

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ТА ПІДВИЩЕННЯ СТРУКТУРНОЇ ЖИВУЧОСТІ РІВНЯ НАДАННЯ СЕРВІСІВ ТА ДОДАТКІВ

Однією із найважливіших властивостей телекомунікаційних мереж (ТКМ), а саме мереж нового покоління, яка забезпечує їх стабільне та надійне функціонування, є структурна живучість. Підвищення живучості є важливим завданням, однак на практиці це трудомісткий процес, особливо в умовах підвищення складності сучасних ТКМ. Тому є актуальним процес автоматизації розрахунку показників та підвищення структурної живучості ТКМ. Дана робота присвячена саме процесу автоматизації розрахунку та підвищення структурної живучості рівня сервісів та додатків (РСД) ТКМ. Для управління наданням сервісів на РСД використовується централізований принцип управління (ЦПУ). Запропоновано застосовувати показник структурної живучості РСД – середньозважене значення нижньої і верхньої границь структурної живучості – завдяки можливості визначення як множини шляхів, так і множини розрізів між пунктами – користувач і сервер послуг РСД з ЦПУ. Програмне забезпечення виконує наступні функції: забезпечує введення вхідних даних для розрахунку; будує граф мережі на основі введених даних; дозволяє проводити розрахунок показників структурної живучості для РСД з ЦПУ; визначає, чи досягнуто необхідний рівень структурної живучості в процесі резервування ділянок мережі; будує таблицю з результатами розрахунків резервування ділянок мережі. Алгоритмічна частина програмного забезпечення написана на скриптовій мові програмування JavaScript з використанням стандарту ECMAScript 6. Для створення інтерфейсу користувача використана відкрита бібліотека React з застосуванням розширення JSX. Перспективи подальших досліджень складаються в розвитку запропонованого методу та програмного забезпечення в напрямку автоматизації процесу формування вихідних даних – ймовірностей неуразження ділянок мережі – у відповідності з заданими розподілами цих даних.

**Ключові слова:** структурна живучість, рівень сервісів та додатків, показник структурної живучості, верхня і нижня границя структурної живучості, ймовірність неуразження ділянок мережі, оптимальна структура резерву, програмне забезпечення.

N. KNIAZIEVA, L. ZIMENKO, V. PUSTIVIY  
Odessa National Academy of Food Technologies

## AUTOMATION OF THE PROCESS OF INDICATORS CALCULATION AND IMPROVING THE STRUCTURAL SURVIVAL OF SERVICE AND ADDITION LAYERS

One of the most important property of telecommunication networks (TCN), namely next generation networks, which ensures their stable and reliable functioning is structural survivability. Increasing survivability is an important task. However, in practice it is a laborious process, especially in conditions of increasing the dimensionality of modern TCN. Therefore, the process of automating the calculation of indicators and increasing the structural survivability of the TCN is relevant. This article is devoted specifically to the process of automating the calculation and increasing the structural survivability of the TCN services and applications layer (SAL). To manage the provision of SAL services, is used the centralized management principle (CMP). It is proposed to use the SAL structural survivability index – the weighted average of the lower and upper boundaries of the structural survivability – due to the possibility of determining both the set of paths and the set of cuts between points – the user and server of the SAL services with a CMP. The software performs the functions of: provides input data for the calculation; builds a network graph based on the entered data; allows the calculation of indicators of structural survivability for SAL with CMP; determines, the necessary level of structural survivability is achieved in the process of reservation of network sections; builds a table with the results of calculations of the reservation of network sections. The algorithmic part of the software is written in the JavaScript scripting language using the ECMAScript 6 standard. To create the user interface, the open React library using the JSX extension was used. Prospects for further research are the development of the proposed method in the direction of automating the process of generating output data – the probabilities of non-damage to network sections – in accordance with the given distributions of these data.

**Keywords:** structural survivability, level of services and applications, structural survivability index, upper and lower bounds of structural survivability, probability of non-destruction of network sites, optimal reserve structure, software.

Однією із найважливіших властивостей телекомунікаційних мереж (ТКМ), а саме мереж нового покоління NGN (Next Generation Network), яка забезпечує їх стабільне та надійне функціонування, є структурна живучість (СЖ).

Питання оцінки та розрахунку СЖ представлені у працях науковців: А.Г. Додонова, Д.В. Ланде [1], Ю.І. Стекольнікова [2], Ю.Ю. Громова [3], Д.О. Кривошеї [4] тощо. У цих роботах відмічено, що підвищення СЖ є дуже важливим завданням, однак на практиці це трудомісткий процес, який займає багато часу та ресурсів, особливо в умовах підвищення складності сучасних ТКМ. Тому є актуальним процес автоматизації розрахунку показників та підвищення СЖ ТКМ. Дана робота присвячена саме процесу автоматизації розрахунку та підвищення СЖ рівня сервісів та додатків (РСД) ТКМ.

На сьогоднішній день для управління наданням сервісів на РСД використовується централізований принцип управління (ЦПУ) [5, 6], під час застосування якого програмні комутатори Softswitch з'єднані між собою та кожен з них з'єднаний з сервером послуг. Заявка на сервіс надходить на один з комутаторів Softswitch. У разі неможливості обробки заявки на сервіс одним з Softswitch, заявка надходить далі на обробку до іншого Softswitch, поки не буде оброблена і передана на сервер послуг. Таким чином, на одному рівні між програмними комутаторами Softswitch є рівноправні зв'язки, завдяки використанню яких може

бути утворена множина шляхів (маршрутів) обслуговування заявки на сервіс:  $M_{st} = \{\mu_{st}^k\}$ , де  $k = \overline{1, K}$ ,  $K$  – кількість шляхів між пунктами  $S$  (користувач) і  $t$  (сервер послуг). В роботі [6] надано метод забезпечення СЖ ТКМ, що базується на визначенні показника, який розраховується як середньозважене значення нижньої і верхньої границь СЖ. В даній роботі запропоновано застосовувати показник СЖ РСД –  $P_{РСД}$  – як середньозважене значення нижньої і верхньої границь СЖ – завдяки можливості визначення як множини шляхів, так і множини розрізів між пунктами: користувач і сервер послуг.

Верхня границя СЖ ( $P_{ВГСЖ}$ ) визначається на основі множини шляхів, використовуваних для обслуговування заявок на сервіс. При визначенні  $P_{ВГСЖ}$  приймається, що шляхи незалежні, утворюють паралельну структуру. Нижня границя СЖ ( $P_{НГСЖ}$ ) визначається на основі множини розрізів, які поділяють множину шляхів, використовуваних для обслуговування заявок на сервіси. В ході визначення  $P_{НГСЖ}$  вважається, що всі розрізи утворюють послідовну структуру. Показник  $P_{РСД}$  визначається відповідно до (1):

$$P_{РСД} = \frac{P_{ВГСЖ} w_{ВГСЖ} + P_{НГСЖ} w_{НГСЖ}}{w_{ВГСЖ} + w_{НГСЖ}}, \tag{1}$$

де  $w_{ВГСЖ}$  і  $w_{НГСЖ}$  – вагові коефіцієнти, що визначають важливість, значимість для визначення  $P_{РСД}$  показників  $P_{ВГСЖ}$  і  $P_{НГСЖ}$ , відповідно.

При нормуванні значень вагових коефіцієнтів, а саме:

$$w_{ВГСЖ} + w_{НГСЖ} = 1, \tag{2}$$

вираз (1) набуває вигляду (3):

$$P_{РСД} = P_{ВГСЖ} w_{ВГСЖ} + P_{НГСЖ} w_{НГСЖ} \tag{3}$$

Значення  $w_{ВГСЖ}$  і  $w_{НГСЖ}$  доцільно визначати на основі експертних оцінок.

Таким чином, показник СЖ  $P_{РСД}$  розраховується як середньозважене значення граничних показників  $P_{ВГСЖ}$  і  $P_{НГСЖ}$ . Звичайно, показник СЖ може бути розрахований по кожному з граничних значень.

Вибір показника  $P_{РСД}$  визначається відповідністю його основним вимогам [2, 6]:

- за смисловим змістом  $P_{РСД}$  визначається на основі потокового підходу, який використовується для вирішення завдань синтезу живучих систем, оцінки, забезпечення і підвищення живучості систем;
- досить високий рівень системності досліджень забезпечується урахуванням множини шляхів, організованих для обслуговування заявок на сервіси, що надходять в мережу, і множини розрізів, які поділяють ці шляхи;
- показник  $P_{РСД}$  має високий ступінь формалізації, що дозволяє виконати його розрахунок і провести дослідження його змін при зміні ситуації в РСД;
- розрахунок  $P_{РСД}$  здійснюється на основі врахування вимог на надання сервісів, що надійшли в РСД, і можливостей по їх обслуговуванню, що дозволяє забезпечити чутливість показника до будь-яких маніпуляцій на рівні характеристик РСД.

Крім того, даний показник повністю відповідає критеріям розробки живучих систем – придатності, порівняльної оцінки і оптимальності:  $P_{РСД}$  визначається на основі потокового підходу, що відповідає критерію придатності; визначення досягнення показником необхідного значення здійснюється на основі врахування існуючих обмежень, що визначається критерієм порівняльної оцінки; необхідне значення  $P_{РСД}$  досягається в процесі оптимізації (максимізації) його значення, що відповідає критерію оптимальності.

Процес визначення  $P_{РСД}$  складається з виконання послідовності кроків.

1. Визначення  $P_{ВГСЖ}$  Верхня границя СЖ визначається як ймовірність неуразнення хоча б одного шляху  $\mu_{st}^k$  множини шляхів  $M_{st}$  обслуговування заявки на сервіси (4):

$$P_{ВГСЖ} = 1 - \prod_{\mu_{st}^k \in M_{st}} (1 - \prod_{\beta_{xy} \in \mu_{st}^k} p_{xy}), \tag{4}$$

де  $\beta_{xy}$  – ділянка шляху  $\mu_{st}^k$ ;

$P_{xy}$  – ймовірність неураження ділянки  $\beta_{xy}$  при несприятливому впливі.

2. *Визначення  $P_{НГСЖ}$*  Нижня границя СЖ (5) визначається як ймовірність неураження множини розрізів  $\delta_{st}$ , які поділяють множину шляхів обслуговування заявки на сервіс:

$$P_{НГСЖ} = \prod_{\delta_{st}^l \in \delta_{st}} (1 - \prod_{\beta_{xy} \in \delta_{st}^l} (1 - p_{xy})), \quad (5)$$

де  $\beta_{xy}$  – ділянка розрізу  $\delta_{st}^l$  ( $l = \overline{1, L}$ ,  $L$  – кількість розрізів, що поділяють множину шляхів  $M_{st}$ ).

3. *Визначення, чи досяг показник структурної живучості необхідного значення.* Отримане на основі виразів (1) або (3) значення показника  $P_{РСД}$  СЖ РСД порівнюється з необхідним значенням:

$$P_{РСД} \geq P_{НБ}, \quad (6)$$

$P_{НБ}$  – необхідне значення показника СЖ РСД.

Якщо умова (6) виконується, це означає, що необхідне значення показника СЖ досягнуто, система надання сервісів задовольняє заданій вимозі щодо СЖ.

При невиконанні умови (6) виконується перехід до процедури забезпечення необхідного значення показника СЖ  $P_{НБ}$ .

4. *Забезпечення необхідного значення показника структурної живучості.* Завдання забезпечення СЖ РСД, тобто підвищення рівня СЖ до необхідного значення, формулюється як задача лінійного програмування, в результаті вирішення якої формується оптимальна структура резерву ділянок шляхів (розрізів), а саме: мінімізувати значення цільової функції (7) при виконанні обмеження (6):

$$C_{СИС} = \prod_{i=1}^n c_i m_i \rightarrow \min, \quad (7)$$

де  $C_{СИС}$  – вартість системи резервних елементів;

$i$  – номер ділянки в системі;

$n$  – кількість ділянок в системі;

$c_i$  – вартість  $i$ -ї резервної ділянки системи;

$m_i$  – кратність резервування  $i$ -ї ділянки системи.

Рішення представленої оптимізаційної задачі зводиться до пошуку вектора оптимальної структури резерву, що забезпечує мінімум функції (7) при обмеженні (6).

Створення оптимальної системи, яка резервується, представляється у вигляді багатокрокового процесу. Розглядається система, яка складається з  $n$  ділянок мережі, при тому, що на початковому етапі процесу допускається, що в жодній з ділянок немає резервних елементів.

На першому кроці процесу відшукується така ділянка, додавання до якої одного резервного елемента дає найбільший "питомий" приріст показника СЖ системи в цілому, тобто найбільший приріст на одиницю вартості. Оцінка ефективності резервування ділянки виконується з використанням градієнтного методу на основі показника (8), що розраховується для кожної  $i$ -ї ділянки при збільшенні кратності її резервування на одиницю [7]:

$$\gamma(m_i + 1) = \frac{p_i(m_i + 1) - p_i m_i}{c_i \cdot p_i(m_i)}. \quad (8)$$

$p_i(m_i + 1)$ ,  $p_i m_i$  – значення показника ймовірності неураження  $i$ -ї ділянки при кратності резервування  $(m_i + 1)$  і  $m_i$ . Необхідність резервування кожної ділянки визначається на основі врахування впливу цього процесу на зміну значень  $P_{ВГСЖ}$  і  $P_{НГСЖ}$ , що здійснюється за допомогою показників  $\gamma_{ВГСЖ}(m_i + 1)$  і  $\gamma_{НГСЖ}(m_i + 1)$ , які розраховуються відповідно до виразу (8) для множин шляхів (показник  $\gamma_{ВГСЖ}(m_i + 1)$ ) і для множин розрізів (показник  $\gamma_{НГСЖ}(m_i + 1)$ ). В результаті чого для кожної  $i$ -ї ділянки формується середньозважена величина (9), максимальне значення якої серед усіх отриманих середньозважених величин і визначає номер ділянки для збільшення на одиницю кратності її резерву на даному етапі.

$$\gamma_{срзв} = \frac{w_{ВГСЖ} \gamma_{ВГСЖ} + w_{НГСЖ} \gamma_{НГСЖ}}{2}, \quad (9)$$

де  $\gamma_{ВГСЖ}$  і  $\gamma_{НГСЖ}$  – значення градієнтів для розрахунків нижньої і верхньої границь показників СЖ,

відповідно.

На наступному кроці відшукується наступна ділянка (включаючи і ту, до якої тільки що був приєднаний резервний елемент), додавання до якої одного резервного елемента дає знову найбільше відносне збільшення показника СЖ системи в цілому. Аналогічним способом процес побудови системи оптимального резервування триває доти, поки не буде досягнуто виконання умови (6).

Слід відзначити, що трудомісткість розрахунків зростає при збільшенні кількості структурних зв'язків та зменшенні ймовірності неуразнення ділянок мережі між ресурсами системи, що призводить до збільшення розрахункових ітерацій для визначення показника СЖ РСД.

### Опис програмного забезпечення

Запропоноване в даній роботі програмне забезпечення (ПЗ) для автоматизації методу розрахунку та підвищення СЖ РСД з централізованим принципом управління наданням сервісів виконує розрахунок показників за допомогою циклічного алгоритму. Алгоритм виконує рекурсивне повторення послідовності операцій над вхідними і проміжними даними доти, поки не буде отримано результат, котрий відповідатиме поставленій умові (6). Глибина рекурсії залежить від складності розрахунків.

Блок-схема алгоритму роботи ПЗ наведена на рис. 1.

Алгоритмічна частина ПЗ написана на скриптовій мові програмування JavaScript з використанням стандарту ECMAScript 6. Для створення інтерфейсу користувача використана відкрита бібліотека React з застосуванням розширення JSX.

Вхідними даними розробленого ПЗ є:

- кількість абонентів мережі;
- кількість програмних комутаторів в мережі;
- кількість обслуговуючих серверів;
- вартість резервного обладнання (в умовних одиницях);
- ймовірність неуразнення ділянок мережі при несприятливому впливі.

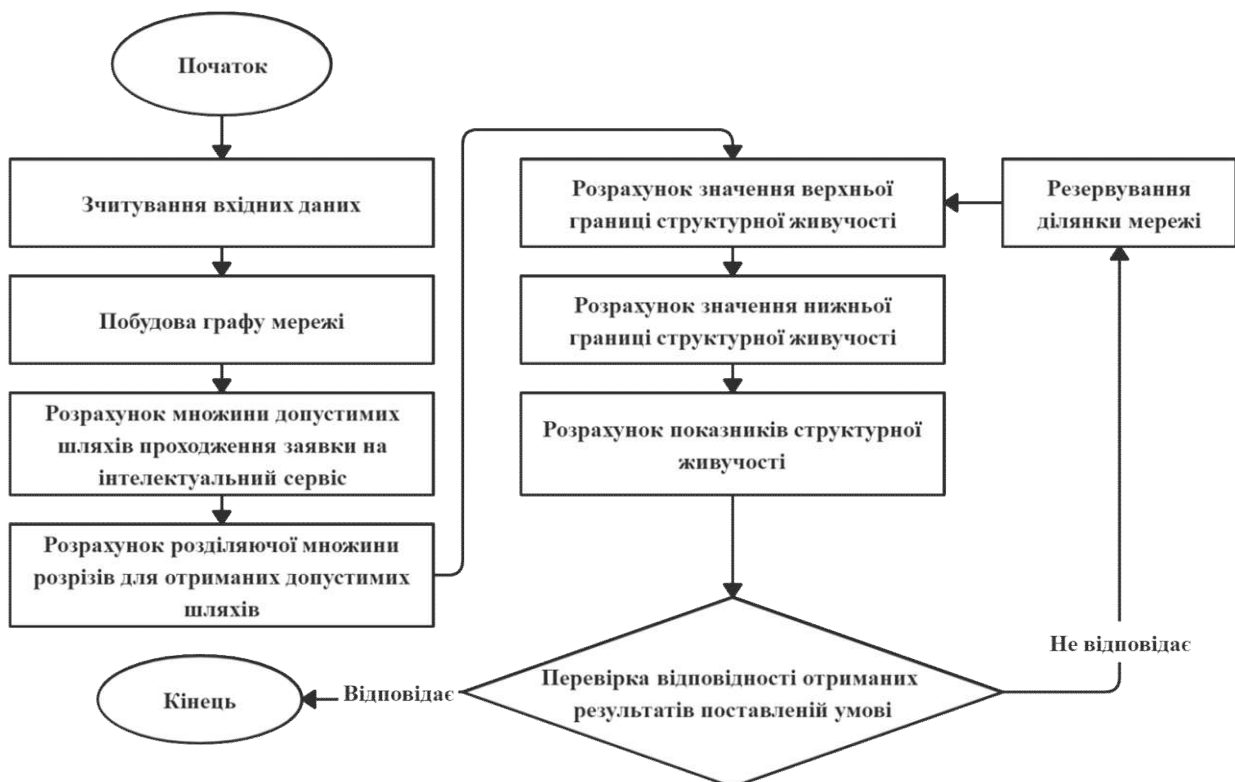


Рис. 1. Загальний алгоритм сценарію автоматизації розрахунку показників структурної живучості РСД

Програмне забезпечення виконує такі основні функції:

- забезпечує введення вхідних даних для розрахунку;
- будує граф мережі на основі введених даних;
- дозволяє проводити розрахунок показників для РСД з ЦПУ;
- визначає верхню і нижню границю СЖ;
- визначає, чи досягнуто необхідний рівень СЖ в процесі резервування ділянок мережі;
- будує таблицю з результатами резервування ділянок мережі.

На рисунках 2–5 зображено інтерфейс ПЗ. На рис. 2 зображено вікно вводу наступної інформації: кількість абонентів в мережі, кількість програмних комутаторів Softswitch в мережі, кількість робочих серверів в мережі. На основі даних, які вводяться, система автоматично будує граф мережі.

Кількість абонентів  Кількість програмних комутаторів  Кількість серверів

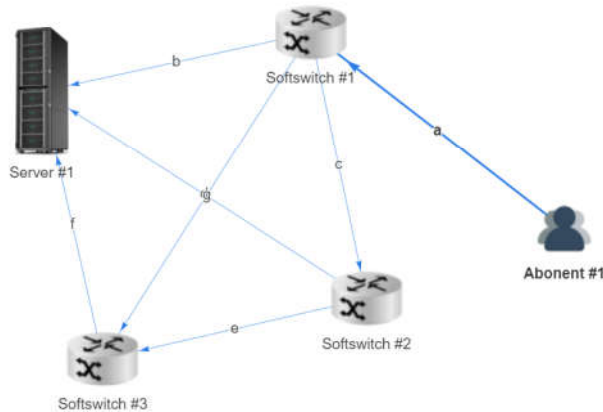


Рис. 2. Форма для введення вхідних даних в ПЗ та побудований граф мережі на основі введених даних

На основі введених вхідних даних ПЗ визначає всі можливі шляхи проходження заявки на сервіс від абонента до обслуговуючого сервера та представляє їх у ДНФ – диз'юнктивній нормальній формі (рис. 3).

$$m_0 = ab + acd + acef + agf + aged$$

$$\delta_0 = a + bcdg + bceg + bcdg + bcfg + bcef + bcdf + bdeg + bdef + bdfg + bdf$$

Рис. 3. Побудована ДНФ на основі введених значень

У вікно вводу (рис. 4) вводяться значення вартостей ділянок (визначається в умовних одиницях) та значення ймовірностей неуразження ділянок мережі:

Ділянка	a	b	c	d	e	f	g
Вартість (у.о.)	1	1	1	1	1	1	1
Ймовірність неуразження	0.92	0.98	0.94	0.9	0.97	0.92	0.98

Рис. 4. Вікно вводу вартості ділянок та значення ймовірностей неуразження ділянок мережі

За допомогою отриманих результатів ПЗ буде розділяючу множину розрізів для допустимих шляхів.

Беручи до уваги введене значення необхідного рівня СЖ РСД (рис. 5), ПЗ виконує процедуру резервування ділянок мережі, доки не буде виконана необхідна умова (6).

$P_{необх}$    $W_{вгсж}$    $W_{нгсж}$

$P_{вгсж} = 0.9998192$

$P_{нгсж} = 0.9198061$

$P_{іно} = 0.9518113$

$P_{ін1} = 0.9960300$

Рис. 5. Початкові значення верхньої та нижньої границь структурної живучості

За результатами розрахунку ПЗ дозволяє отримати вектор оптимальної структури резерву. Для прикладу, який наведено, вектор оптимальної структури резерву має вигляд:  $M(m_a, m_b, m_c, m_d, m_i, m_j) = (2, 0, 0, 0, 0, 0)$ ,

Результати розрахунків резервування ділянок виносяться в окрему таблицю (рис. 6).

№ кроку	$P_{вгсж}^{15}$	$C_{вгсж}$	$У_{вгсж}(m_i + 1)$	$P_{нгсж}^{15}$	$C_{нгсж}$	$У_{нгсж}(m_i + 1)$	$У_{срав}$
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0.9998192	0	0	0.9198061	0	0	0
1							
a	0.9999891	5	0.0000340	0.9933906	1	0.0740741	0.0222290
b	0.9998524	1	0.0000332	0.9199961	10	0.0000207	0.0000129
c	0.9998863	2	0.0000336	0.9198420	6	0.0000065	0.0000087
d	0.9999261	2	0.0000535	0.9199562	6	0.0000272	0.0000189
e	0.9998556	2	0.0000182	0.9198147	4	0.0000023	0.0000043
f	0.9999194	2	0.0000501	0.9199605	6	0.0000280	0.0000184
g	0.9998489	2	0.0000149	0.9198363	6	0.0000055	0.0000046

Рис. 6. Результати розрахунків резервування ділянок

Розрахунок верхньої та нижньої границь СЖ виконується ПЗ за допомогою алгоритму ітераційної підстановки значень вихідних даних, які вводяться користувачем через інтерфейс.

Фрагмент ПЗ – програмний код для розрахунку верхньої границі СЖ:

```

let upperRouteArr = displayRoutes[0].split(' + ')
let resArr = [];
for(let keyRoute in upperRouteArr) {
    let branch = upperRouteArr[keyRoute].trim();
    let branchArr = branch.split('')
    let parArr = []
    for(let keyBranchRoute in branchArr) {
        let value = p[branchArr[keyBranchRoute]]
        parArr.push(value)
    }
    resArr.push("(1 - " + parArr.join(" * ") + ")")
}
let result = "1 - " + resArr.join(" * ");
let currentPup = 0
eval('currentPup = ' + result + ');
    
```

В результаті розрахунків можна побудувати графік (рис. 7) змін кількості розрахункових ітерацій в залежності від кількості ділянок та структурних зв'язків між ресурсами системи, застосовуючи який можна виконати оцінку трудомісткості процесу розрахунку в залежності від вихідних даних.

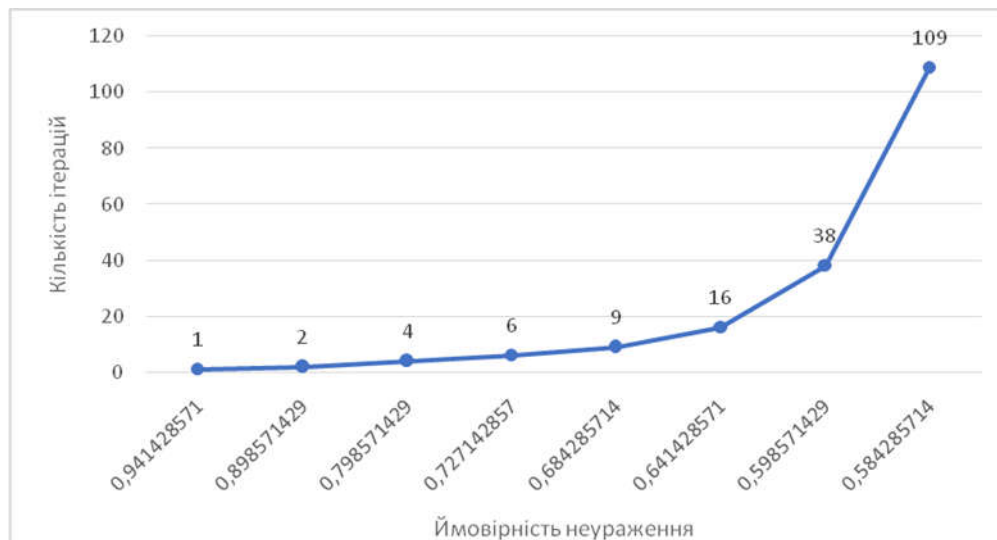


Рис. 7. Графік зміни кількості розрахункових ітерацій залежно від середніх показників ймовірності неуразення ділянок мережі

**Висновки**

Підвищення структурної живучості рівня сервісів та додатків є актуальним завданням, також не

менш актуальним завданням є автоматизація цього процесу, тому що розрахунок показника СЖ та підвищення СЖ – складний, трудомісткий та довгий процес. В даній роботі для оцінки СЖ РСД з централізованим принципом управління запропоновано використовувати показник – середньозважене значення верхньої та нижньої границь СЖ. Завдання підвищення СЖ РСД формулюється як задача лінійного програмування, в результаті розв'язку якої формується оптимальна структура резерву ділянок шляхів (розрізів). ПЗ, яке розроблено, дозволяє в автоматичному режимі отримати значення верхньої та нижньої границь СЖ РСД, на основі яких визначити показник – середньозважене значення верхньої та нижньої границь СЖ. ПЗ дозволяє розв'язати задачу оптимізації структури резерву обладнання РСД для забезпечення необхідного рівня СЖ РСД.

Перспективи подальших досліджень складаються в розвитку запропонованого методу та програмного забезпечення в напрямку автоматизації процесу формування вихідних даних – ймовірностей неуразення ділянок мережі – у відповідності з заданими розподілами цих даних.

### Література

1. Додонов А.Г. Живучесть информационных систем / А.Г. Додонов, Д.В. Ландэ. – К. : Наук. думка, 2011. – 256 с.
2. Стекольников Ю.И. Живучесть систем / Ю.И. Стекольников. – СПб : Политехника, 2002. – 155 с.
3. Громов Ю.Ю. Синтез и анализ живучести сетевых систем / Ю.Ю. Громов, В.О. Драчев, К.А. Набатов, О.Г. Иванова. – М. : Изд-во Машиностроение-1, 2007.
4. Кривошея Д.О. Исследование функциональной живучести модели системы видеоконференцсвязи, развернутой на беспроводной ячеистой сети / Д.О. Кривошея // Наукоеведение : интернет-журнал. – 2013. – № 4.
5. Kniazieva N. The Method of Determining the Functional Survivability of the Control of the Intelligent Services / N. Kniazieva, L. Zimenko, T. Kunup // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences. IV(10), Issue 91, 2016.
6. Князева Н.А. Метод обеспечения структурной живучести телекоммуникационной сети / Н.А. Князева // International Journal "Information Technologies & Knowledge". – 2014. – №. 8. – С. 152–166.
7. Князева Н.О. Теорія проектування комп'ютерних систем і мереж. Ч. 2. Методи аналізу і синтезу комп'ютерних мереж / Н.О. Князева. – Одеса : СПД Бровкін О.В., 2012.

### References

1. Dodonov A.G. Zhivuchest informacionnyh sistem / A.G. Dodonov, D.V. Lande. – K. : Nauk. dumka, 2011. – 256 s.
2. Stekolnikov Yu.I. Zhivuchest sistem / Yu.I. Stekolnikov. – SPb : Politehnika, 2002. – 155 s.
3. Gromov Yu.Yu. Sintez i analiz zhivuchesti setevykh sistem / Yu.Yu. Gromov, V.O. Drachev, K.A. Nabatov, O.G. Ivanova. – M. : Izd-vo Mashinostroenie-1, 2007.
4. Krivosheya D.O. Issledovanie funkcionalnoj zhivuchesti modeli sistemy videokonferencsvyazi, razvernutoj na besprovodnoj yacheistoj seti / D.O. Krivosheya // Naukovedenie : internet-zhurnal. – 2013. – № 4.
5. Kniazieva N. The Method of Determining the Functional Survivability of the Control of the Intelligent Services / N. Kniazieva, L. Zimenko, T. Kunup // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences. IV(10), Issue 91, 2016.
6. Knyazeva N.A. Metod obespecheniya strukturnoj zhivuchesti telekommunikacionnoj seti / N.A. Knyazeva // International Journal "Information Technologies & Knowledge". – 2014. – №. 8. – S. 152–166.
7. Kniazieva N.O. Teoriia proektuvannia kompiuternykh system i merezh. Ch2. Metody analizu i syntezy kompiuternykh merezh / N.O. Kniazieva // Odesa. – SPD Brovkin O.V., 2012.

Рецензія/Peer review : 12.4.2020 р.

Надрукована/Printed : 16.6.2020 р.  
Стаття рецензована редакційною колегією