

УДК 621.391

**Колченко Т. В.**, аспірантка (Український НДІ зв'язку, м. Київ. +380 (44) 248 86 67. post1@undiz.org.ua)

**Колченко О. В.**, к.т.н. (НТЦ «Енергосв'язок», м. Київ. +380 (44) 249 21 47. akolchenko@energospv.org.ua)

## **МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ МАТЕРІАЛЬНОГО РЕЗЕРВУ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ**

**Колченко Т. В., Колченко О. В. Методика розрахунку матеріального резерву для відновлення телекомунікаційних мереж.** Ця стаття спрямована на пошук і визначення методичних підходів до створення в галузі телекомунікацій матеріального резерву для забезпечення технічної реалізації рішень під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного характеру. Розглядаються питання визначення необхідної номенклатури і об'єму такого резерву. Визначено, що метою створення резерву є підвищення рівня матеріального забезпечення робіт під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, виходячи з прогнозованого прояву надзвичайної ситуації даного виду на певній території у разі неможливості забезпечити необхідні обсяги аварійно-відновлювальних робіт наявними ресурсами.

**Ключові слова:** телекомунікаційна мережа, надзвичайна ситуація, матеріальне забезпечення робіт, матеріальний резерв, прогнозування, відновлення, резервування

**Колченко Т. В., Колченко А. В. Методика расчета материального резерва для восстановления телекоммуникационных сетей.** Эта статья направлена на поиск и определение методологических подходов к созданию в отрасли телекоммуникаций материального резерва для обеспечения технической реализации решений во время ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного характера. Рассматриваются вопросы определения необходимой номенклатуры и объема такого резерва. Определено, что целью создания резерва является повышение уровня материального обеспечения работ во время ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, исходя из прогнозируемого проявления чрезвычайной ситуации данного вида на определенной территории в случае, если невозможно обеспечить необходимые объемы аварийно-восстановительных работ имеющимися ресурсами.

**Ключевые слова:** телекоммуникационная сеть, чрезвычайная ситуация, материальное обеспечение работ, материальный резерв, прогнозирование, восстановление, резервирование

**Kolchenko T. V. , Kolchenko O. V. Method of the material reserve estimation for the restoration of telecommunication networks.** This article is aimed at finding and identifying the methodological approaches to creation of the telecommunication branch material reserve to ensure the implementation of technical solutions during the natural emergency recovery. The questions of determination of required range and volume of such reserve are examined. It was determined that the purpose of the material reserve creation is to increase the level of material support of the works during the emergency recovery, based on the predicted consequences resulting from the emergency situation in a certain area, if it is impossible to provide the necessary amounts of rescue and recovery operations by the available resources.

**Keywords:** telecommunications network , emergency situation, financial support of work forecasting, material reserve, recovery, reservation

**Загальні положення.** Законодавством України визначено, що одним із головних елементів системи захисту населення і територій є фонди фінансових, медичних та матеріально-технічних ресурсів, передбачених на випадок виникнення надзвичайних ситуацій (НС), які повинні створюватися на всіх рівнях управління.

Матеріально-технічне забезпечення та резерви – це основа забезпечення реалізації рішень щодо ліквідації наслідків НС та захисту населення від впливу небезпеки. Завчасне накопичення матеріально-технічних засобів дозволяє у разі виникнення НС природного і техногенного характеру не порушувати функціонування народногосподарського комплексу у зв'язку з вилученням у терміновому порядку матеріально-технічних і фінансових ресурсів для їх ліквідації.

Порядок створення, використання матеріальних резервів для запобігання і ліквідації надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру та їх наслідків здійснюється відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 29 березня 2001 р. № 308 [1].

Відповідно до вимог нормативно-правових документів створюються матеріальні резерви таких видів: *державний* резерв (стратегічний резерв); *оперативний* резерв; *відомчий* резерв (за специфікою діяльності); *регіональний та місцевий* резерви; *об'єктовий* запас. Об'єктовий запас створюється суб'єктами господарської діяльності, у власності (управлінні) або у користуванні яких є об'єкти підвищеної небезпеки.

Створення об'єктового резерву у сфері телекомунікацій проводиться згідно з вимогами КНД 45-204 [2].

Ця стаття спрямована на пошук і визначення методичних підходів до створення в галузі зв'язку матеріального резерву необхідної номенклатури і обсягу для забезпечення технічної реалізації рішень під час ліквідації наслідків НС природного характеру, виходячи з прогнозованого прояву надзвичайної ситуації даного виду (класу) на даній території.

Мета створення відомчого матеріального резерву – підвищення рівня матеріального забезпечення робіт при ліквідації наслідків НС техногенного та природного характеру на телекомунікаційних об'єктах у разі, коли об'єктові матеріальні резерви не можуть забезпечити необхідні обсяги аварійно-відновлювальних робіт.

В основу визначення обсягів матеріального резерву для ліквідації наслідків НС на лініях зв'язку покладені принципи та методичні вказівки, викладені у [2, 3]. Разом з цим, уточненні окремі положення – аналіз НС, вплив та дія їх чинників на лінії зв'язку (ЛЗ) проведені з урахуванням організації системи технічної експлуатації ЛЗ (в першу чергу транспортної телекомунікаційної мережі) та територій, в межах яких знаходяться ЛЗ, які обслуговуються відповідними експлуатаційними підприємствами.

**Визначення зв'язків між можливою дією чинників надзвичайних ситуацій та їх наслідками.** Чинниками НС природного та техногенного характеру виступають небезпечні природні явища чи процеси різного характеру, або події техногенного походження на потенційно небезпечних об'єктах, непередбачений прояв яких супроводжується руйнівними процесами на телекомунікаційних об'єктах.

Рівень впливу НС природного та техногенного характеру на телекомунікаційні мережі оцінюється за ознаками та показниками, серед яких можна виділити [3]: *характер* НС; *уражальний* чинник та уражальна дія джерела НС; *рівень* НС; *площа* зони НС; *вид* лінії зв'язку, що опинилась в зоні НС; *розташування* ЛЗ відносно зони НС; *характер* та ступінь руйнації лінійних споруд зв'язку; *обсяг* аварійно-відновлювальних робіт (АВР) та умови їх виконання.

Визначимо ті явища чи події, що спричиняють НС, які будь-якою мірою супроводжуються порушенням зв'язку (аварій на ЛЗ).

Одним із способів встановлення зв'язків між можливою дією чинників НС та їх наслідками стосовно телекомунікаційних мереж є визначення кореляційної залежності в цих процесах. При цьому, однією із змінних цього процесу є можливі чинники НС (їх обсяги, кількісні прояви, площі необхідних зон тощо). Іншою змінною є наслідки (прояви) дії чинників НС в телекомунікаційних мережах, наприклад, кількість аварій на ЛЗ від стихійних явищ.

Мірою кореляційного зв'язку є коефіцієнт кореляції  $r$ . Абсолютне значення коефіцієнта кореляції не перевищує одиниці, при  $r = 1$  спостерігається функціональна залежність між змінними величинами, при  $r = 0$  – зв'язок між змінними відсутній, при від'ємному чи позитивному значенні коефіцієнта – відповідно від'ємні і позитивні кореляційні зв'язки.

Для дії чинників НС на кабельні лінії від'ємний коефіцієнт кореляції не має фізичного сенсу.

Розрахуємо коефіцієнти кореляції між чинниками НС та кількістю аварій на кабельних лініях транспортної телекомунікаційної мережі, обумовленою цими чинниками, та на основі аналізу отриманих коефіцієнтів кореляції визначимо які чинники НС будуть враховані під час розрахунку резерву.

Коефіцієнт кореляції ( $r$ ) між двома змінними величинами  $X$  і  $Y$  визначається за формулою [4]:

$$r = \frac{\sum xy - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y},$$

де  $\mu_x$ ,  $\mu_y$  – середнє значення змінних  $x$  та  $y$ :

$$\mu_x = \frac{\sum X_i}{N}, \quad \mu_y = \frac{\sum Y_i}{N},$$

де  $X_i$  – одне із значень вибірки  $X$ ,  $Y$  змінних;  
 $N$  – кількість елементів у вибірках змінних  $X$ ,  $Y$ ;  
 $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  – стандартне відхилення змінних  $X$  і  $Y$ :

$$\sigma_x = \sqrt{\sigma_x^2}, \quad \sigma_y = \sqrt{\sigma_y^2};$$

$\sigma_x^2$ ,  $\sigma_y^2$  – дисперсія змінних  $X$  і  $Y$ :

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum X_i^2}{N} - \mu_x^2; \quad \sigma_y^2 = \frac{\sum Y_i^2}{N} - \mu_y^2.$$

**Методика визначення резерву.** Вихідними даними для розрахунків коефіцієнтів кореляції є:

- характеристика територій в зонах обслуговування експлуатаційних підприємств, де діють природні чинники НС (за даними [5]);
- поширення НС геологічного характеру (за даними [5]);
- поширення НС гідрологічного характеру (за даними [5]);
- поширення НС природного характеру та збитки від НС загальнодержавного та регіонального рівня по зонах обслуговування експлуатаційних підприємств (за даними [3]);
- характеристика грозодіяльності в зоні територій, де обслуговуються ЛЗ, та площа зони небезпечних ударів блискавки (за статистичними даними);
- кількість аварій на кабельних лініях транспортної телекомунікаційної мережі від стихійних явищ (за статистичними даними).

Щоб не перевантажувати статтю, опустимо проміжний розрахунок коефіцієнтів кореляції між чинниками НС та кількістю аварій на кабельних лініях (КЛ) транспортної телекомунікаційної.

Розраховані значення коефіцієнта кореляції наведені в Табл. 1.

Аналіз значень коефіцієнтів кореляції між кількістю аварій від стихійних явищ КЛ транспортної мережі та можливими чинниками НС (див. Табл. 1) для визначення площ зони ризику (можливого прояву окремих чинників НС) для розрахунку рівня відомчого матеріального резерву згідно методики, викладеній в КНД 45-204, показує:

- у тих випадках, коли є кількісна характеристика проявів НС природного характеру (п.п. 1...5 Табл. 1), спостерігається чіткий кореляційний зв'язок між можливим чинником НС і кількістю аварій від стихійних явищ на кабельних лініях;

Табл. 1

Найменування можливого чинника НС	Значення коефіцієнта кореляції, $r$
1 Кількість НС природного характеру	0,517
2 Кількість НС геологічного характеру	0,65
3 Кількість НС гідрометеорологічного характеру	0,622
4 Сумарна кількість карстів, сейсмічних проявів, осідань земної поверхні та обвалів	0,383
5 Кількість зсувів	0,602
6 Кількість НС техногенного характеру	0,046
7 Площа зсувів	0,846
8 Площа сейсмонебезпечних зон	0,244
9 Площа підтоплюваних зон (грунтовими водами)	- 0,563
10 Площа розповсюдження порід, що карстуються	- 0,038
11 Площа вражених карстом (відкрита стадія розвитку)	- 0,067
12 Площа вражених карстом (закрита стадія розвитку)	- 0,022
13 Площа розвитку лесових порід	- 0,561
14 Площа небезпечних ударів блискавки в зоні КЛ (без врахування щільності ударів блискавки)	- 0,089
15 Ймовірна кількість ударів в зоні КЛ на 100 км лінії	0,672
16 Ймовірна кількість ударів зі струмом блискавки більше 200 кА	0,44
17 Збитки народного господарства від НС природного характеру	0,851

– у випадках техногенних НС – кореляційний зв'язок між цими НС і кількістю аварій від стихійних явищ на кабельних лініях майже відсутній, що дає підставу стверджувати, що в класифікації аварій від стихійних явищ чинник НС техногенного характеру не врахований;

– позитивний кореляційний зв'язок між площею зон ризику і кількістю аварій спостерігається тільки у випадках сейсмонебезпечних зон і площі зсувів.

Збільшення таких явищ як зсув обумовлено природними чинниками в умовах нарощування техногенної дестабілізації геологічного середовища і підсилюється дією метеорологічних явищ. Площа небезпечних зон, де можуть розвиватися зсувні процеси, складає 2290,1 км<sup>2</sup>. До небезпечних екзогенних геологічних явищ відноситься також сейсмічність. Землетруси є одним з найбільш грізних явищ природи, що може привести до катастрофічних наслідків, в тому числі для об'єктів зв'язку (площа територій сейсмонебезпечних зон складає 123,4 тис. км<sup>2</sup>);

– для площ підтоплення, розвитку лесових порід, розвитку закритих та відкритих карстових процесів та кількістю аварій стихійних явищ спостерігається від'ємний кореляційний зв'язок, останнє на наш погляд, обумовлено тим, що зазначені процеси мають в більшості випадків поступовий не раптовий характер, їх дія в більшості випадків попереджається завдяки профілактичним роботам експлуатаційного персоналу, крім цього, пошкодження ліній за таких умов мають локальний характер. Витрати матеріальних ресурсів на усунення таких аварій можуть бути забезпечені за рахунок об'єктових резервів;

– незначний від'ємний кореляційний зв'язок ( $r = - 0,089$ ) має також місце між площею небезпечної зони продовж кабельної лінії шириною 16 м і кількістю аварій від стихійних явищ на кабельних лініях. Останнє обумовлено насамперед тим, що в цій смузі не врахована інтенсивність грозових явищ, що підтверджується розрахунком коефіцієнта кореляції між

ймовірною кількістю ударів блискавки в зоні кабельних ліній і кількістю аварій від стихійних явищ кабельних ліній;

– позитивний коефіцієнт кореляції між кількістю аварій від стихійних явищ кабельних ліній і збитками народного господарства підтверджує закономірність розповсюдження аварій в регіонах з найбільш інтенсивними проявами дій чинників НС природного характеру.

Селі складають вісім відсотків від загальної кількості гідрометеорологічних НС, причому вони характерні для Карпатського регіону і Криму.

При умові, що площа Карпатського регіону і Криму складає 132,3 тис. км<sup>2</sup>, визначимо площу території небезпечної зони ( $S_c$ ).

Високі води (повені, паводки), як і в попередньому випадку, складають 8 відсотків від НС гідрометеорологічного характеру.

Зважаючи, що паводки та водопілля характерні для всієї території України, визначимо площу території небезпечної зони ( $S_n$ ).

Гідродинамічна небезпека може бути обумовлена руйнуванням захисних споруд водосховищ. Загальна площа територій, яку захищають захисні споруди водосховищ в Україні, складає приблизно 3200 км<sup>2</sup>.

Площа територій осідання поверхні над гірничими виробками в основному розташована в районах Донбасу, Придніпров'я. Можна вважати, що приблизно 40% території Донецької та Луганської областей знаходяться в зоні, небезпечній щодо осідання поверхні внаслідок гірничих виробок, що складає 21,28 тис. км<sup>2</sup>.

Загальна площа зон ризику складається з територій, де можуть виникати НС внаслідок:

– зсувних процесів	2290,1 км <sup>2</sup> ;
– сейсмічних явищ	123400,0 км <sup>2</sup> ;
– селевих потоків	22500,0 км <sup>2</sup> ;
– повеней та паводків	47400,0 км <sup>2</sup> ;
– гідродинамічних процесів	3200,0 км <sup>2</sup> ;
– осідання поверхні внаслідок гірничих виробок	21280,0 км <sup>2</sup> .
Разом	$S_{зр} = 220470$ км <sup>2</sup> .

Обсяг резерву кабельно-провідникової продукції для кабельних ліній транспортної телекомунікаційної мережі (коаксіальний і симетричний кабель) у разі НС загалом за всіма діючими чинниками визначається за формулою:

$$H_{к\sigma} = 0,01 \cdot a_1 \cdot S_{зр} \cdot N_{сз}, \text{ км}, \quad (1)$$

де 0,01 – коефіцієнт з розмірністю  $\frac{1}{\%}$ ,

$a_1$  – нормативний кількісний показник запасу кабелів, для кабелів прокладених ґрунті чи в каналізації, складає 0,25 % від довжини прокладеного кабелю;

$S_{зр}$  – площа зон ризику;

$N_{сз}$  – середній рівень насиченості території мережею ліній зв'язку, визначається як відношення загальної протяжності ліній зв'язку до площі зони обслуговування, (в даному випадку загальної площі території України,  $N_{сз} = 0,114$ ).

Обсяг резерву для волоконно-оптичних кабельних ліній зв'язку транспортної мережі визначається за формулою:

$$H_{в?} = 0,01 \cdot a_2 \cdot L_{в} \cdot \frac{S_{зр}}{S_y}, \text{ км},$$

де  $a_2$  – нормативний кількісний показник запасу оптичного кабелю, який складає 0,6 % від довжини прокладеного кабелю;

$L_B$  – загальна довжина волоконно-оптичних кабельних ліній.

Обсяг резерву для кабельних ліній телекомунікаційної мережі визначається за формулою

$$P_{\text{км}\Sigma} = 0,01 a_1 S_{\text{зр}} \cdot N_{\text{сзм}}, \text{ км},$$

де значення  $a_1$  та  $S_{\text{зр}}$  такі ж, як у формулі (1);

$N_{\text{сзм}}$  – середній рівень насиченості території мережею ліній телекомунікаційної мережі доступу визначається як відношення загальної протяжності ліній зв'язку до площі зони обслуговування, згідно [2],  $N_{\text{сзм}} = 1,692$ .

Для визначення резерву для річкових кабельних переходів необхідно уточнити площу зон ризику, шляхом вилучення площі території можливого осідання поверхні внаслідок гірничих виробок.

Загальна площа зон ризику для даного випадку буде складати  $S_{\text{зрп}} = 199150 \text{ км}^2$ , тобто 33 % території України.

Якщо не враховувати зону з можливою дією сейсмічних явищ, загальна площа зон ризику в цьому разі буде складати  $S_{\text{зрп}}^1 = 75750 \text{ км}^2$ , або 12,5 % території України.

Зважаючи на те, що для річкових переходів резервується 100 % від довжини найдовшого створу, обсяг резерву буде дорівнювати 12,5 % від загальної довжини річкових переходів, розрахованих за максимальною довжиною одного створу. Тобто, додатково до аварійного запасу повинен резервуватися приблизно кожний восьмий річковий перехід.

**Висновки.** Основою забезпечення реалізації рішень щодо ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій і відновлення функціонування телекомунікаційних мереж є відповідне матеріально-технічне забезпечення та резерв. Завчасне визначення матеріально-технічних засобів дозволить не порушувати функціонування телекомунікацій у разі виникнення НС природного і техногенного характеру.

### Література

1. Про порядок створення і використання матеріальних резервів для запобігання, ліквідації надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру та їх наслідків // Постанова Кабінету Міністрів України від 29.03.2001 р. № 308 .
2. Рекомендації щодо номенклатури та обсягів створення матеріальних резервів для попередження і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій на лініях зв'язку // КНД 45-204-2002.
3. Колченко О.В. До питання створення матеріальних резервів для попередження та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій на лініях зв'язку / О. В. Колченко, О. Ю. Бурмінський, Є. В. Кільчицький // Вісник Українського будинку економічних і науково-технічних знань. – 2002. – № 2.
4. Вайнберг Д. Статистика / Д. Вайнберг, Д. Шумекер. – Москва : Статистика, 1979.
5. Стан техногенної та природної безпеки в Україні в 2001 році / [Б. М. Данилишин, В. В. Волошин, С. М. Волошин та інші]. – Київ: НВФ “Славутич-Дельфін”, 2002.