

Хажанець Юрій Анатолійович

<https://orcid.org/0000-0002-8926-2474>

Медведєв Володимир Костянтинівич (кандидат військових наук, професор)

<https://orcid.org/0000-0003-1113-5042>

Ясинецький Василь Павлович (кандидат військових наук, доцент)

<https://orcid.org/0000-0002-0643-3021>

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

В статті запропонована удосконалена методика розрахунку пропускної спроможності каналів зв'язку військового призначення яка на відміну від існуючих враховує особливості функціонування сучасної системи зв'язку. В цифровій системі зв'язку під час передачі інформації об'єму службової інформації та стійкості каналу зв'язку. Дослідження існуючих методик розрахунку пропускної спроможності дають змогу зробити висновок, що методики які були присвячені розрахунку пропускної спроможності аналогових систем зв'язку не можуть бути використані, адже не враховують особливості функціонування цифрових засобів зв'язку. Крім того наявні методики, що присвячені розрахунку пропускної спроможності для цифрових систем зв'язку не дають змогу належним чином розрахувати необхідну пропускну спроможність каналів зв'язку військового призначення. Таким чином в даній роботі запропоновано удосконалену методику розрахунку пропускної спроможності військової інформаційно-телекомунікаційної системи.

Ключові слова: *інформаційно-телекомунікаційна система, стійкість, пропускну спроможність.*

Вступ

Досвід збройних конфліктів сучасності, а також виконання бойових завдань в зоні проведення антитерористичної операції та операції об'єднаних сил Збройними Силами України, дає змогу зробити висновок, що результат збройної боротьби сьогодні значною мірою залежить від стійкого, безперервного, оперативного та скритного управління військами та зброєю. Таке управління може бути досягнуте лише за умови наявності інформаційно-телекомунікаційної системи, що буде спроможна забезпечити своєчасний, достовірний та безпечний обмін оперативно-тактичної інформації (ОТІ).

Результати проведених досліджень свідчать про те, щоб забезпечити своєчасність, достовірність та повноту обміну заданої ОТІ в військовій інформаційно-телекомунікаційній системі (ВІТС) різних ланок управління може бути забезпечено перш за все за умови достатньої пропускної спроможності. Достатня пропускну спроможність будь-якої ІТС повинна бути розрахована завчасно, ще на етапі її планування та побудови, а це вимагає наявності відповідного математичного апарату.

Актуальність теми

Основною характеристикою військової інформаційно-телекомунікаційної системи (ВІТС) є якість надання послуг [1] які безпосередньо залежать від пропускної спроможності та стійкості каналів зв'язку. З причини недостатньої пропускної спроможності

ВІТС виникають збої маршрутизації та затримки передачі даних, що в свою чергу призводить до надання послуг низької якості, або послуги взагалі перестають надаватися, про що свідчать і звіти командно-штабних навчань, наприклад, "Козацька воля – 2019". Існуючі методики розрахунку пропускної спроможності які використовувались для аналогових систем зв'язку не враховують особливостей роботи цифрової системи зв'язку, штабні методики, наприклад, [2] та методики [3,4,5] не враховують вхідний трафік. Крім того [3] не враховує ймовірність втрати пакетів, а [4,5] об'єм службової інформації. За допомогою методики [6] можливо розрахувати тільки пропускну спроможність для обслуговування голосових повідомлень.

Таким чином виникає необхідність розроблення удосконаленої методики розрахунку пропускної спроможності військової інформаційно-телекомунікаційної системи.

Метою статті є удосконалення методики розрахунку пропускної спроможності ВІТС.

Виклад основного матеріалу дослідження

Враховуючи те, що від ефективності функціонування ВІТС залежить управління військами та зброєю, а від якості зв'язку залежить успіх виконання бойових завдань, оцінку пропускної спроможності слід здійснювати за критерієм якості надання послуг в якості якого використовується співвідношення пропускної спроможності телекомунікаційної

мережі (ТМ) до навантаження, що створюється відповідними видами послуг які надаються інформаційно-телекомунікаційним вузлом (ІТВ) для забезпечення управління. Аналітично це може бути представлено співвідношенням:

$$Z = \frac{\mu_{TM} \cdot K_{ст}}{\lambda_{ITB} \cdot P_n}$$

- де Z – коефіцієнт, що характеризує якість надання послуг;
 μ_{TM} – пропускна спроможність телекомунікаційної мережі;
 $K_{ст}$ – коефіцієнт стійкості ТМ до впливу на неї зовнішніх факторів;
 λ_{ITB} – навантаження на ТМ створене ІТВ;
 P_n – ймовірність надання всіх видів послуг одночасно.

Таким чином значення $Z \approx 1$ свідчить про те, що ТМ справляється з навантаженням створеним ІТВ, послуги надаються якісно.

За умови $Z > 1$ дає змогу стверджувати, що ТМ має певний резерв, послуги надаються якісно.

А от якщо $Z \gg 1$ то це вже свідчить про надлишковість сил і засобів ТМ і доцільно здійснити корегування залучених сил і засоби ТМ, хоча варто зауважити послуги будуть надаватися якісно.

При $Z < 1$ можливо зробити висновок, що ТМ не справляється з навантаження, що обов'язково призведе до надання послуг низької якості або унеможливить надання деяких з них, необхідно переглянути сили і засоби ТМ.

Пропускна спроможність ТМ характеризується швидкістю передачі даних та залежить від технічних характеристик засобів зв'язку, ліній прив'язки ІТВ та наданої швидкості передачі даних провайдером, а також стійкістю їх до впливу противника в певних умовах обстановки. Врахування коефіцієнту стійкості ВІТС є вкрай необхідним, адже він буде впливати на ймовірність втрати пакетів під час їх

передачі, а так як втрата пакету обумовлює його повторну передачу, то це буде створювати додаткове навантаження на ВІТС, що в свою чергу буде призводити до зменшення пропускної спроможності ВІТС.

Навантаження на ТМ будуть залежати від ряду інформаційно-телекомунікаційних послуг (сервісів) які будуть надаватися ІТВ для забезпечення управління. Кількісним показником навантаження є необхідна швидкість передачі даних для забезпечення якісного надання інформаційно-телекомунікаційної послуги.

Крім того під час розрахунку навантаження на ТМ варто врахувати не лише вихідний, а ще і вхідний трафік та особливості роботи цифрових каналів зв'язку та мереж, а саме, їх чутливість до перевантажень, для забезпечення стійкості роботи мережі та передавання службової (мережевої) інформації доцільно враховувати поправочний коефіцієнт, наприклад, для технології Ethernet це 1,4 [2]. Проведені дослідження вказують на те, що цей показник може коливатися від 1,1 до 1,8 в залежності від довжини пакетів, що передаються. Аналітично розрахунок навантаженості ТМ буде мати вигляд:

$$\lambda_{ITB} = (\lambda_{вих} + \lambda_{вх}) \cdot k \quad (1)$$

- де $\lambda_{вих}$ – вихідний трафік (навантаження яке може бути здійснено ІТВ);
 $\lambda_{вх}$ – вхідний трафік (навантаження, що здійснюється вхідними потоками від ІТВ з якими здійснюється обмін інформацією);
 k – поправочний коефіцієнт, що враховує об'єм службової інформації.

Для розрахунку вихідного та вхідного трафіку необхідно мати таблицю з вимогами до швидкості передачі даних для інформаційно-телекомунікаційних послуг. Дані вимоги наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Вимоги до швидкості передачі даних для інформаційно-телекомунікаційних послуг

№ з/п	Вид послуги	Максимальна пропускна спроможність, Кбіт/с	Пачечність	Середня пропускна спроможність, Кбіт/с
1	Телефонія *	2,4 ÷ 64	1	2,4 ÷ 64
2	Відеоконференцзв'язок	1024	2	512
3	Електронна пошта в АСУ ЗС України "Дніпро"	512	5	102,4
4	Електронна пошта в мережі ЗСУ 001, ЗСУ 002	512	5	102,4
5	WEB – доступ в АСУ ЗС України "Дніпро"	512	5	102,4
6	Захищена СЕДО	2048	5	409,6

№ з/п	Вид послуги	Максимальна пропускна спроможність, Кбіт/с	Пачечність	Середня пропускна спроможність, Кбіт/с
7	Віраж-Планшет	512	5	102,4
8	Ореанда ПС	1024	5	204,8
9	Персонал	1024	5	204,8
10	Дельта	1024	5	204,8
11	Логістична інформаційна система (ЛІС)	1024	5	204,8
12	Медична інформаційна система (МІС)	1024	5	204,8

* Для визначення необхідної пропускної спроможності телефонії необхідно звернутись до таблиці характеристик вокодерів для цифрових каналів таблиця 2.

Таблиця 2

Характеристика вокодерів для цифрових каналів

Стандарт	Вокодер	Використання	Швидкість кодування, Кбіт/с	Довжина кадру, мс	Затримка, мс	MOS* середня
G.711	PCM	Телефонія	64	0,125	0,125/0,75/5	4,15
G.722	SB-ADPCM	Телефонія	64	40	5	
			56	35	5	
			48	30	5	
G.726	ADPCM	Телефонія	40	25	5	
			32	0,125/20	1/5	3,91
			24	15	5	
			16	10	5	
G.728	LD-CELP	Телефонія	16	0,625/10	2,5/3...5	3,69
G.729	CS-ACELP	Телефонія	8	10	10	3,96
G.729a	CS-ACELP	Телефонія	8	10	10	3,71
G.723.1	MP-MLQ	Телефонія	6,3	30/24	30/37,5	3,93
G.723	ACELP	Телефонія	5,3	30/20	30/37,5	3,66
ETS1GSM	RTP-PLE	GSM	13	20		3,3
ETSI TETRA	ACELP	Транкінг	4,8			3,4
США	MELP	Телефонія	2,4		45	3,5
TETRA	ACELP	Транкінг	4,57	30		3,4

* MOS (Mean Opinion Score) – усереднена оцінка розбірливості мови. MOS дає кількісне уявлення про якість переданої медіаінформації після стиснення за допомогою кодеків і передачі по каналах зв'язку. MOS виражається числовим значенням від 1 до 5.

Для розрахунку вихідного (вхідного) трафіку скористаємось наступною формулою:

$$\lambda_{вих(вх)} = \sum_{i=1}^m \lambda_{si}$$

де m – кількість сервісів, що надається;

λ_{si} – навантаження i -го виду сервісу;

Для розрахунку створеного навантаження від певного виду сервісу необхідно скористатись формулою:

$$\lambda_s = V \cdot n$$

V – об'єм інформації для конкретного виду послуги;

n – кількість абонентів (терміналів).

Висновок

Таким чином в даній статті запропоновано удосконалену методику розрахунку та оцінки пропускної спроможності військової інформаційно-телекомунікаційної системи (мережі) з урахуванням вхідного та вихідного трафіку та стійкості каналу зв'язку, яка дає змогу більш досконало розрахувати необхідну пропускну спроможність каналу зв'язку в порівнянні з наявними методиками. Подальші дослідження будуть зосереджені на розрахунку коефіцієнта стійкості різних видів каналів зв'язку (оптоволоконних, радіорелейних та ін.).

Список використаних джерел

1. Воробієнко П.П., Нікітюк Л.А., Резніченко П.І. "Телекомунікаційні та інформаційні мережі" Київ САММІТ-Книга 2010. – 708 с.
2. Наказ Генерального штабу Збройних Сил України "Про затвердження та введення в дію

методик розрахунку потреб та основних показників для забезпечення стійкого функціонування інформаційно-телекомунікаційних систем і мереж Міністерства оборони України та Збройних Сил України” №80 від 26.08.2020 року м. Київ

3. Остапчук В.М., Фараон С.І., Бондаренко Л.О. “Методика оцінки пропускної спроможності як характеристики системи військового зв'язку”. – К.: Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони №1(31)/2018. – С. 81-84.

4. Романов А.І. “Основы теории телекоммуникационных сетей”. Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут” Київ – 2002. – 205 стор.

5. Кучук Г.А., Стасєва Я.Ю., Болубаш О.О. “Розрахунок навантаження мультисервісної

мережі”. – Х.: Системи озброєння і військова техніка, 2006, випуск 4(8) – С. 130-134.

6. Маньківський В.Б. “Методи розрахунку пропускної здатності та продуктивності гілок мережі mp1s при обслуговуванні голосових повідомлень” Спеціальність: 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Київ – 2017. 179 – стор.

7. Шевченко Д.Г., Зінченко А.О., Розум І.Ю. “Комплекси, системи та засоби військових телекомунікаційних мереж”. Навч. Посіб./К.:НУОУ ім. Івана Черняхівського, 2019. – 319