

УДК 681.3

Загора О. В., канд. техн. наук, доцент, Феценко А. Б., канд. техн. наук, доцент,
Національний університет цивільного захисту України

**КРИТЕРІЇ ОПТИМІЗАЦІЇ СТРУКТУРИ ПІДСИСТЕМИ ЗБОРУ ТА ВІДОБРАЖЕННЯ
ДАНИХ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ РАЙОНУ
НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ**

Ефективність роботи систем моніторингу рухомих об'єктів в умовах надзвичайної ситуації залежить від надійної роботи підсистеми збору та відображення інформації, яка, у свою чергу, схильна до збоїв через зниження ненадійності у таких умовах GSM-зв'язку. Для забезпечення безперебійної роботи цієї системи пропонується використання мобільних телекомунікаційних засобів, адаптованих до умов надзвичайної ситуації. Розглянуто варіанти побудови підсистеми збору та відображення інформації у системі моніторингу мобільних об'єктів. Як критерії оптимізації системи моніторингу у різних умовах експлуатації пропонуються показники її надійності та вартісні показники.

Ключові слова: системи моніторингу, критерії оптимізації, структура системи, надзвичайна ситуація, моніторинг мобільних об'єктів.

Постановка проблеми. Необхідність координації руху транспортних засобів екстреної допомоги в епоху урбанізації в умовах сучасного міста, повсякденних місцевих пробок породила потребу поліпшення управління рухомими одиницями в режимі реального часу. Актуальною також залишається проблема забезпечення під час надзвичайної ситуації (НС) швидкого прямого зв'язку між екіпажами ліквідаторів і базовою станцією (диспетчером), а також між екіпажами. Наявні зараз технічні рішення систем моніторингу рухомих об'єктів (СМРО) дозволяють оперативно відслідковувати стан транспортних засобів (ТЗ) на інтерактивній карті, читати статуси їх роботи, давати оперативні команди і безпосередньо зв'язуватися з водіями й екіпажами [1]. В той же час вразливим елементом СМРО, який зараз має суттєвий вплив на надійність її функціонування, залишається канал передачі даних підсистеми збору та відображення інформації (ПЗВІ), за яким йдуть сигнали управління та здійснюється передача даних про поточні параметри об'єктів моніторингу на сервер обробки даних. В якості такого каналу в сучасних СМРО пропонується переважно використання каналів GSM-зв'язку, але під час масштабних НС, таких, як лісові пожежі, повені, а також під час виконання підрозділами ліквідаторів завдань за межами населених пунктів функціонування стільникового зв'язку

стає ненадійним, або не забезпечується взагалі через низький розвиток відповідної інфраструктури у сільській місцевості. Проблема, таким чином, полягає у забезпеченні СМРО надійним каналом передачі даних ПЗВІ, спроможним виконувати покладені на нього завдання в умовах надзвичайної ситуації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботі [1] запропоновано варіант практичної реалізації СМРО пасажирського транспорту з використанням GSM-каналу збору даних. В роботі [2] наводиться приклад повнофункціонального супутникового навігаційного блоку СМРО пасажирського транспорту на базі УКХ- радіостанції. В роботі [3] наведено приклад мобільної реалізації базової станції GSM-зв'язку.

Розглядаються також варіанти підвищення надійності радіонавігаційних визначень СМРО шляхом комплектування глобальних і локальних (регіональних) систем навігації [4, 5].

В роботі [6] наведені загальні критерії надійності функціонування складних систем управління та зв'язку у сфері цивільного захисту.

Формулювання цілей статті. Існуючі в наш час СМРО містять, як один з головних елементів підсистему збору та відображення інформації (рис. 1), яка забезпечує збір параметрів руху РО, що визначаються навігаційними модулями, встановленими на РО.



Рисунок 1 – Загальна структура СМРО

Функціонування ПЗВІ дозволяє відстежити в реальному часі розташування, швидкість руху, статуси і стани додаткових датчиків, увімкнених на РО, що охоплюються системою; графічно подати інформацію про пройдений РО шлях на картах, встановлених як на серверах системи, так і на терміналах диспетчерів (ліквідаторів НС); наносити на карту зразкові маршрути і вказівки, а також повідомлення про перетин РО кордонів робочої зони або зміну маршруту, визначати критерії, що дозволяють інформувати диспетчера про порушення у функціонуванні ТЗ; обслуговувати бази архівних даних, підключених до системи ТЗ; розраховувати час роботи ТЗ за вказаний період часу; створювати докладні дорожні карти для конкретних пожежних машин; аналізувати зібрані архівні дані, складати зведені таблиці і графіки, обробляти статистичні дані задля оптимізації управління людськими і технічними ресурсами, ефективного розміщення баз і пунктів постачання. За допомогою СМРО диспетчер може постійно контролювати місце розташування ліквідаторів або ТЗ, що беруть участь в операції, розміщення підрозділів (мобільних груп), що знаходяться у районі НС, що може істотно впливати на оперативність прийняття рішень, збільшити шанси на успіх рятувальної операції, підвищити безпеку праці.

По каналах передачі даних ПЗВІ здійснює зв'язок з навігаційними модулями, встановленими у ТЗ служби порятунку (GPS-трекерами). Головним завданням GPS-трекера є збір і передача на сервер системи у режимі реального часу даних про поточну позицію, швидкість та стани увімкнених на РО датчиків. Крім цього він може забезпечувати ряд додаткових функцій, таких, як розрахунки необхідного часу на переміщення, швидку передачу текстових повідомлень кнопками статусів (станів), на кшталт "виїзд на виклик", "на місці", "локалізація", "повернення на базу" або, наприклад, "потрібна допомога". Оскільки в умовах НС GSM-зв'язок стає ненадійним, виникає проблема створення каналів передачі даних, адаптованих до цих умов, а також оптимізації структури системи відповідно до масштабу НС, що долається.

Викладення основного матеріалу дослідження. В умовах НС передача даних від GPS-трекерів до диспетчерського центру може здійснюватися резервними телекомунікаційними засобами - рухомими радіостанціями, які є на озброєнні ліквідаторів: переносними, або автомобільними засобами радіозв'язку, обладнаними додатковими пристроями (модемами) для передачі цифрових текстових (СМС), або мовних повідомлень (рис. 2). Очевидно, що вартість додаткового телекомунікаційного обладнання такої системи буде збільшуватись при збільшенні кількості РО.

Для забезпечення дії великої кількості ліквідаторів може бути обрано інше рішення - розгортання у районі НС мобільних ретрансляторів стільникового зв'язку (рис. 3), розміри яких у наш час

можуть бути дуже малими [4]. Цей підхід дозволяє також частково забезпечити використання в умовах НС звичайних стільникових терміналів зв'язку для передачі мовних чи інших повідомлень.



Рисунок 2 – Передача даних ПЗВІ по радіоканалам управління

Оскільки задачі, які вирішують підрозділи ДСНС України, можуть суттєво відрізнятися залежно від масштабу катастроф, що долаються, виникає проблема оптимізації вибору структури ПЗВІ, технічних засобів, що використовуються для створення каналів передачі даних. Вирішення проблеми вимагає урахування низки технічних і економічних показників підсистеми, що застосовується. Як головні технічні показники цієї ПЗВІ можуть розглядатися такі, як:

- час передачі даних від GPS-трекера на сервер системи;
- час обробки обчислювальною підсистемою отриманих даних;
- час видачі на екран обладнання відображення оперативно-довідкової інформації;
- максимальна кількість параметрів РО, що водночас можуть обслуговуватися

- системою;
- коефіцієнт готовності обчислювального комплексу;
- середнє напруження системи на відмову при виконанні функції в умовах НС;
- вірогідність виникнення помилки у складі системи (безвідмовної роботи технічного засобу) РТЗ тощо.

Для врахування економічної ефективності функціонування СМРО може бути прийнято відношення узагальненого результату застосування цієї підсистеми в реальних умовах до приведених витрат на побудову та експлуатацію системи:

$$E_c = E/C, \quad (1)$$

де узагальнений результат застосування (економічний ефект) СМРО можна визначити як:

$$E = \alpha[(C_{дп1} - C_{дп2}) + (C_{мп1} - C_{мп2}) + (C_{нп1} - C_{нп2})], \quad (2)$$

де $C_{дп1}$, $C_{дп2}$ – середні значення матеріальних втрат, які виникають на об'єкті гасіння (НС) до початку пожежі відповідно при відсутності СМРО та при її застосуванні; $C_{мп1}$, $C_{мп2}$ – середні значення матеріальних втрат, які виникають під час гасіння пожежі відповідно при відсутності СМРО та при її застосуванні;

$C_{нп1}$, $C_{нп2}$ – середні значення непрямих матеріальних втрат, які виникають під час гасіння пожежі, відповідно при відсутності СМРО та при її застосуванні; α – середня кількість пожеж (НС) за досліджуваний період.



Рисунок 3 – Передача даних ПЗВІ через мобільні ретранслятори стільникового зв'язку

Приведені витрати на побудову та експлуатацію СМРО можна визначити як

$$C = C_{ек} + E_n \cdot K_n, \quad (3)$$

де $C_{ек}$ – витрати на експлуатацію системи (технічне обслуговування, профілактику, ремонт); E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень; K_n – витрати на побудову СМРО (капітальні вкладення).

Оскільки ефективність застосування СМРО залежить також від ймовірності безвідмовної роботи технічних засобів $P_{ТЗ}$, з урахуванням цього показника ефективність функціонування СМРО необхідно визначити як:

$$E_c = E \cdot P_{ТЗ} / C. \quad (4)$$

Ймовірність безвідмовної роботи підсистеми є ймовірністю того, що в межах заданого часу з початку роботи відмова об'єкта не виникає. На практиці ймовірність безвідмовної роботи можна визначити за формулою:

$$P_{ТЗ}(t) = (N - n(t)) / N, \quad (5)$$

де N – число виробів, поставлених на випробування в момент часу $t_0=0$; $n(t)$ – число виробів, що відмовляють за час t .

Для оцінки надійності підсистеми, що може відновлюватися при проведенні ремонту, з урахуванням реальних умов експлуатації і проведення технічного обслуговування можуть застосовуватися такі показники, як коефіцієнт готовності, коефіцієнт оперативної готовності. Коефіцієнт готовності характеризує

ймовірність справного стану системи моніторингу у будь-який довільний час:

$$K_T = T_{CP} / (T_{CP} + T_B), \quad (6)$$

де T_{CP} - середнє напрацювання до відмови; T_B - середній час на відновлення засобу чи системи.

Якщо деякі відмови передбачувані, то вони можуть бути усунені шляхом технічного обслуговування при наявності апаратури прогнозування відмов.

Коефіцієнт оперативної готовності характеризує ймовірність того, що система моніторингу у будь-який довільний час буде знаходитися у справному стані та відпрацює протягом часу t :

$$K_{OG} = K_T P_{T3}(t). \quad (7)$$

Цей показник характеризує ефективність застосування СМРО.

Наведені технічні й економічні показники характеризують ефективність роботи ПЗВІ з різних боків і будуть залежати від обраних засобів передачі даних, а також від тактичних особливостей їх застосування, масштабів надзвичайної ситуації, яка долається. Порівнюючи ці показники можна зробити обґрунтований вибір ПЗВІ і СМРО у цілому.

Висновки. Розглянуті варіанти побудови й показники ефективності підсистеми збору та відображення інформації системи моніторингу рухомих об'єктів можуть бути застосовані для вибору каналів передачі даних і структури відповідної підсистеми у різних варіантах застосування підрозділів ДСНС України, використання мобільних підрозділів ліквідаторів при порушенні (відсутності) роботи звичайних каналів телекомунікації. Застосування мобільних технічних засобів дозволяє не лише підвищити рівень інформаційного забезпечення керівництва ліквідацією НС, прискорити процес її подолання, а й підвищить безпеку праці ліквідаторів в умовах надзвичайної ситуації.

Перспективи подальших досліджень.

Для подальшої оптимізації структури системи моніторингу рухомих об'єктів в умовах надзвичайної ситуації можуть бути використані також комплексні показники надійності резервування, застосування заходів по відновленню працездатності її елементів та поліпшенню забезпеченості системи, а також проведена порівняльна оцінка ефективності застосовуваних критеріїв оптимізації структури підсистеми збору та відображення даних, що пропонуються.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Моніторинг пасажирського транспорту. Режим доступу: <http://www.sattrans.com.ua/ukr/spets-rishennya/kontrol-pasazhirskogo-transportu/sistema-gps-monitoringu.html>

2. Автоматизированная радионавигационная система диспетчерского управления пассажирским транспортом (АСУ-Навигация). Режим доступу: <http://www.transnavi.ru/projects/asdu/about/about.php>

3. Мобильная базовая станция на КАМАЗе. Режим доступу: <https://habrahabr.ru/company/beeline/blog/132643/>

4. Как повысить точность и надёжность ГЛОНАСС. Режим доступу: <http://vestnik-glonass.ru/stati/kak-povysit-tochnost-i-nadyezhnost-glonass/>

5. Загора О.В., Фещенко А.Б., Селеенко Є.Є. Підвищення точності

місцевизначення підсистеми моніторингу мобільних об'єктів ДСНС шляхом комплексування каналів. Проблеми надзвичайних ситуацій. – Вип. 20. – Харків: НУЦЗУ, 2014. – С. 53-59. Режим доступу: <http://reposit.sc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/3091/1/zakora.pdf>

6. Чуб, В.Е. Пустоваров, Г.Е. Винокуров, П.М. Бортнічук, Л.А. Кліменко Автоматизовані системи управління та зв'язок у сфері цивільного захисту, навчальний посібник, за загальною редакцією Щербака Г.В., - Харків, АЦЗУ, 2005. – 272 с. Режим доступу: http://univer.nuczu.edu.ua/tmp_metod/88/88.pdf

7. Сотовая базовая станция в вашем кармане. Режим доступу: <https://geektimes.ru/post/113437/>

REFERENCES

1. Monitoring pasazhirskogo transportu. Rezhim dostupu: <http://www.sattrans.com.ua/ukr/spets-rishennya/kontrol-pasazhirskogo-transportu/sistema-gps-monitoringu.html>
2. Avtomatizirovannaya radionavigatsionnaya sistema dispatcher'skogo upravleniya passazhirskim transportom (ASU-Navigatsiya). Rezhim dostupu: <http://www.transnavi.ru/projects/asdu/about/about.php>
3. Mobilnaya bazovaya stantsiya na KAMAZe. Rezhim dostupu: <https://habrahabr.ru/company/beeline/blog/132643/>
4. Kak povysit tochnost i nad'yozhnost GLONASS. Rezhim dostupu: <http://vestnik-ghonass.ru/stati/kak-povysit-tochnost-i-nadyezhnost-ghonass/>
5. Zakora O.V., Feschenko A.B., SeleEnko E.E. PIDvischennya tochnostI mIstseviznachennyya pIdsystemi monitoringu mobilnih ob'EktIv DSNS shlyahom kompleksuvannya kanalIv. Problemi nadzvichaynih situatsIy.– Vip. 20.– HarkIv: NUTsZU, 2014. – S. 53-59. Rezhim dostupu: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/3091/1/zakora.pdf>
6. Chub, V.E. Pustovarov, G.E. Vinokurov, P.M. BortnIchuk, L.A. KlImenko AvtomatizovanI sistemi upravlnnaya ta zv'yazok u sferI tsivlnnogo zahistu, navchalniy posIbnik, za zagalnoyu redaktsIeyu Scherbaka G.V., - HarkIv, ATsZU, 2005. – 272 s. Rezhim dostupu: http://univer.nuczu.edu.ua/tmp_metod/88/88.pdf
7. Sotovaya bazovaya stantsiya v vashem karmane. Rezhim dostupu: <https://geektimes.ru/post/113437/>

Закора А. В., канд. техн. наук, доцент,

Фещенко А. Б., канд. техн. наук, доцент,

Национальный университет гражданской защиты Украины

КРИТЕРИИ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ПОДСИСТЕМЫ СБОРА И ОТОБРАЖЕНИЯ ДАННЫХ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ РАЙОНА ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

Эффективность работы систем мониторинга подвижных объектов в условиях чрезвычайной ситуации зависит от надежной работы подсистемы сбора и отображения информации, которая, в свою очередь, подвержена сбоям из-за снижения надежности в таких условиях GSM-связи. Для обеспечения бесперебойной работы этой системе предлагается использование мобильных телекоммуникационных средств, адаптированных к условиям чрезвычайной ситуации. Рассмотрены варианты

построения подсистемы сбора и отображения информации в системе мониторинга мобильных объектов. В качестве критериев оптимизации системы мониторинга в различных условиях эксплуатации предлагаются показатели её надежности и стоимостные показатели.

Ключевые слова: *системы мониторинга, критерии оптимизации, структура системы, чрезвычайная ситуация, мониторинг мобильных объектов.*