

УДК 621.391

DOI: 10.31673/2412-9070.2020.010310

В. Б. ТОЛУБКО¹, доктор техн. наук, професор;Л. Н. БЕРКМАН¹, доктор техн. наук, професор;Г. Ф. КОЛЧЕНКО², канд. техн. наук, доцент;О. Г. ВАРФОЛОМЕЄВА¹, канд. техн. наук, доцент;М. Г. ТВЕРДОХЛІБ¹, канд. техн. наук, професор,¹Державний університет телекомунікацій, Київ²ТОВ ВЦ «Омега», Київ

ДЕЯКІ ПРИКЛАДИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗА УМОВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Проведено аналіз надзвичайних ситуацій та їх можливий вплив на функціонування телекомунікаційної мережі. Наведено приклади виходу з ладу окремих компонентів мережі і їх позначення на роботі загальнодоступної телекомунікаційної мережі, а також тривалість таких перебоїв. Здійснено класифікацію надзвичайних ситуацій, які виникають у телекомунікаційних мережах, зокрема катастрофи, пожежі та вибухи; природні катаклізми, що охоплюють великі території і впливають на життя багатьох людей протягом тривалого часу; відмовлення інфраструктури загальнодоступних телекомунікаційних мереж. Особливу увагу приділено визначенню слабких ланок у функціонуванні обладнання мережі, як то перевантаження і навіть блокування функціонування стаціонарної та мобільної мережі, низька надійність портативних радіостанцій пожежників, серйозні труднощі у функціонуванні центрів керування телекомунікаційними мережами операторів телекомунікацій щодо виконання функцій виділення та розподілення ресурсів. Проаналізовано методи боротьби з наслідками кожної з надзвичайних ситуацій і визначено рекомендації щодо уникнення найбільш тяжких наслідків. Обґрунтовано необхідність формування спеціальної служби відновлення телекомунікацій і розроблення плану відновлення функціонування телекомунікаційної мережі за умов надзвичайних ситуацій як для кожного оператора телекомунікацій, так і для Національного центру керування мережами в цілому.

Ключові слова: телекомунікаційна мережа; система керування; надзвичайна ситуація.

ВСТУП

Постановка проблеми. Надзвичайні ситуації завдають серйозної шкоди населенню, підприємствам, природі. Надзвичайні ситуації спричинюють істотні втрати і для телекомунікаційних інфраструктур загального користування, провокуючи різке зростання навантаження на канали зв'язку. Зовнішні фактори, що виникають при цьому, значно ускладнюють керування роботами з відновлення функціонування телекомунікаційних мереж та координацію дій персоналу. Пошкодження телекомунікаційної інфраструктури призводить до перевантаження телекомунікаційних мереж загального користування та мереж операторів телекомунікацій [1; 2]. Отже, встановлювати і підтримувати ефективний зв'язок, а також надавати телекомунікаційні послуги споживачам стає дедалі складніше.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Мета цієї статті — проаналізувати типи надзвичайних ситуацій у телекомунікаційних мережах і методи боротьби з ними, а також визначити підходи щодо прийняття оптимальних вирішень із відновлення функціонування телекомунікацій у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

Вплив катастроф, пожеж, вибухів

Розглянемо кілька прикладів із міжнародного досвіду щодо впливу надзвичайних ситуацій на функціонування телекомунікаційних мереж.

1. Атака на Всесвітній торговий центр. Нью-Йорк, 11 вересня 2001 року.

Атака терористів на Всесвітній торговий центр 11 вересня 2001 року спричинила численні людські жертви та завдала значного матеріального збитку.

Літаки, що влучили в будинки, заподіяли шкоду загальнодоступним наземним і мобільним телекомунікаційним мережам і призвели до значного перевантаження тих із них, що зберегли працездатність.

Фірма Verizon, найбільший оператор телекомунікацій у Манхеттені, де відбулися теракти, після зруйнування будинків утратила безліч комутаційних станцій. Було пошкоджено, знищено чи затоплено значну кількість мідних і волоконно-оптичних кабелів поблизу комплексу Всесвітнього торгового центру, поруч із яким розміщено корпоративний центр фірми з численними кабельними колодязями і цілим поверхом комутаційного обладнання. Цю будівлю було сильно пошкоджено уламками веж.

За лічені хвилини Verizon втратила 200 тис. телефонних ліній, 150 тис. магістралей приватних АТС, 3,7 млн каналів передавання даних та 10 ретрансляційних стільникових сайтів. У результаті було порушено зв'язок у 14 тис. приватних та 20 тис. корпоративних споживачів.

Стан обтяжився ще й тим, що в перші 24 години після терактів мобільні комутаційні центри іншого оператора телекомунікацій компанії Sprint відчули сильне перевантаження. Цей провайдер спробував замінити втрачене обладнання мобільним устаткуванням COW (*Cellular on Wheels*), що одночасно мало збільшити пропускну здатність телекомунікаційної мережі. Однак у міських умовах Нижнього Манхеттену зробити це виявилось не просто.

Перевантаження стільникових мереж створило серйозні проблеми не тільки для приватних споживачів, а й для підрозділів відновлення у надзвичайних ситуаціях. У жовтні 2001 року NCS (*National Communication System*, національна комунікаційна система) — організація, що консулює уряд США з питань зв'язку — запропонувала створити систему пріоритетних викликів, яка б гарантувала мобільний зв'язок аварійно-відновлювальним підрозділам, рятувальним службам та урядовим чиновникам у надзвичайних ситуаціях.

Проте з'ясувалося, що комерційні мережі загального користування не мають ані відмовостійкості, ані ємності каналів зв'язку, необхідних у таких ситуаціях. Виявилися слабкі місця й в аналоговій радіосистемі, що використовувалась рятувальними службами та аварійно-відновлювальними підрозділами. На низку серйозних недоліків подібних засобів було вказано в доповіді МакКінсі, підготовленій за замовленням служби пожежної охорони Нью-Йорку. Наведемо окремі його висновки: ненадійність портативних радіостанцій пожежників у висотних будинках, де не було можливості підсилити сигнал і передати його на систему ретрансляторів; повністю забитий ефір, оскільки на одній частоті почали працювати відразу два канали екстреного зв'язку, один із яких призначався для вищого керівництва пожежної служби, а другий — для підтримання контакту з машинами швидкої медичної допомоги в масштабах усього міста; на диспетчерів пожежної служби було спрямовано величезну кількість викликів, що надходили по самих різних каналах — телефоном, радіо, електронною поштою.

Отже, на підставі проведеного аналізу дійшли таких рекомендацій: розширити спектр для радіоканалів; збільшити можливості використання системи керування і поліпшити підготовку диспетчерів; провести оцінку будинків та інфраструктури міського радіозв'язку стосовно їхньої відповідності щодо вимог служб, які діють у надзвичайних ситуаціях.

2. Атака на Пентагон. Вашингтон, вересень 2001 року.

Того ж дня, 11 вересня 2001 року, пілотований терористами літак урізався в будинок Міністерства оборони США у Вашингтоні. Відразу після катастрофи стільниковий зв'язок у цьому районі став неможливий — у відповідь на виклики лунали лише короткі гудки. Трафік у мережах Verizon зріс порівняно зі звичайним для США рівнем у півтора-два рази, а компанія Cingular Wireless — другий за величиною оператор телекомунікацій безпроводового зв'язку — зареєструвала у власній вашингтонській мережі навіть чотириразове збільшення кількості викликів. Окрім того, неймовірно зросла численність розмов у звичайній телефонній мережі, в якій частково проходить мобільний трафік. Стрибок попиту на телефонні послуги призвів до того, що споживачам, зокрема персоналу служб, що діють у надзвичайних ситуаціях, доводилось чимало чекати з'єднання, а вже встановлений зв'язок раптово переривався [4].

Для того щоб виправити становище і забезпечити мобільним зв'язком служби з керування рятувальними діями, Verizon розгорнула поблизу Пентагону мобільні центри стільникового зв'язку COW і забезпечила персонал мобільними телефонами.

У телекомунікаційних мережах фірми Nextel у перші години після теракту відмовив лише стільниковий зв'язок, тоді як послуга прямого під'єднання Direct Connect, що дає можливість встановлювати двосторонній зв'язок між власниками телефонів, і послуга двостороннього обміну текстовими повідомленнями залишилися доступними. Обидві ці послуги не залежать від звичайної телефонної мережі загального користування, що значно сприяє їх надійності і доступності.

Єдине, що забезпечило надійний та стійкий зв'язок підрозділів і служб надзвичайних ситуацій, були їх власні системи професіонального мобільного радіозв'язку. Отже, значні інциденти, де б вони не відбувалися, наочно демонструють, що комерційні мережі не розраховані на те колосальне збільшення кількості викликів, що спостерігається в місці дії та поблизу надзвичайної ситуації. Результати проведеного опитування довели, що надійний зв'язок за таких умов змогли забезпечити лише наземні радіосистеми мобільного зв'язку Land Mobile Radio Systems.

Аналіз цих подій дав змогу дійти деяких висновків і окреслити рекомендації [5]: потрібен план пріоритетного доступу до стільникового зв'язку урядових чиновників і співробітників рятувальних служб та підрозділів у надзвичайних умовах; потрібно розробляти нові регіональні/загальнонаціональні системи для спільного розв'язання проблем; усі перспективні комунікаційні систе-

ми варто проектувати, створювати і розгортати на основі загальних технічних стандартів.

3. Вибух у фінському торговому центрі Хельсінкі, жовтень 2002 року.

11 жовтня 2002 року в торговому центрі, розташованому в передмісті Вантаа міста Міірмяки поблизу столиці Фінляндії Хельсінкі, відбувся вибух бомби, що призвів до людських втрат. Коли тисячі людей спробували одночасно додзвонитися до служб безпеки за номером 112 або до своїх друзів та родичів, робота мережі GSM, що обслуговувала цей район, була повністю заблокована. Це серйозно завадило проведенню рятувальних операцій, оскільки організувати розміщення поранених у лікарнях можна було тільки за допомогою стільникового зв'язку. Складнощі виникли й у пожежників, котрі для зв'язку з іншими підрозділами і службами відомства з надзвичайних ситуацій користувалися каналами GSM.

4. Авіаційна катастрофа. Мілан, квітень 2002 року.

У квітні 2002 року невеликий літак влучив у будинок компанії Pirelli у самому центрі Мілана. Відразу ж після катастрофи мережі стільникового зв'язку були перевантажені безліччю дзвінків, істотно перешкоджаючи проведенню рятувальних операцій. Підтримувати радіозв'язок вдавалося лише за системою професіонального мобільного радіозв'язку, але радіообладнання різних відомств виявилось несумісним, у результаті чого роботи виконувалися не так швидко й оперативно, як того вимагали обставини.

5. Пожежа в Стокгольмі, березень 2001 року.

Велика пожежа в стокгольмському тунелі, що сталася в березні 2001 року, призвела до порушень енергопостачання і зв'язку. Пожежа позбавила електропостачання 50 тис. міських жителів, серйозно вплинула на бізнес телекомунікаційної інфраструктури. Перебої в електроживленні змогли усунути лише за добу. У столиці Швеції було значно порушено стаціонарний та мобільний зв'язок, на відновлення якого було витрачено більш ніж дві доби.

6. Дії терористів-смертників у Шрі-Ланці.

У столиці Шрі-Ланки місті Коломбо за останні роки терористами-смертниками було здійснено кілька терактів, які довели нездатність стільникових мереж забезпечити за цих умов терміновий зв'язок. Кожна атака призводила до серйозних перебоїв у роботі мобільних мереж через величезну кількість викликів. Оператори телекомунікацій, навантаження на яких щорічно зростає майже в півтора рази, були змушені задіяти свої резервні ресурси. Коли після перших відомостей про теракти почав зростати трафік, система виявлялася заблокованою. Цього б, можливо, не трапилось, якби в мережах було передбачено механізми роз-

поділення навантаження. Уникнути такого розвитку подій можна за допомогою використання системи пріоритетів, яка здатна блокувати роботу всіх абонентів мережі, окрім персоналу відповідних служб і підрозділів. Однак таку систему не було передбачено, через відсутність пріоритетності надання телекомунікаційних послуг споживачам. Завдали значних проблем канали зв'язку між мобільними мережами загального доступу та звичайними АТС. Споживачі, які користувалися послугами кількох операторів телекомунікацій, з'ясували, що можуть зв'язатися з абонентами тільки в межах однієї мережі. Для розв'язання проблеми машини швидкої медичної допомоги великих травматологічних лікарень, куди доставляли жертв вибухів, було оснащено радіостанціями транкінгової системи, не зв'язаної з іншими телекомунікаційними мережами.

7. Погроза вибуху. Великобританія, квітень 1997 року.

У квітні 1997 року перегони Grand National було терміново припинено через погрозу Ірландської республіканської армії підірвати іподром. Це призвело до найбільш великомасштабної евакуації людей із часів Другої світової війни, спричинивши значне перевантаження наземних і стільникових телекомунікаційних мереж. Урядовим чиновникам і військовим для зв'язку в загальнодоступних мережах було впроваджено державну систему урядової схеми пріоритетної телефонії (GTPS — *Government Telephone Preference Scheme*), призначену для забезпечення пріоритетного оброблення викликів вищого керівництва країни за рахунок скорочення доступу звичайних споживачів [5]. На жаль, це не дало бажаного результату. Урядові чиновники не отримали доступу до мобільних мереж через перевантаження каналів зв'язку, а військові сапери не змогли скористатися власними мобільними телефонами, оскільки їх не було зареєстровано.

8. Пожежа у Волендамі. Нідерланди, січень 2001 року.

У першу годину 2001 року спалахнула пожежа на заповненій сотнями підлітків дискотеці голландського міста Волендам. Причиною пожежі стали бенгальські вогні, полум'я з яких перекинулося на гірлянди, котрі не були оброблені вогнетривкою речовиною. Загинуло 10 підлітків, більш ніж 150 дістали серйозні травми. На повідомлення про пожежу служби з надзвичайних ситуацій відреагували миттєво: уже через шість хвилин пожежна команда і поліція були на місці події. Однак серйозні проблеми зі зв'язком перешкоджали їхній ефективній роботі. Представники різних структур залишилися без загального оперативного керівництва, діяли розрізнено, не мали повного уявлення про ситуацію, яка склалася.

9. Вибух на складі феєрверків. Нідерланди, травень 2000 року.

13 травня 2000 року на складі феєрверків у голландському місті Еншеде відбувся вибух, наслідки якого позначилися в зоні діаметром більш ніж кілометр, де мешкало 5300 людей. У результаті інциденту загинуло 22 людини, поранено 800 осіб і повністю зруйновано не менш як 400 осель. Усі служби і підрозділи з надзвичайних ситуацій, до складу яких увійшли пожежні команди, поліція та швидка медична допомога, виїхали негайно, однак не змогли ефективно діяти через телекомунікаційні проблеми. Зв'язок між окремими структурами виявився недостатнім, а пожежна команда через відсутність зв'язку не могла здійснювати загальне оперативне керівництво, забезпечуючи чітку координацію дій. Серйозні труднощі було виявлено і в центрах керування телекомунікаційними мережами операторів телекомунікацій, у функції яких входило виділення та розподілення ресурсів. Оператори телекомунікацій були не в змозі обробляти величезний трафік, оскільки значно зросла кількість викликів споживачів, які повідомляли про надзвичайну ситуацію та хотіли отримати будь-яку інформацію. У центрах керування операторів телекомунікацій не виявилось потрібного обладнання, не було підготовлених фахівців, необхідних для роботи за умов катастроф такого масштабу. Багато керівників зовсім не отримали з центрів керування повідомлення про вибух, а сигнали тривоги надавалися безсистемно і без особливого контролю.

10. Залізнична катастрофа. Аста, Норвегія, січень 2000 року.

Аварія потягів у норвезькому місті Аста 4 січня 2000 року і пожежа, що сталася після цього, призвела до значних втрат серед пасажирів.

Проведенню рятувальних операцій заважали проблеми зі зв'язком. Служби надзвичайних ситуацій були не в змозі передавати конфіденційну інформацію з причини перевантаження телекомунікаційних мереж. Ситуація ускладнювалася через дзвінки пасажирів, а з часом через дзвінки кореспондентів, що були в зоні надзвичайної ситуації. Не вдалося організувати чітку взаємодію між різними службами, які брали участь у ліквідації наслідків катастрофи, оскільки їхні телекомунікаційні системи виявилися несумісними. Це завадило навіть керівнику операції спілкуватися з керівництвом інших відомств, щоб скоординувати роботу всіх служб. Отже, керування діями з усунення наслідків надзвичайної ситуації здійснювалося не зовсім ефективно за відсутності сталого зв'язку між підрозділами. Аналіз визначив недоліки системи радіозв'язку: радіостанції, розташовані на потягах, не змогли працювати в одному з каналів зв'язку, контакт між персоналом потягів

був відсутній. У висновках комісії було надано пропозиції щодо удосконалення радіомережі залізниці.

Вплив природних явищ

Природні катаклізми, зазвичай, охоплюють великі території і впливають на життя багатьох людей протягом тривалого часу. Серйозно відбиваючись на комунальній інфраструктурі, вони здатні вивести з ладу її ключові елементи, до яких належать системи електропостачання і зв'язку. Для підтримання правопорядку за умов стихійного лиха, захисту людського життя та для допомоги під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій відповідним рятувальним службам і підрозділам необхідний надійний зв'язок. Як свідчить досвід, мережі загального користування найчастіше потерпають від стихії. Далі наведено кілька прикладів впливу природних явищ на телекомунікаційні системи [6].

1. Бурі у Франції, зима 1999 року.

Останніми днями 1999 року Францією пронеслися дві сніжні бурі. Швидкість вітру в деяких районах сягала 200 км/год, що спричинило порушення руху на залізницях та постачання води до осель, а також серйозні пошкодження мереж електропостачання і телекомунікацій. Перебої в електропостачанні були викликані падінням щогл та стовпів на лініях електропередач, обривами проводів під дією вітру. Серйозні пошкодження отримала звичайна телефонна мережа загального користування. Буря вивела з ладу безліч телефонних ліній. Було сильно зіпсовано три мережі GSM, які функціонують на території Франції (одна працює в діапазоні 1800 МГц, а дві інші — у діапазоні 900 МГц). Головною причиною припинення мобільного зв'язку стала відсутність електропостачання, через що вимкнулися ретрансляційні станції. Отже, відмовостійкість мереж GSM забезпечується лише при короткочасному зникненні електропостачання. Звичайно, за цих обставин наслідки сніжних бур виявилися специфічними для умов Франції, де для зв'язку використовується комбінація підземних, повітряних та радіоліній; міські райони чергуються із сільською місцевістю, а проектування телекомунікаційних систем здійснюється за загальноприйнятими правилами. Проте досвід Electricite de France показав, що надійність мереж GSM набагато нижча, ніж створена цією компанією спеціалізована система професійних пересувних радіостанцій.

3. Землетрус в Афінах, вересень 1999 року.

У столиці Греції 7 вересня 1999 року відбувся потужний землетрус силою 5,9 балів за шкалою Ріхтера, який тривав 10 секунд. За цей короткий час загинули і були поранені люди (близько 7 тис.), 65 будинків було зруйновано. Мобілізували всі

служби з надзвичайних ситуацій, до операції було залучено Національний центр щодо дій у надзвичайних ситуаціях при Генеральному секретаріаті громадського захисту та оперативні центри інших відомств (поліції, пожежної охорони, швидкої медичної допомоги, організацій з планування та захисту від землетрусів). За цих умов, насамперед, було важливо відновити лінії зв'язку і налагодити оповіщення населення. У перші години після землетрусу було просто неможливо використовувати для керування фіксовані та мобільні телекомунікаційні мережі. Уся інформація передавалася по радіоканалах поліції та пожежної охорони, а телефонні мережі, зокрема і стільникові, виявилися повністю заблоковані. Підрозділи, яких було терміново організовано для оцінювання обстановки в районах лиха, забезпечувались професіональними мобільними радіостанціями, а для спостереження з повітря використовувалися гелікоптери.

4. Землетрус у Кобі. Японія, січень 1995 року.

17 січня 1995 року на півдні центральної Японії відбувся землетрус потужністю 7,2 бали.

Для комунікаційної інфраструктури наслідки виявилися безпрецедентними. Через припинення надходження електроенергії 285 тис. абонентів телефонної мережі загального користування позбавилися зв'язку, разом із будинками було знищено 100 тис. ліній зв'язку і саме стільки було знищено поза будинками. Окрім того, у мережі виникло значне перевантаження. У перший день після землетрусу трафік у Кобі збільшився порівняно з піковим значенням у 50 разів, що істотно перевищило можливості телекомунікаційної мережі. Провідний оператор телекомунікацій Японії корпорація NTT блокувала 95% усіх вхідних викликів, щоб забезпечити зв'язком поліцію, урядові організації і телефони загального доступу. Отже, споживачі намагалися дзвонити з платних телефонів, що швидко призвело до перевантаження каналів зв'язку.

Незважаючи на високий пріоритет, що було надано службам порятунку, їхній роботі заважали перевантаження мережі загального користування та недостатня кількість операторів телекомунікацій. Серйозних перевантажень й пошкоджень зазнали також мобільні мережі загального користування — трафік у сім разів перевищив звичайне пікове значення. Було пошкоджено ретрансляційні вежі операторів мобільного зв'язку, дуже швидко вичерпалась енергія в резервних акумуляторах. Вузьким місцем виявилися і канали зв'язку локальних проводових мереж.

5. Землетрус на Тайвані, вересень 1999 року.

Руйнівний землетрус на північному заході Тайваню 20 вересня 1999 року призвів до серйозних руйнувань і жертв. Значні пошкодження отримали кабельні колодязі, однак кабелі, прокладені в них, не постраждали. Проте і стільниковий, і зви-

чайний телефонний зв'язок перервалися, що було спричинено частковим пошкодженням будинків базових станцій, їхнього обладнання та стільникових сайтів, а частково — припиненням постачання електроенергії.

6. Крижаний шторм у Нью-Йорку, січень 1998 року.

Безпрецедентний за своїми масштабами крижаний шторм на північному сході США в січні 1998 року завдав величезної шкоди лісопаркам у містах та сільській місцевості на площі 18 млн акрів. Особливо постраждали компанії, будинки і комунальна інфраструктура Нью-Йорка, що залишалися без електропостачання протягом 23 днів. Деякі штати було оголошено зоною стихійного лиха.

Вхідний та вихідний зв'язок у цих районах був неможливий: лінії зв'язку, локальні телефонні станції і стільникові ретранслятори через відсутність електроживлення були непридатними. Із цих самих причин не могли користуватися зв'язком і компанії через пошкодження офісних АТС. Коли оператори телекомунікацій мали резервні електрогенератори, то телекомунікаційні системи функціонували деякий час, але після вичерпання запасів вони позбавилися електроживлення. Ще швидше розрядилися додаткові акумулятори, спеціально встановлені на випадок перебоїв у постачанні електроенергії. У результаті деякі райони протягом довгого часу залишалися без зв'язку, якщо не брати до уваги аматорські радіостанції. А без цього було дуже важко вживати необхідних заходів. На досвіді шторму Федеральне агентство США щодо дій у надзвичайних ситуаціях розробило спеціальні рекомендації. Було запропоновано, зокрема, розгорнути в стільникових мережах систему пріоритетів, що забезпечує керування службами і підрозділами з надзвичайних ситуацій навіть у разі перевантаження загальнодоступних каналів.

Відмовлення інфраструктури загальнодоступних телекомунікаційних мереж

Стільникові системи мають ієрархічну структуру мережних елементів, що характеризується недостатньою стійкістю до відмов і вимагає резервування. Нижче наводяться кілька прикладів, з яких видно, наскільки істотно позначається на роботі загальнодоступної телекомунікаційної мережі вихід з ладу окремих компонентів та як довго тривають такі перебої. Усі наведені факти дають уявлення про надзвичайні ситуації в телекомунікаційних мережах і про серйозні перебої, що трапляються [7; 11].

1. Знеструмлення комутатора в Гемпширі. Великобританія, квітень 2002 року.

Серйозна аварія, що відбулася в Саутхемптоні на телефонному комутаторі компанії British

Telecom 25 квітня 2002 року, мала катастрофічні наслідки. Без телефонного зв'язку залишилися весь південний захід графства Гемпшир і південь графства Уилтшир. Мешканці обох графств позбавилися можливості дзвонити в службу порятунку. Протягом вечора без телефонного зв'язку залишалося понад 400 тис. мешканців на більшій частині Гемпшира.

Через утрату комутатора в районі зберегла працездатність тільки одна стільникова мережа Orange, що не залежала від інфраструктури British Telecom. У результаті поліція графства залишилася без наземного зв'язку, електронної пошти, факсу, мобільних телефонів і більшості УКХ-радіостанцій. Відновити нормальний зв'язок вдалося лише після ремонту комутатора, який тривав п'ять годин. Увесь цей час поліцейські могли підтримувати зв'язок лише за допомогою УКХ-радіостанцій, що не залежали від телекомунікаційної інфраструктури.

2. Пожежа на телефонному комутаторі в Ройтлінген. Німеччина, серпень 1998 року.

Пожежа в передавальному залі комутатора Deutsche Telecom, що спалахнула 1 серпня 1998 року, вивела з ладу дві третини міських телефонних ліній, позбавивши зв'язку 54 тис. абонентів. При цьому було порушено не тільки звичайний телефонний зв'язок, а й мобільний, який частково проходив по загальнодоступній телефонній мережі. Телефони аварійних служб були недоступні протягом шести годин.

Щоб виправити це положення, Deutsche Telekom роздала частині абонентів, які мали потребу у постійному зв'язку, мобільні телефони. Окрім цього в центрі Ройтлінгена було встановлено вежу з мобільним передавачем для мережі, що дало змогу подвоїти загальну кількість радіоканалів. Однак цілком компенсувати втрату комутатора не вдалося, оскільки обмежена смуга дозволених частот не давала можливості організувати необхідну кількість каналів.

Телефонне обслуговування було відновлено лише через два тижні після пожежі.

3. Пожежа на телефонному комутаторі в Хінсдейлі. США, 1988 рік.

9 травня 1988 року на центральному комутаторі компанії Illinois Bell Telephone через коротке замикання сталася пожежа. Відбулося це в невеликому американському містечку Хінсдейл, розташованому в 32 км на південний захід від Чикаго. Телефонний зв'язок перервався відразу після загоряння, що перешкодило оперативно повідомити аварійні служби про надзвичайні події. У результаті пожежна команда прибула тільки за 45 хвилин. Працювати їй довелося в особливо складних умовах, оскільки на комутаторі не виявилася системи аварійного вимкнення електро-

постачання. Пожежа не тільки завдала фізичної шкоди будинку й устаткуванню комутатора, а й надовго порушила телефонний зв'язок. Більше тижня 38 тис. абонентів не могли подзвонити не тільки до інших міст, а й до сусідніх офісів, що, звичайно, серйозно зашкодило місцевому бізнесу. Сильно постраждав і зв'язок з аварійними службами, який було відновлено тільки за добу після пожежі. Цілком же відновити телефонне обслуговування вдалося лише за два тижні.

4. Перевантаження мережі. Великобританія, січень 2000 року.

Зустріч нового тисячоріччя ознаменувалася у Великобританії тим, що мережі всіх чотирьох операторів мобільного зв'язку виявилися перевантаженими — багато хто хотів поздоровити своїх родичів і знайомих. Особливо гостро цю проблему відчули абоненти мережі Vodafone у Шотландії і Північній Ірландії.

5. Відмовлення мережі оператора Vodafone. Великобританія, 2002 рік.

Повний вихід з ладу АТС мобільного зв'язку, що відбувся в січні 2002 року, спричинив перевантаження і навіть тимчасове вимкнення стільникової мережі оператора телекомунікацій Vodafone у Великобританії. Це сталося через апаратну несправність комутатора, що призвело до передавання всього вхідного і вихідного трафіку північно-західних областей Англії через загальнонаціональну мережу оператора телекомунікацій. У результаті протягом 11 годин телефонні послуги були або зовсім недоступні, або надавалися з великою затримкою.

6. Відмовлення мережі мобільного зв'язку. Шотландія, листопад 2002 року.

29 листопада 2002 року мобільні телефони тисяч абонентів мережі мобільного зв'язку у Шотландії та Північній Ірландії замовкли. Як з'ясувалося, під час проведення технічного обслуговування комутатора поблизу шотландського міста Глазго раптово припинилося електропостачання, і мережа цілком вийшла з ладу. Частково поновити зв'язок вдалося за годину, а відновлення функціонування мережі та телефонного обслуговування у повному обсязі проводилося протягом більш ніж 5 годин.

7. Відмовлення мобільної мережі Orange. Великобританія, серпень 2001 року.

У серпні 2001 року виникли серйозні перебої у функціонуванні мобільної мережі Orange, у результаті чого залишилася без стільникового зв'язку значна кількість абонентів у графствах Ридинг і Беркшир. Пошкодження мобільної мережі виникло під час проведення технічного обслуговування на комутаційному центрі через дефектну плату.

8. Відмовлення мережі. Великобританія, серпень 2001 року.

Ще один серйозний збій у роботі мобільної мережі стався 26 серпня 2001 року через вимкнення електроживлення регіонального комутаційного центра в м. Йейті, що знаходиться біля Брістоля. Мобільного телефонного зв'язку тоді позбавилися багато абонентів, що мешкають на південному заході Англії та деяких районів Уельсу.

Хоча електропостачання вдалося відновити вже за три години, але у повному обсязі послуги мобільного зв'язку стали доступними лише за шість годин, оскільки потрібен був час на перевірку бази даних мережі. Але і після цього протягом деякого часу телекомунікаційна мережа залишалася перевантаженою через безліч коротких повідомлень SMS і повідомлень голосової пошти.

9. Відмовлення мережі Orange. Великобританія, березень 2002 року.

Протягом майже всього вівторка 19 березня 2002 року тисячі абонентів мобільної мережі Orange не змогли ані подзвонити, ані відповісти на виклик. Це відбулося через відмовлення обладнання в комутаційному центрі в районі Мерсейсайд. Наслідки відмови призвели до надзвичайної ситуації в мережі та мали негативний вплив на зв'язок між споживачами всієї території країни.

10. Надзвичайна ситуація в мережі оператора мобільного зв'язку Vodafone. Іспанія, лютий 2003 року.

20 лютого 2003 року протягом семи годин без зв'язку залишалося 8,7 млн абонентів мобільної мережі оператора мобільного зв'язку Vodafone в Іспанії. Це було пов'язано з несправностями у центральному комутаційному центрі, однак ніякого зовнішнього впливу, що могло б привести до значної відмови, виявлено не було. Відразу ж після усунення пошкодження в службу технічного підтримання оператора Vodafone стали дзвонити споживачі. Значна кількість дзвінків споживачів повністю блокувала мережу, що призвело до її перевантаження.

Відновлення функціонування телекомунікаційних мереж

Оскільки різноманітні надзвичайні ситуації стали практично нормою сьогодення, то, відповідно, постала потреба у формалізації діяльності персоналу телекомунікаційних мереж за умов таких ситуацій. Таким документом є План відновлення функціонування телекомунікаційної мережі в умовах надзвичайних ситуацій. Для кожного оператора телекомунікацій важливо чітко визначити, що являє собою відновлення функціонування телекомунікаційних мереж, як розробити план їх відновлення, яка інформація є необхідною, як має діяти персонал тощо [1; 2; 5]. План відновлення

функціонування телекомунікаційної мережі оператора телекомунікацій визначає перелік і послідовність процедур, необхідних для відновлення нормального функціонування мережі після виникнення надзвичайних обставин, що призвели до відмовлення в доступі до ресурсів телекомунікаційної мережі в результаті виходу з ладу окремих елементів цієї мережі, фізичного руйнування приміщень, пожежі, повені тощо.

Основною метою є забезпечення швидкого й повного відновлення стійкого функціонування телекомунікаційної мережі [5; 8; 10].

Поставлена мета досягається розв'язанням таких завдань:

а) визначенням порядку дій, процедур і ресурсів, необхідних для відновлення функціонування телекомунікаційної мережі чи забезпечення її стійкого функціонування в резервному варіанті розміщення технічних засобів і персоналу;

б) визначенням штатного складу й основних обов'язків персоналу оперативного штабу та аварійних груп зі складу співробітників оператора телекомунікацій щодо реалізації заходів Плану відновлення, а також порядку організації ефективної взаємодії між аварійними групами та керування ними протягом усього часу активності Плану відновлення;

в) визначенням порядку взаємодії й координації дій оперативного штабу щодо реалізації Плану з іншими підприємствами й структурами (пожежники, медперсонал, поліція, рятувальники тощо), що, можливо, будуть залучатися до ліквідації наслідків надзвичайних подій, які спричинили порушення нормального функціонування телекомунікаційної мережі. Наприклад, фахівці NIST усі заходи щодо виконання Плану розподіляють за трьома етапами:

• *етап повідомлення/активації Плану.* Основні завдання, що розв'язуються на даному етапі, це своєчасна ідентифікація виникнення надзвичайних умов, виявлення пошкоджень, що зазнали телекомунікаційної мережі, оцінювання збитку, прогноз можливості відновлення функціонування телекомунікаційної мережі й узгодження рішення щодо необхідності активації Плану відновлення телекомунікаційної мережі;

• *етап відновлення.* Основні завдання — відновлення функціонування телекомунікаційної мережі за тимчасовою схемою (з використанням резервних засобів і приміщень), проведення комплексу робіт щодо повного відновлення працездатності телекомунікаційної мережі в обсязі звичайних умов.

• *етап відтворення телекомунікаційної мережі/деактивації Плану.* На цьому етапі основними завданнями є повне відновлення нормальної роботи телекомунікаційної мережі і деактивація Плану, відновлення, повернення до нормального функціонування.

ВИСНОВКИ

Отже, проведений аналіз показав, що проблеми зв'язку під час багатьох надзвичайних ситуацій (катаклізмах, аваріях у телекомунікаційних мережах, природних явищах тощо) збільшуються несумісністю телекомунікаційних систем різних операторів та підприємств телекомунікацій. За умов надзвичайних ситуацій у телекомунікаційних мережах ефективність дії рятувальних команд найчастіше знижується через відсутність співробітництва між службами і підрозділами з надзвичайних ситуацій і нездатністю деяких із них здійснювати чітке оперативне керування. Представники різних структур залишаються без загального оперативного керівництва, діють розрізнено, не мають повної інформації щодо ситуації, яка склалася в зоні надзвичайних ситуацій через відмову роботи телекомунікаційних мереж.

Небезпека відмовлення телекомунікаційних інфраструктур загального користування з технічних причин є зовсім очевидною. Це робить недоступним надання телекомунікаційних послуг споживачам, державним органам, а також є малопридатним для служб і підрозділів з надзвичайних ситуацій, де необхідна дуже висока відмовостійкість, надійність і сталість зв'язку, тобто здатність телекомунікаційної мережі працювати за будь-яких умов.

Серед документів, що регламентують роботу телекомунікаційної мережі в надзвичайній ситуації, основне місце постає План відновлення функціонування телекомунікаційної мережі. Нині наявність подібного документа стала актуальною для всіх підприємств і організацій.

Список використаної літератури

1. Закон України «Про надзвичайний стан» 26 червня 1992, №2501-XII, ВВР, 1992, №37. С. 538.

2. Положення про оперативно-технічне управління телекомунікаційними мережами України в умовах надзвичайних ситуацій, надзвичайного та воєнного стану. Київ: КМ України, 2004.

3. Колченко Г. Ф., Варфоломеева О. Г. Математическое моделирование задачи восстановления функционирования телекоммуникационной сети: Праці 3 Міжнар. конф. «Проблеми управління мережами та послугами телекомунікацій в умовах конкурентного ринку» // Вісник УБЕНТЗ. 2004. № 2. С. 47–52.

4. Гриняев С. Если пришла беда. Как восстановить функционирование информационной системы в чрезвычайных ситуациях? // Мир связи информации. 2005. №6. С. 120–123.

5. Колченко Г. Ф., Варфоломеева О. Г. Управление безопасностью сетей телекоммуникаций // Труды наук.-практ. семинару. Чернівці, 2001. С. 17–19.

6. Чаадаев В. К., Шеметова И. В., Шибалева И. В. Информационные системы компаний связи. Москва: Эко-Трендз, 2004. 256 с.

7. Шувалов В. П. Телекоммуникационные системы и сети. Т. 1. Современные технологии: под ред. проф. Шувалова В. П. Москва: Горячая линия-Телеком, 2003. 647 с.

8. Шувалов В. П. Телекоммуникационные системы и сети. Т. 3. Современные технологии: под ред. проф. Шувалова В. П. Москва: Горячая линия-Телеком, 2005. 592 с.

9. SLA Management Handbook. SLA Management Handbook. Vol. 2. Concepts and Principles. Release 2.5 // TeleManagement Forum, 2005. 218 p.

10. Визначення деяких бізнес-процесів системи діяльності оператора телекомунікацій / О. Г. Варфоломеева, Г. Ф. Колченко, В. О. Слюсар, А. І. Сумський // Вісник УБЕНТЗ. 2006. №1. С. 18–25.

11. Архипова Н. И., Кульба В. В. Управление в условиях чрезвычайных ситуаций: учеб. пособие. Москва: РГГУ, 1994. 196 с.

В. Б. Толубко, Л. Н. Беркман, Г. Ф. Колченко, О. Г. Варфоломеева, Н. Г. Твердохлеб

НЕКОТОРЫЕ ПРИМЕРЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Проведен анализ чрезвычайных ситуаций и их возможное влияние на функционирование телекоммуникационной сети. Приведены примеры выхода из строя отдельных компонентов сети и их влияние на работу общедоступной телекоммуникационной сети, а также продолжительность таких перебоев. Проведена классификация чрезвычайных ситуаций, возникающих в телекоммуникационных сетях, включая катастрофы, пожары и взрывы; природные катаклизмы, которые охватывают большие территории и влияют на жизнь многих людей в течение длительного времени; отказ инфраструктуры общедоступных телекоммуникационных сетей. Особое внимание обращается на определение слабых звеньев в функционировании оборудования сети, таких как перегрузка, а также блокирование функционирования стационарной и мобильной сетей, низкая надежность портативных радиостанций пожарных, серьезные трудности в функционировании центров управления телекоммуникационными сетями операторов телекоммуникаций по выполнению функций выделения и распределения ресурсов. Проанализированы методы борьбы с последствиями каждой из чрезвычайных ситуаций и определены рекомендации по предотвращению наиболее тяжелых последствий. К ним относятся: наличие плана приоритетного доступа к сотовой связи сотрудников спасательных служб и подразделений в чрезвычайных условиях; разработка региональных и общенациональных систем для совместного решения проблем; необходимость проектирования и внедрения перспективных телекоммуникационных систем на основе общих технических стандартов. Обоснована необходимость формирования специальной службы восстановления телекоммуникаций и разработки плана восстановления функционирования

телекоммуникационной сети в условиях чрезвычайных ситуаций как для каждого оператора телекоммуникаций, так и для Национального центра управления сетями в целом. Определен перечень задач, необходимых для обеспечения быстрого и полного восстановления устойчивого функционирования телекоммуникационной сети, а также разработаны этапы выполнения Плана.

Ключевые слова: телекоммуникационная сеть; система управления; чрезвычайная ситуация.

V. B. Tolubko, L. N. Berkman, G. F. Kolchenko, O. G. Varfolomeieva, N. G. Tverdohlib

SOME EXAMPLES OF TELECOMMUNICATIONS INFRASTRUCTURE OPERATION IN EMERGENCIES

The analysis of emergency situations and their possible impact on the operating of the telecommunication network is carried out in the article. Examples of failures of individual network components and their impact on the operation of a public telecommunications network, as well as the duration of such interruptions, are given. Classification of emergencies arising in telecommunication networks is given, including disasters, fires and explosions, natural disasters that cover large areas and affect the lives of many people, telecommunication infrastructure failures. Particular attention is given to identifying weak links in the operation of network equipment such as congestion, as well as blocking the functioning of fixed and mobile networks, low reliability of firefighters' portable radios, serious difficulties in the functioning of telecommunication network control centers in fulfilling the allocation and distribution functions of resources. The methods of dealing with the consequences of each of the emergency situations are analyzed and recommendations for preventing the most serious consequences are determined. These include: a plan for priority access to cellular communications; development and use of nationwide systems aimed at solving common problems; development and implementation of advanced telecommunication systems. The necessity of forming a special telecommunication restoration service and developing a plan for the restoration of the telecommunications network in emergency situations both for each telecommunications operator and for the National Network Management Center as a whole is substantiated. The list of tasks necessary to ensure the fast and complete restoration of the stable functioning of the telecommunications network is determined, and the stages of the implementation of the Plan are developed.

Keywords: telecommunication network; management system; emergency.

УДК 621.391

DOI: 10.31673/2412-9070.2020.061116

В. М. БЕЗРУК, доктор техн. наук, професор;

С. А. ІВАНЕНКО,

Харківський національний університет радіоелектроніки

ВІЯВЛЕННЯ НЕВІДОМИХ СИГНАЛІВ У КОГНІТИВНИХ РАДІОМЕРЕЖАХ

На даному етапі розвитку безпроводових технологій спостерігається стрімкий зріст обсягів інформаційних послуг, а також швидкості передавання інформації. Щоб задовільнити ці потреби, слід використовувати додаткові смуги частот. Однак нині більша частина радіоспектра вже зайнята для використання. Для розв'язання цієї проблеми може бути використана концепція когнітивного радіо, ефективність використання якої значною мірою залежить від алгоритмів виявлення сигналів у частотних каналах.

Дослідження алгоритмів виявлення невідомих сигналів здійснено методом статистичних випробувань під час радіомоніторингу в когнітивних радіомережах.

Досліджено показники якості виявлення невідомих сигналів. Запропоновані алгоритми виявлення мають підвищити ефективність виявлення вільних частотних каналів, поліпшуючи функціонування когнітивних радіомереж.

Розглянуто неklasичні методи виявлення невідомих сигналів, застосування яких можливо у рамках концепції когнітивного радіо. Ці методи відрізняються від класичних тим, що вони використовують інформацію лише про шум. У результаті комп'ютерного дослідження було отримано оцінки показників якості виявлення невідомих сигналів. Ці оцінки підтверджують працездатність та можливість використання запропонованих алгоритмів під час радіомоніторингу в когнітивних радіомережах.

Ключові слова: когнітивне радіо; методи виявлення сигналів; невідомі радіосигнали; радіоспектр; радіомоніторинг; частотний ресурс; невідомі сигнали.

Вступ

Сьогодні широко впроваджуються безпроводові радіотехнології, що використовують частотний ресурс. Кількість користувачів частотного ресурсу неухильно зростає і частотний діапазон стає досить переповнений. Однак, як показує аналіз, ефективність використання частотного ресурсу є не дуже високою [1], що обмежує впровадження нових безпроводових радіотехнологій.

Одним із варіантів розв'язання проблеми стала поява стандарту IEEE 802.22, який визначає роботу радіосистем у діапазоні частот від 54 до 698 МГц. Даний стандарт розроблено на основі застосування концепції когнітивного радіо (CR) [2–6]. При цьому здійснюється пошук «спектральних дірок», тобто

© В. М. Безрук, С. А. Іваненко, 2020