\mathbf{V}(t) = \|C\alpha_{ij}\|$  - матрица соответствующих направляющих косинусов  $C\alpha_{ij}$  углов  $\alpha_{ij}$ , образованных  $i$ -й связанной осью и  $j$ -й осью инерциальной системы координат;  $\mathbf{\Pi}(t)$  - матрица, элементами которой являются значения величин проекций вектора угловой скорости объекта  $\omega_{x^c}^a(t)$ ,  $\omega_{y^c}^a(t)$ ,  $\omega_{z^c}^a(t)$  на связанные оси.

Таким образом, задача определения ориентации объекта (нахождения элементов матрицы  $\mathbf{V}(t)$ ) сводится к интегрированию уравнения Пуассона, а задание начальных условий для этой системы уравнений представляет собой выставку навигационной системы. Использование информации от аппаратуры системы навигации (АСН) позволяет провести выставку в течение нескольких десятков секунд. Во время выставки ПС должно быть неподвижным относительно Земли. После выставки ББМДД функционирует в режиме счисления координат.

Проекции вектора действительной скорости ПС относительно инерциальной системы координат можно найти, интегрируя (1)

$$\dot{\mathbf{R}}(t) = \dot{\mathbf{R}}(t_0) + \int_{t_0}^t [\mathbf{w}(t) - \boldsymbol{\omega}(t) \times \dot{\mathbf{R}}(t) + \mathbf{g}(t)] \cdot dt. \quad (3)$$

Текущие координаты находят, интегрируя систему (3)

$$\mathbf{R}(t) = \mathbf{R}(t_0) + \int_{t_0}^t [\dot{\mathbf{R}}(t) - \boldsymbol{\omega}(t) \times \mathbf{R}(t)] \cdot dt, \quad \dot{\mathbf{R}}(t_0) = \dot{\mathbf{R}}_0; \mathbf{R}(t_0) = \mathbf{R}_0, \quad (4)$$

где  $\mathbf{R}$  - вектор местоположения ПС относительно инерциальной системы координат  $X_u Y_u Z_u$ ;  $\dot{\mathbf{R}}$  - вектор скорости ПС;  $\mathbf{g}$  - вектор ускорения силы тяжести, задаваемый в инерциальной системы координат.

Декартовы координаты  $X_u Y_u Z_u$  связаны с геоцентрическими  $(R, \varphi, \lambda)$  следующими соотношениями [7]

$$R = \sqrt{X_u^2 + Y_u^2 + Z_u^2}; \varphi = \arctg \frac{Z_u}{\sqrt{X_u^2 + Y_u^2}}; \lambda = \arctg \frac{Y_u}{X_u} [-\pi, \pi] - S_{zp}, \quad (5)$$

где  $S_{zp}$  – гринвичское звездное время в радианах.

На основании известных координат  $R, \varphi, \lambda$  и  $X_u, Y_u, Z_u$  вычисляются проекции  $g_{Xu}, g_{Yu}, g_{Zu}$  вектора  $g$  [1].

Если местоположение пункта назначения задано в геодезических координатах, то текущие значения геодезических координат ПС могут быть вычислены по алгоритму, приведенному в [5].

Несмотря на значительный прогресс в области спутниковой навигации, точность спутниковых определений остается низкой, даже если технические возможности позволяют реализовать более высокие ее характеристики. В соответствии с требованиями законодательств на территории СНГ в большинстве образцов АСН точность выходных навигационных параметров с помощью специальных размазывающих коэффициентов преднамеренно снижается до 30 м. С учетом того, что длина самого ПС может превышать 10 м, на цифровой карте положение ПС достаточно часто не совпадает с профилем дороги. Использование предложенной интегрированной малогабаритной навигационной системы должно привести к уменьшению вероятности возникновения подобных ситуаций.

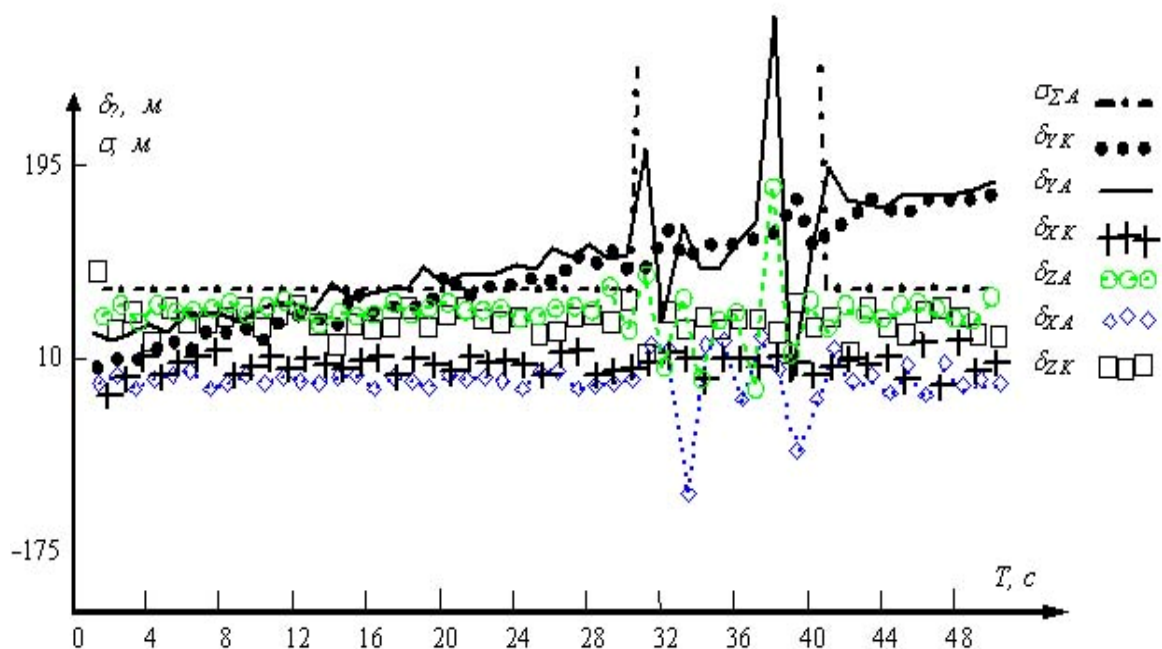


Рис. 2 – Зависимость корректирующих приращений и обобщенной ошибки навигационных определений при наличии аномальных измерений АСН для комплексной навигационной системы ПС в зависимости от времени наблюдения

Исследование точностных характеристик предлагаемой навигационной системы проводилось при использовании маршрутов, близких к реальным траекториям. Работа ББМДД и остальных подсистем моделировалась в соответствии с их алгоритмами функционирования.

Результаты моделирования представлены на рис. 2 с индексом „К”.

Анализ графической информации, представленной на рис. 2, показывает, что для предлагаемой навигационной системы обобщенная характеристика точности навигационных определений  $\sigma_{\Sigma}$  в нормальном режиме функционирования АСН не менее, чем на 20% лучше, чем при использовании для навигации ПС только АСН.

**Выводы.** Разработаны предложения по использованию штабом по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций интегрированной малогабаритной MEMS/GPS/ГЛОНАСС навигационной системы для осуществления визуального контроля местонахождения подвижных средств на электронной карте местности и управления ними по информации от датчиков, отображающих их состояние. В качестве основы навигационной системы рекомендовано выбрать бесплатформенный блок микроэлектромеханических датчиков движения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бабич О.А. Обработка информации в навигационных комплексах. – М.: Машиностроение, 1991. – 512 с.
2. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальная спутниковая система определения местоположения и ее применение в геодезии. - М.: Картогеоцентр – Геодезиздат, 1999. – 272 с.
3. Макаренко В.Г., Подорожняк А.А., Рудаков С.В., Швец С.В. Бесплатформенная комплексная навигационная система для управления транспортными средствами // Системи обробки інформації. – Харків: ХУ ПС. – 2006. – Вип. 1 (50). – С. 107-116.
4. Фоменко О.Н., Журавлев А.А., Макаренко В.Г. Инвариантный контроль и коррекция комплексированных навигационных систем в задачах универсализации управления аэробаллисти-

- ческих летательных аппаратов // Системы обработки информации. – Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, – 2002. – Вип. 6 (22). – С. 83-93.
5. Соловьев Ю.А. Спутниковая навигация и ее приложения. – М.: Эко-Трендз, 2003. – 326 с.
  6. Лебедев Д.В., Ткаченко А.И. Системы инерциального управления. Алгоритмические аспекты. – Киев: Наук. думка, 1991. – 208 с.
  7. Галазин В. Ф., Каплан Б. Л., Лебедев М. Т. и др. Система геодезических параметров Земли "Параметры Земли 1990 года" (ПЗ-90): справочный документ. – М.: Координационный научно-информационный центр, 1998. – 36 с.

## УДК 351.861

*Чуб И.А., канд. техн. наук, уч. секр., УГЗУ,  
Добротворский С.С., д-р техн. наук, проф., ХГТУСА*

### **ИЕРАРХИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ**

(представлено д-ром техн. наук Кривцовой В.И.)

В работе предложена структурную схему и формализованное описание двухуровневой иерархической модели системы управления техногенной безопасностью

**Постановка проблемы.** В настоящий момент ограниченность ресурсов (материальных, информационных, людских), износ производственных фондов, отсутствие достаточного финансирования, рост количества чрезвычайных ситуаций (ЧС) с тяжелым прямым и косвенным ущербом требует оптимизации распределения ресурсов, формирования адекватной системы управления безопасностью. Механизм построения таких систем является многогранным и до конца не изученным. Поэтому построение оптимальной многоуровневой системы управления техногенной безопасностью (СУТБ) является важной научной проблемой.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Организационная структура систем управления техногенной безопасностью разного уровня определена нормативными документами [1, 2], где выделены объектовый, местный, региональный и обще-