УДК 004.051

Ільїн О. Ю., докт. техн. наук, професор (Тел.:+380 67 500 66 12. E-mail: yl143@rambler.ru)
Борисенко І. І., аспірантка (Тел.: +38096 797 86 76. E-mail: iryna_kyiv@mail.ru)
Нікіфоров С. В., аспірант (Тел.: +380 93 038 36 64. E-mail: nisevl@bigmir.net)
(Державний університет телекомунікацій, м. Київ

МОДЕЛЬ ЦЕНТРУ УПРАВЛІННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ РАДІОАКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ

Ільїн О. Ю., Борисенко І. І, Нікіфоров С. В. Модель Центру управління перевезень радіоактивних матеріалів. У статті розглянуто центр управління перевезень радіоактивних матеріалів, який є інформаційно-керуючою системою і складається з безлічі елементів, пов'язаних між собою. Побудова та можливість подальшої модернізації такої автоматизованої системи на початку потребує комплексної розробки, яка буде включати в себе проектування структури системи, технічне проектування окремих складових елементів і пристроїв та оптимізація цих елементів та підсистем, які будуть спливати при встановлені зв'язків між ними. У цілому ці заходи повинні дозволити виявити математичний апарат, необхідний для розробки математичної моделі системи.

***Ключові слова*:** інформаційні технології, інформаційно-керуюча система, автоматизована система, математична модель, граф станів.

Ильин О. Ю., Борисенко И. И., Никифоров С. В. Модель Центра управления перевозок радиоактивных материалов. В статье рассмотрен центр управления перевозок радиоактивных материалов, который является информационно-управляющей системой и состоит из множества элементов, связанных между собой. Построение и возможность дальнейшей модернизации такой автоматизированной системы вначале требует комплексной разработки, которая будет включать в себя проектирование структуры системы, техническое проектирование отдельных составных элементов и устройств и оптимизация этих элементов и подсистем, которые будут всплывать при установлении связей между ними. В целом эти меры должны позволить выявить математический аппарат, необходимый для разработки математической модели системы.

***Ключевые слова*:** информационные технологии, информационно-управляющая система, автоматизированная система, математическая модель, граф состояний

Il'in O. Yu., Borysenko I. I., Nikiforov S. V. Management Center model of transportations of radio-active materials. The management center of transportations of radio-active materials is considered in the article. Ctnter is the informatively-managing system and contains a great number of connected between itself elements. A construction and possibility of further modernization of such automated system in the beginning requires complex development, which will plug in itself planning of structure of the system, technical planning of separate component elements and devices. It is requires optimization of these elements and subsystems which will emerge at establishing connections between them. On the whole these measures must allow to expose a mathematical vehicle, necessary for development of mathematical model of the system.

***Keywords*:** information technologies, informatively-managing system, automated system, mathematical model, the states count

Вступ. **Постановка задачі.** Розвиток сучасних інформаційних технологій характеризується впровадженням автоматизованих інформаційно-керуючих систем в чимало сфер життєдіяльності людини для виконання задач накопичування, обробки, зберігання, передачі інформації. Одним із актуальних питань є здійснення контролю перевезень небезпечних вантажів територією України яке здійснюється за допомогою автоматизованої системи ЦУП РМ (Центр Управління Перевезень Радіоактивних Матеріалів).

Метою дослідження є розробка математичної моделі системи ЦУП РМ в мирний час та особливий період.

Призначення ЦУП РМ. Інформаційно-керуюча система − це постійно діюча система взаємозв'язку людей, технічних засобів і методичних прийомів, призначена для збору, класифікації, аналізу, оцінки і розповсюдження актуальної, своєчасної і точної інформації для використання її розпорядниками з метою вдосконалення планування, втілення в життя і контролю заходів, здійснюваних організацією.

До функцій системи ЦУП РМ належать: *забезпечення* технічним оснащенням, засобами зв'язку та комп'ютерними комунікаціями в галузі атомної енергетики; *підвищення* рівня

організації при забезпеченні безпеки перевезень радіоактивних матеріалів; *облік і контроль* фактичних обсягів перевезень; *уніфікація* на підприємствах організаційно-розпорядчих документів з організації перевезень [1];

Потрібно здійснювати автоматизацію наступних об'єктів:

– Державна корпорація «Українське державне об'єднання «Радон», яке складається з державних міжобласних спеціалізованих комбінатів (ДМСК): Дніпропетровський, Київський, Львівський, Одеський, Харківський та Донецький ДСК. В сферу діяльності ДМСК входить територія всієї України. Головними задачами СК є поводження з радіоактивними відходами різних видів шляхом їх збору, транспортування, переробки, локалізації та дезактивації;

– Державне Спеціалізоване Підприємство «Централізоване підприємство з поводження з радіоактивними відходами» ЦППРВ м. Чорнобиль – єдина національна експлуатуюча організація з поводження з радіоактивними відходами на стадії їх довгострокового зберігання та захоронення, належить до сфери управління Міністерства надзвичайних ситуацій України та входить до складу підприємства «Українське державне об'єднання «Радон».

В аварійному режимі повинна бути зв'язана з Міністерством внутрішніх справ (МВС), Службою безпеки України (СБУ), Міністерством надзвичайних ситуаій (МНС), Державним агентством України з управління зоною відчуження (ДАУЗВ) [2].

Структура системи. ЦУП РМ представляє собою дворівневу автоматизовану систему.

Верхній рівень ЦУП РМ включає в себе:

− 2 сервера збору та обробки даних (основний, розміщений на ЦППРВ і резервний, розміщений в ГО УкрДО «Радон»);

− 6 робочих місць диспетчерів, розміщених на всіх ДМСК «Радон» (регіональні робочі місця ЦУП);

− 3 робочих місця диспетчерів, розміщені на ЦППРВ, на ГО УкрДО «Радон» і в ДАУЗВ.

Крім цього, для забезпечення оперативного зв'язку в аварійному режимі передбачається використання супутникового каналу зв'язку, термінали якого знаходяться як на транспортному засобі, так і у диспетчерів ЦППРВ та ГО УкрДО «Радон».

Для підвищення надійності ЦУП РМ і забезпечення резервування каналу прийому - передачі інформації дані з нижнього рівня надходять одночасно на обидва сервера збору та обробки даних верхнього рівня (основний і резервний), які приймають і обробляю інформацію паралельно і незалежно один від одного, що дозволить, в разі виходу з ладу основного сервера, продовжити функціонування ЦУП РМ в заданому алгоритмі.

Всі робочі місця диспетчерів верхнього рівня (ВР) ЦУП РМ об'єднані в локальну мережу по захищеному VPN каналу Інтернет мережі. Диспетчерам регіональних робочих місць спецкомбінатів доступна інформація про переміщення тільки своїх транспортних засобів, диспетчерам ЦППРВ, ГО УкрДО «Радон» і ДАУЗВ доступна повна інформація про переміщеннях всіх транспортних засобів.

Верхній рівень ЦУП РМ відповідає вимогам щодо захисту інформації.

Нижній рівень ЦУП РМ розміщений на транспортному засобі (або транспортних засобах) і включає в себе: *GPS\GSM-термінали* для визначення географічних координат транспортного засобу в режимі реального часу; *GSM-модеми* (основний і резервний) для зв'язку з верхнім рівнем; *обладнання* для забезпечення голосового зв'язку диспетчера і водія; *датчик* для контролю радіаційної обстановки на транспортному засобі; *датчик* технологічних параметрів для контролю стану транспортного засобу; *датчик* контролю фізичного захисту вантажу; *датчик* ідентифікації водія; *модуль* контролю втоми водія; *контролер* для зчитування інформації з датчиків, обробки і передачі її на верхній рівень за допомогою GSM-модему; *кнопка* on-line передачі тривожного сигналу на верхній рівень.

На верхньому рівні ЦУП РМ реалізовані наступні функції:

− підготовка до перевезення радіоактивних матеріалів (заповнення формуляра про характер вантажу і сумарної активності, показників датчиків контролю радіаційної обстановки на транспортному засобі, водії, маршруті та ін.);

− збір та обробка інформації, що надходить із транспортних засобів;

− відображення розташування транспортного засобу і контрольованих параметрів на карті місцевості, розробка (адаптація) карт місцевості;

− представлення інформації на моніторі у вигляді трассограмми на карті місцевості планового маршруту;

− побудова траєкторії переміщення транспортного засобу на карті місцевості;

− формування та передача відповідальним особам sms-повідомлень (інформаційних і аварійних) про проходження транспорту по маршруту;

− формування повідомлень і передача певної інформації третім особам за певним алгоритмом (сценарієм);

− довготривале зберігання даних і доступність їх для обробки;

− архівування та протоколювання даних, складання звітної документації;

− організація режимів перевірки працездатності ЦУП РМ;

На нижньому рівні ЦУП РМ реалізовані наступні функції:

− визначення географічних координат знаходження транспортного засобу в режимі реального часу в системі GPS;

− дуплексний голосовий зв'язок;

− автоматичне визначення фактичного територіального розташування спецтранспорту при русі по маршруту;

− вимірювання радіаційних параметрів в транспортному відсіку і в кабіні водія;

− вимірюваннятехнологічних параметрів: наявність диму, швидкість руху, при необхідності – температура в транспортному відсіку та ін.

− контроль параметрів, від яких залежить фізичний захист вантажу;

− ідентифікація та контроль функціонального стану водія;

− інша допоміжна інформація;

− робота з верхнім рівнем (обмін інформацією), кодування і передача інформації;

− формування та передача аварійних повідомлень найближчим територіально органам швидкого реагування при виникненні надзвичайної ситуації;

− передача повідомлень через аварійний супутниковий канал зв'язку;

− діагностика технічного стану бортового обладнання ЦУП РМ.

Побудова та можливість подальшої модернізації такої автоматизованої системи на початку потребує комплексної розробки, яка буде включати в себе проектування структури системи, технічне проектування окремих складових елементів і пристроїв та оптимізація цих елементів та підсистем, які будуть спливати при встановлені зв’язків між ними. Всі дії що будуть направлені на проектування системи в першу чергу будуть характеризувати і показувати якість функціонування по виконанню основних функцій системи:

− моніторинг місцезнаходження транспортних засобів (ТЗ) і вантажів;

− відображення розташування, напрямку руху та стану ТЗ на електронній карті;

− визначення технічного стану ТЗ, роботи спеціальних систем (дозиметричних, навігаційних) і устаткування на основі показників датчиків;

− формування та відправлення за певним алгоритмом (сценарієм) інформаційних повідомлень службам швидкого реагування (МНС, МВС, СБУ, СЕС, Державна екологічна інспекція, тощо) у разі необхідності (несправність ТЗ, ДТП, радіаційна аварія);

− формування і передача відповідальним особам SMS-повідомлень (інформаційних та аварійних) про проходження транспорту за маршрутом;

− контроль часу і місця початку і закінчення роботи, зупинок, завантаження, розвантаження;

− контроль виконання маршрутних завдань;

- контроль реального пробігу автомобіля;
- спеціалізовані звіти (стан датчиків, ідентифікація і стан водія);
- звіти про рух (маршрути, швидкість, пробіг, зупинки, стоянки).

Для забезпечення безвідмовності, ремонтопридатності, довговічності, експлуатаційної готовності, показників надійності до системи висуваються вимоги:

- апаратура повинна бути загальнопромислового призначення;
- комплекс технічних засобів (КТЗ) повинен дозволяти створювати автоматизовану систему збору інформації з безперервним автоматичним відстеженням безпечного стану об'єкта;
- КТЗ повинен зберігати працездатність при всіх проектних порушеннях нормальних умов з накладенням втрати джерела нормального енергопостачання (знеструмлення);
- КТЗ повинен зберігати інформацію, зареєстровану до моменту повного знеструмлення, в тому числі, під час підтримки працездатності блоку вбудованим джерелом безперебійного живлення;
- об'єм пам'яті КТЗ повинен забезпечувати збереження інформації, не менш 10000 точок реєстрації;
- для програмного забезпечення повинен виконуватись процес внутрішньої верифікації;
- КТЗ повинен бути стійким до електромагнітних перешкод;
- КТЗ повинен бути стійким та міцним до впливу одиночних ударів і динамічних навантажень;
- КТЗ може зазнавати різних видів зовнішніх факторів та при цьому зберігати якість функціонування [2];

Центральним поняттям в інформаційно-керуючих системах є поняття «інтеграція». Інтеграцію можна визначити як спосіб організації окремих компонентів в одну систему, що забезпечує узгоджену і цілеспрямовану їх взаємодію, зумовлюючи велику ефективність функціонування усієї системи. Інтегрована автоматизована система управління може розглядатися як ієрархічно організований комплекс організаційних методів, технічних, програмних, алгоритмічних і інформаційних засобів, які мають модульну структуру і забезпечують наскрізне узгоджене управління матеріальними та інформаційними потоками об'єкта управління.

Структура складної системи повинна оптимізуватися з комплексом критеріїв які показують якість функціонування по виконанню основних поставлених перед системою задач і техніко-економічних та експлуатаційних вимог до неї. Основною вимогою до функціонування системи є оптимізація її характеристик за показником ефективності[3].

Під ефективністю складної інформаційно-керуючої системи, як правило, розуміють ступінь її пристосованості виконувати ті функції, заради яких вона створена. Основним критерієм ефективності автоматизованої системи контролю перевезення радіоактивних матеріалів чиє функціонування пов’язане з ризиком для життя людей та забруднення навколишнього середовища є показник функціонування системи вразі виникнення позаштатних ситуацій [4, 5]. Позаштатна ситуація це поєднання умов і обставин при експлуатації технічних систем, що відрізняються від передбачених проектами, нормами і регламентами і ведуть до виникнення небезпечних станів в технічних системах. У число позаштатних ситуацій входять ситуації з відхиленням від нормальних (штатних) умов експлуатації, проектні та поза проектні аварійні ситуації, тобто система працює в особливий період.

Побудова моделі системи ЦУП РМ. В ході аналізу процесу дослідження функціонування системи ЦУП РМ можна відмітити, що одним із найбільш важливих є розробка моделі системи. Вона повинна в логіко-математичній формі відобразити вплив на величину ймовірності знаходження системи ЦУП РМ в стані, який відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду.

Модель, яку ми застосовуємо в дослідженні, відноситься до класу аналітичних, тобто при опису процесу функціонування та удосконалення системи ЦУП РМ найбільш доцільно використати апарат Марковських процесів. Марковський випадковий процес з дискретними станами і безперервним часом називається безперервним ланцюгом Маркова за умови, що перехід системи зі стану в стан відбувається у випадкові моменти часу.

При розгляді безперервних марковських процесів переходи системи зі стану в стан як відбуваються під впливом деяких потоків подій. Потік подій являє собою послідовність однорідних подій, які наступають одне за іншим через випадкові інтервали часу. При цьому щільність ймовірностей переходу інтерпретується як інтенсивність відповідних потоків подій. Граф станів системи показує можливі стану системи і напрямки можливих переходів системи з одного стану в інший. На графі множина станів системи (вершини графа) зображуються колом, а множина можливих переходів системи з одного стану в інший – лініями зв'язку (ребра графу), що з'єднують відповідні кола. В графі станів над стрілками проставляють інтенсивності. Такий граф називають розміченим [6].

Для побудови такого графа опишемо стани, в яких може знаходитись система ЦУП РМ:

A1 – стан системи ЦУП РМ, в якому вона відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду;

A2 – стан системи ЦУП РМ, в якому вона не відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду;

A3 – стан системи ЦУП РМ, в якому вона відповідає вимогам мирного часу та не відповідає вимогам особливого періоду;

A4 – стан системи ЦУП РМ, в якому вона не відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду, але модернізується (удосконалюється);

A5 – стан системи ЦУП РМ, в якому вона відповідає вимогам мирного часу та не відповідає вимогам особливого періоду, але модернізується (удосконалюється).

Таким чином події, які відбуваються в тому, що в момент **t** система ЦУП РМ перебуває в станах **A1, A2, A3, A4, A5** несумісні та утворять повну групу.

Замість перехідних ймовірностей введемо в розгляд інтенсивності ймовірностей переходу **β**:

β_{A1A2} – система ЦУП РМ, яка відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду, може перейти в стан, в якому вона не відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду;

β_{A1A3} – система ЦУП РМ, яка відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду, може перейти в стан, в якому вона відповідає вимогам мирного часу та не відповідає вимогам особливого періоду;

β_{A3A2} – система ЦУП РМ, яка відповідає вимогам мирного часу та не відповідає вимогам особливого періоду, може перейти в стан, в якому вона не відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду;

β_{A3A5} – система ЦУП РМ, яка відповідає вимогам мирного часу та не відповідає вимогам особливого періоду може перейти в стан, в якому вона відповідає вимогам мирного часу та не відповідає вимогам особливого періоду, але модернізується (удосконалюється);

β_{A2A4} – система ЦУП РМ, яка не відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду може перейти в стан, в якому вона не відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду, але модернізується (удосконалюється);

β_{A4A1} – система ЦУП РМ, яка не відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду, але модернізується (удосконалюється), може перейти в стан, в якому вона відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду;

β_{A5A1} – система ЦУП РМ, яка відповідає вимогам мирного часу та не відповідає вимогам особливого періоду, але модернізується (удосконалюється) може перейти в стан, в якому вона відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду,

β_{A4A3} – система ЦУП РМ, яка не відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду, але модернізується (удосконалюється), може перейти в стан, в якому вона відповідає вимогам мирного часу та не відповідає вимогам особливого періоду [7, 8].

Побудуємо граф станів системи ЦУП РМ і проти кожної стрілки проставимо відповідну інтенсивність імовірності переходу (Рис. 1).

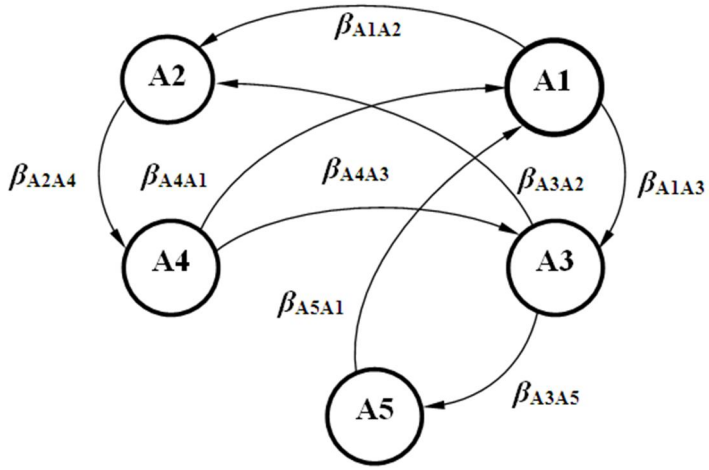

Рис. 1. Граф станів системи ЦУП РМ.

Маючи розмічений граф станів, можна визначити ймовірності станів системи,як функції часу,на основі розрахунків з'являється можливість проводити аналіз ефективності функціонування системи.

Література

1. Ястребенецкий М. А. Системы управления и защиты ядерных реакторов / М. А. Ястребенецкий, Ю. В. Розен и др.; под ред. М. А. Ястребенецкого М.А. – К.: Основа – Принт, 2011. – 768 с.

2. Барбашев С. В. Радиационній мониторинг в Украине: состояние, проблемы и пути решения / С. В. Барбашев, В. И. Витько, Г. Д. Коваленко; под ред. С. В.Барбашева. – Одесса : Астропринт. – 80с.

3. Барабаш О. В. Построение функционально устойчивых распределенных информационных систем / О. В. Барабаш // – К.: НАОУ, 2004. – 226 с.

4. Артюшин Л. М. Оптимизация цифровых автоматических систем, устойчивых к отказам / Л. М. Артюшин, О. А. Машков. – К.: КВВАИУ, 1991. – 89 с.

5. Машков О. А. Проблеми моделювання функціонально-стійких складних інформаційних систем / О. А. Машков, О. В. Барабаш // Інформаційне моделювання складних систем. – Центр математичного моделювання Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України , 2002. – С. 137-142.

6. Вентцель Е. С. Исследование операций / Е. С. Вентцель. – Москва : Советское радио, 1972. – 552 с.

7. Кравченко Ю. В. Сучасний стан та шляхи розвитку теорії функціональної стійкості / Ю. В. Кравченко, С. А. Микусь // Збірник наукових праць інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова. – 2013. – Вип. 68. – С. 60-68.

8. Гвоздева В. А. Основы построения автоматизированных информационных систем / В. А. Гвоздева, И. Ю. Лаврентьева. – Москва : Гелиос», 2007. – 320 с.

Дата надходження в редакцію: 17.07.2014 р. Рецензент: д.т.н., проф. Кравченко Ю. В.