



УДК 656.7.084.17(08)

МЕТОДИ ТЕОРІЇ ГРАФІВ У СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОМУ АНАЛІЗІ ОРГАНІЗАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДИСПЕТЧЕРСЬКОЇ ЗМІНИ, ЯК НЕВЕЛИКОЇ ГРУПИ АВІАЦІЙНИХ ОПЕРАТОРІВ

Рева О.М.

Кіровоградський національний технічний університет,

Невиніцин А.М.

Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету,

Бірюков Ю.Ю.

Львівський регіональний структурний підрозділ ДП «Украерорух»,

Савонина Н.А.

Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету

Офіційна структура диспетчерської зміни подана у вигляді графа, вершини якого уявляються як окремі авіадиспетчери на визначених диспетчерських пунктах, а ребра – функціональні зв'язки між ними. Маючи мінімальну апріорну інформацію у вигляді наявності зв'язків між елементами, що утворюють структуру диспетчерської зміни, за визначеними показниками встановлено, що вона є зв'язаною і має максимальну надійність. Діаметр структури дорівнює двум крокам-ребрам між максимально віддаленими елементами. Обчислені також показники керованості групою, рівномірності розподілу зв'язків, структурної компактності, ступеня централізації та показники периферійності вузлів та графа в цілому.

Ключові слова: структурно-функціональна надійність, диспетчерська зміна, невелика група авіаційних операторів, методи теорії графів, показники ефективності структури.

Вступ. Вже протягом кількох десятиліть людський чинник (ЛЧ) є сталою першопрчиною абсолютної більшості авіаційних пригод (АП). І хоча на теперішній час рівень безпеки польотів (БП) незрівняно вище, ніж він був, скажімо, 60-70 років тому, роль ЛЧ, на жаль, не змінилися, незважаючи на його повсюдне визнання. Причому останнім часом авіаційними установами, адміністраціями, дослідниками все більше уваги приділяється питанням проактивного попередження негативного впливу ЛЧ на БП, що позитивно впливає на управління чинниками ризику [1, 2]. Таким чином, йдеться про ідеологію профілактики АП, що заснована на попереджувальному виявленні і усуненні небезпечних чинників (чинників ризику) в компонентах авіаційних систем, а також попередженні інцидентів, аварій і катастроф на основі оцінки їх ризиків.

Актуальність досліджень. Слід зазначити, що ІКАО, узагальнюючи практичний досвід провідних авіакомпаній і результати наукових досліджень, видала майже 30 різноманітних керівництв та збірників з проблем впливу ЛЧ на БП. Однак, при цьому недостатньо уваги приділяється діяльності авіаційних операторів (АО), тобто авіадиспетчерів (А/Д) в аеронавігаційних системах. Ще менше досліджень присвячено проактивному вдосконаленню діяльності невеликих груп АО (диспетчерських змін (ДЗ), льотних екіпажів), хоча відповідні проблеми явно є областю досліджень такої нової наукової дисципліни, як організаційна ергономіка [3, 4]. І якщо підходить до аналізу ДЗ і аеронавігаційної системи в цілому з позицій системного аналізу і організаційної ергономіки, то йдеться про гуманістичну (у розумінні Л. Заде [5]) активну [6], організаційну [7] систему, функціонування якої нормативно регламентується ІКАО [8] і яка обов'язково має розвинуту структуру [9].

Однак, відповідні структури формувалися, виходячи з багатого практичного досвіду їх розробників, тому не мають наукового обґрунтування і не є досконалими. При цьому дослідження ефективності структурно-функціональної організації зазначених систем проводилися С. Д. Кульназаровим (Казахстан), В. І. Вдовиченком, І. М. Устименком (Росія), Г. Л. Барановим, А. В. Макаровим, О. М. Ревую (Україна) та ін. [10-12 та ін.].

Постановка задачі. Виходячи з наведеного, метою цього дослідження є



формування структури ДЗ, розгляд та опис процесів взаємодій її членів між собою під в процесі безпосереднього обслуговування повітряного руху (ОПР).

Характеристика ДЗ, як невеликої групи АО. Під структурою системи розуміється сукупність елементів і зв'язків між ними, визначуваних, виходячи з розподілу функцій і цілей, що поставлені перед системою. І якщо структура спроектована довільно, система може давати збої, особливо при роботі в умовах перевантаження. На рис. 1 подані приклади типової структурно-функціональної організації діяльності установ чи спільної роботи окремих працівників [13-15]. І як можна побачити з рис. 2, структурно-функціональна схема організації діяльності ДЗ як невеликої групи АО є ієрархічною та «неповною мережею».

За визначенням, невелика група – це об'єднання людей, які мають спільно важливу соціальну ознаку, основу на їх участі у деякій діяльності, зв'язаної системою відносин, які регулюються формальними або неформальними соціальними інститутами.

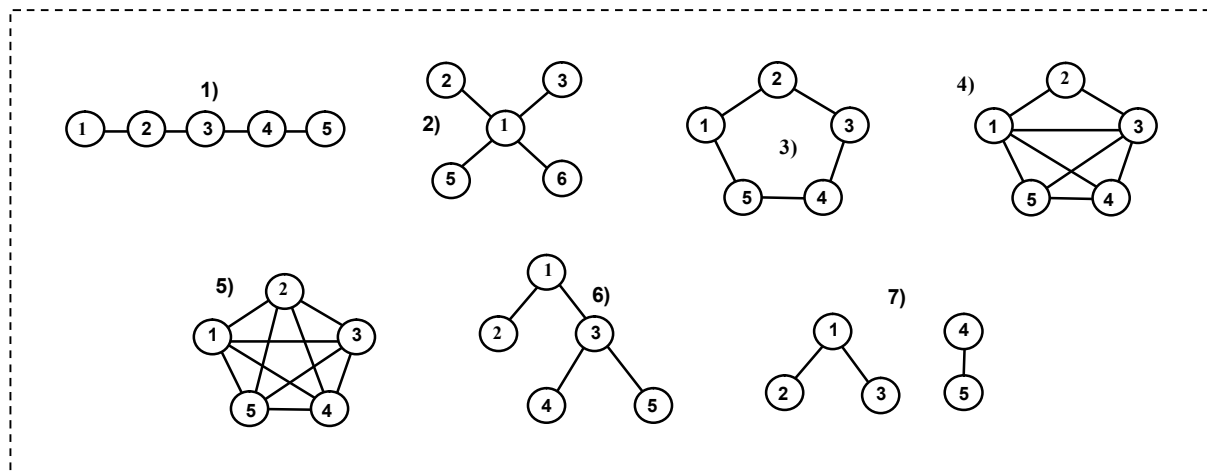


Рисунок 1 – Приклади типової структурно-функціональної організації: 1) – «ланцюжок»; 2) – «зірка»; 3) – «коло»; 4) – «мережа неповна»; 5) – «мережа повна»; 6) – «дерево»; 7) – «незв'язана»

Основними ознаками невеликої групи є [15-18]:

- наявність внутрішньої організації;
- спільна (групова) ціль діяльності;
- групові форми соціального контролю;
- зразки (моделі) групової діяльності;
- інтенсивні групові взаємодії;
- відчуття групової приналежності або членства;
- рольова узгоджена один з одним участь членів групи у спільній діяльності або співучасть;
- рольові очікування членів групи відносно один одного.

Розглянемо ці ознаки у ракурсі ДЗ, діяльність якої регламентується документами ІКАО, яка видає відповідні норми та рекомендації. У будь-якій діяльності наявність внутрішньої організації є її невід'ємною частиною. Оскільки всі А/Д об'єднані єдиною метою – забезпечення безпечного та ефективного використання повітряного простору, це теж доводить, що ДЗ має ще одну ознаку невеликої групи. У ДЗ зміні, як і у будь-якій іншій організації, є керівництво та підлеглі. Роль керівництва у ДЗ виконує КП. Старший диспетчер є заступником КП. Також є диспетчери-інструктори, які мають допуск до навчання А/Д під час стажування. Методи групової роботи ґрунтуються на активності кожного суб'єкта з ОПР, можливості самостійно приймати рішення (ПР) і здійснювати вибір, а також на співіснуванні різних точок зору і вільному їх обговоренні під час відповідних розборів. При груповій роботі реалізуються такі основні принципи кооперації: позитивна взаємозалежність; індивідуальна відповідальність; стимулювання успіху один одного.

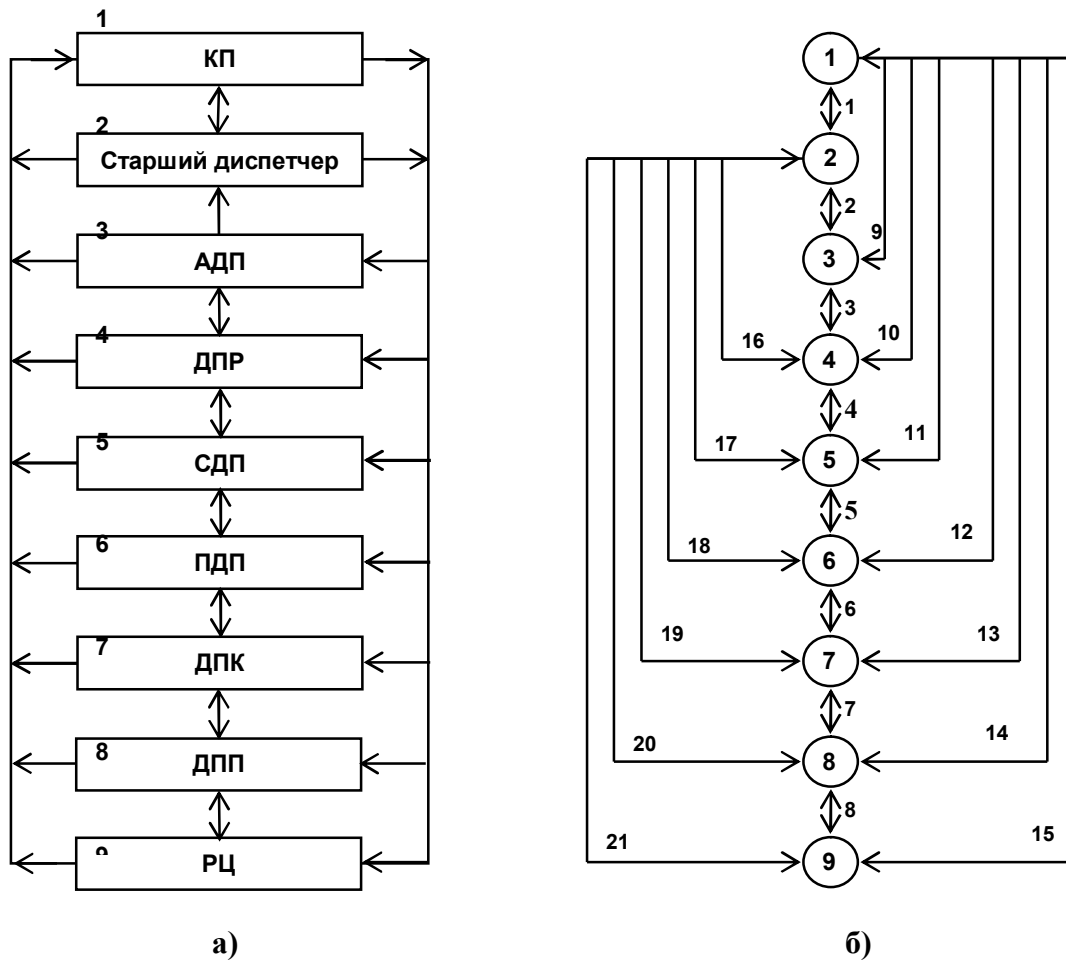


Рисунок 2 – Структурно-функціональна схема організації діяльності диспетчерської зміни:
 а) – загальна; б) – у виді графа; СД – старший А/Д; АДП – аеродромний диспетчерський пункт (ДП); ДПР – ДП «Руління»; СДП – ДП «Старта»; ПДП – ДП «Посадки»; ДПК – ДП «Круга»; ДПП – ДП «Підхід»; РЦ – ДП «Контроля» (районного центра)

Визначено «нижню» та «верхню» кількісну межу невеликої групи. Найменша невелика група утворюється двома АО – це так звана «діада». В ній можливе виникнення, формування і розвиток реальних процесів, які відбуваються в групі на рівні міжособистісного спілкування та взаємодії. Щодо «верхньої» межі невеликої групи, то тут загальноприйнято орієнтуватися на так зване «магічне число» Г. Міллера (7 ± 2), що було встановлене при дослідженнях об'єму оперативної пам'яті [19]. Його зазвичай вважають оптимальним кількісним складом невеликої групи. Однак в реальності мірилом кількісного складу виступає не формальне число членів, а потреби спільної групової діяльності. Тому невелика група (ДЗ) може об'єднувати до 50 осіб.

Організація праці А/Д являє собою комплексний процес взаємодії авіаційних ДП, що визначає інтенсивні групові взаємодії диспетчерів у зміні.

Для забезпечення ефективного ОНР і контролю польотів повітряних суден (ПС), повітряний простір ділиться на класи і райони відповідальності ДП. За типом виконуваних технологічних завдань їх поділяють на ДП планування використання повітряного простору та ДП безпосереднього управління повітряним рухом (УПР). Кожен А/Д працює на своєму, призначеному йому КП пункті, на якому він має допуск до УПР. Таким чином, кожен А/Д працює на певному робочому місці і взаємодіє з суміжними диспетчерами, при виході ПС із зони його відповідальності і відповідно при вході ПС в зону його контролю.

Авіадиспетчер – авіаційний фахівець, що здійснює контроль і ОНР з ДП. Це і визначає почуття групової приналежності, або членства кожного А/Д у зміні. Головною функцією А/Д є забезпечення безпечного, регулярного і впорядкованого руху ПС. Для



успішного виконання цієї функції А/Д використовує знання повітряної навігації, авіаційної метеорології, а також строго встановлені правила й інструкції, що регламентують детальним чином усі аспекти його діяльності. Наприклад, для забезпечення безпечного розходження ПС в повітрі, А/Д застосовує правила вертикального, бокового та поперечного ешелонування (розосередження ПС на безпечні відстані в горизонтальній і вертикальній площинах). Внаслідок того, що робота А/Д дуже відповідальна і від якості виконання цієї роботи залежить велика кількість людських життів, існує чітка структура ДЗ (рис. 2).

Структурно-функціональний аналіз діяльності ДЗ. Основною позитивною рисою дослідження офіційних структур є потреба у мінімальному об'ємі апіорної інформації про неї у вигляді наявності зв'язків між елементами, що утворюють структуру. Тому скористаємось структурно-функціональною схемою диспетчерської зміни, що подана на рис. 2б, де кружками, що є вузлами графа, позначені окремі А/Д – члени ДЗ, а лініями – зв'язки між ними. При цьому вважаємо, що всі лінії, що об'єднують два вузли, однакові і пов'язані одиницею відстані. Як можна побачити з рис. 2а, досліджувана структура-граф має $n=9$ вершин і $m=21$ ребро. Для аналізу ефективності структури розрахуємо ряд показників, що характеризують граф. Для цього необхідно побудувати матрицю інциденцій (сумісності) $A = \|a_{ij}\|$ вершин графа (табл. 1), елементи якої визначаються таким чином

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i\text{-й А/Д технологічно зв'язаний з } j\text{-тим} \\ 0, & \text{– в протилежному випадку} \end{cases} \quad (1)$$

Таблиця 1 – Матриця інциденцій вершин графа-моделі структурно-функціональної організації діяльності диспетчерської зміни

Вершина графа i	Вершина графа j									$\sum_j a_{ij}$
	1 (КП)	2 (СД)	3 (АДП)	4 (ДПР)	5 (СДП)	6 (ПДП)	7 (ДПК)	8 (ДПП)	9 (РЦ)	
1 (КП)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2 (СД)	–	1	1	1	1	1	1	1	1	8
3 (АДП)	1	–	1	1	1	1	1	1	1	8
4 (ДПР)	1	1	–	1	0	0	0	0	0	3
5 (СДП)	1	1	1	–	1	0	0	0	0	4
6 (ПДП)	1	1	0	1	–	1	0	0	0	4
7 (ДПК)	1	1	0	0	1	–	1	0	0	4
8 (ДПП)	1	1	0	0	0	1	–	1	0	4
9 (РЦ)	1	1	0	0	0	0	1	–	1	4
$\sum_i \sum_j a_{ij}$										42

Отже, організація роботи А/Д являє собою комплексний процес взаємодії авіаційних диспетчерських пунктів (ДП), що визначає інтенсивні групові взаємодії у зміні.

Для аналізу ефективності структури розрахуємо ряд показників, що характеризують граф [11-16, 20; 21]. Насамперед слід визначитися зі **зв'язаністю графа**. Граф вважається зв'язаним, якщо для любых вершин i та j існує ланцюг, який їх зв'язує. Відповідна кількісна характеристика дозволяє виявити наявність обривів у структурі, висячі вершини та інше. Показник зв'язаності усіх елементів відповідає виконанню такої умови:

$$i \neq j : \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} \geq (n-1) \Leftrightarrow \frac{1}{2} 42 \geq (9-1) \Leftrightarrow 21 > 8. \quad (2)$$

Таким чином, граф-модель взаємодії у А/Д у типовій ДЗ (рис. 2), яку ми аналізуємо за допомогою матриці інциденцій (табл. 1) є зв'язаним.



Структурна надмірність (чи живучість групи) R відображає перевищення загальної кількості зв'язків над мінімально-необхідною:

$$R = \frac{1}{2(n-1)} \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} \right] - 1 = \frac{1}{2(9-1)} - 1 = 1,6 > 0. \quad (3)$$

Вважається, що якщо:

$$\begin{cases} R > 0 - \text{система має максимальну надмірність;} \\ R = 0 - \text{система має мінімальну надмірність;} \\ R < 0 - \text{система нерозв'язана.} \end{cases} \quad (4)$$

Спираючись на результати обчислень (3) та вираз (4) робимо висновок, що досліджуваний граф-модель функціонування ДЗ максимальну надмірність.

Момент групи характеризує керованість нею формальним лідером (КП та СД, який дублює його дії) та обчислюється за формулою

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{a_i^2} \sum_{i=1}^n (a_i - a_i) = \frac{42}{8^2} [(8-3) \cdot 2 + (8-4) \cdot 5] = 19,7, \quad (5)$$

де a_i – кількість зв'язків лідера групи. У нашому випадку (табл. 1) лідером ДЗ є КП старший диспетчер, який дублює його роботу, що й знайшло відображення у відповідних обчисленнях (5). Встановлено, що за інших рівних умов структура групи буде тим ефективніша, чим більше будуть значення показників R та M .

Рівномірний розподіл зв'язків в структурі графа. Природно, що система з більшою надмірністю R потенційно безпечніша, але в деяких завданнях аналізу структурної надійності її доцільно доповнити параметрами, що враховують нерівномірність розподілу зв'язків ε^2 , який характеризує недовикористання можливостей структури, що має m ребер і n вершин, в досягненні максимальної зв'язаності. Для визначення показника ε^2 будується матриця інцидентів вершин та ребер графа (табл. 2) і застосовується така формула:

$$\varepsilon^2 = \sum_{i=1}^n (\rho_i - \bar{\rho})^2 = \sum_{i=1}^n \rho_i^2 - 4 \frac{m^2}{n} = (8^2 \cdot 2 + 3^2 \cdot 2 + 4^2 \cdot 5) - 4 \frac{21^2}{9} = 30. \quad (6)$$

де $m=21$ – кількість ребер графа, котрий відображає матриця інцидентів табл. 2.

Структурна компактність D . Для її кількісної оцінки вводиться параметр, що відображає близькість вершин графа. Близькість двох вершин i і j має сенс відстані і визначається мінімальною довжиною ланцюга d_{ij} з найменшим числом ланок (ребер), якими можна пройти з одного вузла в іншій (табл. 3).

Тоді маємо:

$$i \neq j: D = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d_{ij} = 113. \quad (7)$$

Для кількісної оцінки структурної компактності часто використовують такий відносний показник:

$$D_{відн} = \frac{D}{D_{\min}} - 1 = \frac{113}{9(9-1)} - 1 = 0,57, \quad (8)$$

де $D_{\min} = n(n-1)$ – мінімальне значення компактності структури.



Таблиця 2 – Матриця інциденцій вершин і ребер графа-моделі структурно-функціональної організації діяльності диспетчерської зміни

Ребро j	Вершина i								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1	–	–	–	–	–	–	–
2	–	1	1	–	–	–	–	–	–
3	–	–	1	1	–	–	–	–	–
4	–	–	–	1	1	–	–	–	–
5	–	–	–	–	1	1	–	–	–
6	–	–	–	–	–	1	1	–	–
7	–	–	–	–	–	–	1	1	–
8	–	–	–	–	–	–	–	1	1
9	1	–	1	–	–	–	–	–	–
10	1	–	–	1	–	–	–	–	–
11	1	–	–	–	1	–	–	–	–
12	1	–	–	–	–	1	–	–	–
13	1	–	–	–	–	–	1	–	–
14	1	–	–	–	–	–	–	1	–
15	1	–	–	–	–	–	–	–	1
16	–	1	–	1	–	–	–	–	–
17	–	1	–	–	1	–	–	–	–
18	–	1	–	–	–	1	–	–	–
19	–	1	–	–	–	–	1	–	–
20	–	1	–	–	–	–	–	1	–
21	–	1	–	–	–	–	–	–	1
$\sum_j \rho_{ij}$	8	8	3	4	4	4	4	4	3

Таблиця 3 – Матриця відстаней між вершинами графа

Вершина графа i	Вершина графа j									$\sum_j d_{ij}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8
2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	8
3	1	1	0	1	2	2	2	2	2	13
4	1	1	1	0	1	2	2	2	2	12
5	1	1	2	1	0	1	2	2	2	12
6	1	1	2	2	1	0	1	2	2	12
7	1	1	2	2	2	1	0	1	2	12
8	1	1	2	2	2	2	1	0	1	12
9	1	1	2	2	2	2	2	1	0	13
$\sum_i \sum_j d_{ij}$										113

Структурну компактність характеризує також і показник – діаметра структури:

$$d = \max_{ij} d_{ij} = 2. \tag{9}$$

Враховуючи переважаючий інформаційний характер зв'язків в структурно-функціональній ДЗ, можна з упевненістю сказати, що $D_{відн.}$ і d інтегрально оцінюють інерційність інформаційних процесів в системі, а при рівних значеннях ε^2 і R їх збільшення відображає зростання кількості роз'єднуючих зв'язків. При цьому слід зазначити, що така ситуація сприяє зниженню загальної надійності системи.

Ступінь централізації в структурі. Для її кількісної оцінки використовується поняття індексу центральності:



$$\delta = (n - 1)(2z_{\max} - n) \frac{1}{z_{\max}(n - 2)} = \frac{(9 - 1)(2 \cdot 7,06 - 9)}{7,06(9 - 2)} = 0,83, \quad (10)$$

де z_{\max} – максимальне значення показника:

$$i = \overline{1, n}, \quad i \neq j: \quad \max \left(z_i = \frac{D}{2} \left(\sum_{j=1}^n d_{ij} \right)^{-1} \right) = z_1 = z_2 = 7,06. \quad (11)$$

Кожен i -тий вузол графа характеризується показниками центральності:

$$C_i = \frac{\sum_j \sum_j d_{ij}}{\sum_j d_{ij}}. \quad (12)$$

Показник центральності C_i володіє тим недоліком, що додавання нових вузлів до графа, не міняючи позиції вузла з максимальною центральністю, змінює в той же час числове значення центральності цього вузла. Щоб уникнути цього, вводиться поняття відносної периферійності вузла:

$$\Pi_i = C_{\max} - C_i \quad (13)$$

и повної периферійності графа:

$$\Pi = \sum_i \Pi_i. \quad (14)$$

Уявляється можливим пронормувати периферійність вузлів і графа в цілому, розділивши (13) на C_{\max} , а (14) – ще й на n . Тоді отримуємо:

$$\Pi_i = \frac{C_{\max} - C_i}{C_{\max}} = 1 - \frac{C_i}{C_{\max}}, \quad (15)$$

$$\Pi = \frac{1}{n} \sum_i \Pi_i = \frac{1}{n} \sum_i \left(1 - \frac{C_i}{C_{\max}} \right) = 1 - \frac{1}{nC_{\max}} \sum_i C_i. \quad (16)$$

Всі розраховані значення показників структурної периферійності подані в табл. 4. Таблиця 4 – Показники структурної периферійності вузлів графа структурно-функціональної схеми організації діяльності диспетчерської зміни (фрагмент)

Вершина i	C_i	Π_i	Π_i^*
1	14,1	0	0,26
2	14,1	0	0,26
3	8,7	5,4	0,26
4	9,4	4,7	0,26
5	9,4	4,7	0,26
6	9,4	4,7	0,26
7	9,4	4,7	0,26
8	9,4	4,7	0,26
9	8,7	5,4	0,26

Таким чином, результати проведених досліджень показують високу ефективність методів теорії графів в структурно-функціональному аналізі організації діяльності ДЗ. При цьому зазначимо, що при розробці нових структур слід обов'язково враховувати можливості процесів управління, а також особливостей групової діяльності. При цьому необхідно прагнути до зменшення показника периферійності і числа ребер графа. Проте,



необхідно також враховувати психологічні можливості операторів по прийому і переробці інформації, оскільки прагнення до спрощення функціональної структури групи може привести до неприпустимого інформаційного перевантаження людини-оператора (Л-О).

Структурні характеристики і показники, що були розглянуті, отримані тільки на основі інформації про склад елементів ДЗ і їх зв'язки. Подальший розвиток методології структурних параметрів для вирішення завдань структурного аналізу припускає врахування не структурної інформації шляхом введення кількісних функцій на графах. Такий підхід, безумовно, перспективний, оскільки дозволяє разом зі складом елементів і їх зв'язками врахувати і визначити часові, надійнісні, вартісні та інші показники взаємодії.

Висновки. Провівши структурно-функціональний аналіз діяльності ДЗ як невеликої групи авіаційних операторів, вкажемо на такі найбільш суттєві положення. Основною позитивною рисою дослідження офіційних структур є потреба у мінімальному об'ємі апіорної інформації про неї у вигляді наявності зв'язків між елементами, що утворюють структуру. Структура є зв'язаною і має максимальну надійність. Діаметр структури дорівнює двум крокам-ребрам між максимально віддаленими елементами. Обчислені також показники керованості групою, рівномірності розподілу зв'язків, структурної компактності, ступеня централізації та показники периферійності вузлів та графа в цілому.

Подальші дослідження ефективності структури діяльності ДЗ як невеликої групи АО слід проводити увівши функції на графах, а також застосовуючи організаційні графи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Козлов В. В. Управление безопасностью полетов: что это такое? / В. В. Козлов. – М. : ОАО «Аэрофлот», 2008. – 22 с.
2. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП): Doc. ICAO 9859 – AN / 474. – Монреаль, Канада, 2009.
3. Человеческий фактор в управлении и организации : Сборник материалов № 10. – Циркуляр ИКАО 247-AN/148. – Монреаль, Канада, 1993. – 48 с.
4. Герасимов Б. М. Організаційна ергономіка: Методи та алгоритми досліджень і проектування : монографія / Б. М. Герасимов, В. В. Камишин. – К. : Інформаційні системи, 2009. – 212 с.
5. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений : пер. с англ. Н.И. Ринго / Л. Заде ; [под ред. Н. Н. Моисеева, С. А. Орловского]. – М. : Мир, 1976. – 165 с.
6. Бурков В. Н. Теория активных систем: состояние и перспективы / В. Н. Бурков, Д. А. Новиков. – М. : Синтег, 1999. – 128 с.
7. Новиков Д. А. Теория управления организационными системами / Д. А. Новиков. – М. : МПСИ, 2005. – 584 с.
8. Обслуживание воздушного движения (Диспетчерское обслуживание воздушного движения, полетно-информационное обслуживание, служба аварийного оповещения) : Приложение 11 к Конвенции о международной гражданской авиации. – Изд-е тринадцатое. – Монреаль, Канада. – июль 2001.
9. Баранов Г. Л. Структурное моделирование сложных динамических систем / Г. Л. Баранов, А. В. Макаров. – К. : Наукова думка, 1986. – 272 с.
10. Рева А. Н. Показатели структурной эффективности организации диспетчерской смены как малой группы авиационных операторов / А. Н. Рева, С. Д. Кульназаров // Перспективы развития гражданской авиации и подготовка высококвалифицированных кадров : сб. тр. 1-й Междун. конф. ; (Алматы, 18-22 сентября 2000 г.) – Алматы : КазГУ, 2000. – Ч. I. – С. 83-92.
11. Рева О. М. Оцінка структурної ефективності служби руху (на прикладі Красноярського центра обслуговування повітряного руху) / О. М. Рева, В. І. Вдовиченко,



І. М. Устименко // Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж. – Х. : Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2012. – №10 (97). – С. 176–186.

12. Ивашкин Ю. А. Моделирование систем. Структурно-параметрические и агентно-ориентированные технологии : лабораторный практикум / Ю. А. Ивашкин, Е. А. Назойкин. – М. : МГУПБ, 2010. – 134 с.

13. Шибанов Г. П. Количественная оценка деятельности человека в системах «человек-техника» / Г. П. Шибанов. – М. : Машиностроение, 1983. – 263 с.

14. Рева О. М. Колективні рішення у невеликій групі авіаційних операторів : конспект лекцій з курсу «Основи теорії прийняття рішень». – Кіровоград : ДЛАУ, 1998. – 33 с.

15. Основы инженерной психологии : учеб. для вузов / Б. А. Душков, Б. Ф. Ломов, В. Ф. Рубахин и др. ; под ред. Б. Ф. Ломова. – М. : Высш. шк., 1986. – 448 с.

16. Немов Р. С. Психология : учеб. для студ. высш. пед. учеб. заведений. В 3-х кн. Кн. 1. Общие основы психологии / Р. С. Немов. – М. : Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2003. – 688 с.

17. Рогов Е. И. Психология группы / Е. И. Рогов. – М. : ВЛАДОС, 2005. – 430 с.

18. Miller G. The magical number seven, plus or minus two: some limits on or capacity for processing information / G. Miller // Psychological Review. – 1956. – № 63. – P. 81-97.

19. Нечипоренко В. И. Структурный анализ систем (Эффективность и надежность) / В. И. Нечипоренко. – М. : Советское радио, 1977. – 216 с.

20. Денисов А. А. Теория больших систем управления : учеб. пособ. / А. А. Денисов, Д. Н. Колесников. – Л. : Энергоиздат, 1981. – 238 с.

Рева А.Н., Невиницын А.Н., Бирюков Ю.Ю., Савонина Н.А. МЕТОДЫ ТЕОРИИ ГРАФОВ В СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОМ АНАЛИЗЕ ОРГАНИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СМЕНЫ КАК МАЛОЙ ГРУППЫ АВИАЦИОННЫХ ОПЕРАТОРОВ

Официальная структура диспетчерской смены представлена в виде графа, вершинами которого являются отдельные авиадиспетчеры на определенных диспетчерских пунктах, а ребра – функциональные связи между ними. Имея минимальную априорную информацию в виде наличия связей между элементами, которые образуют структуру диспетчерской смены, по определенным показателям установлено, что она является связанной и имеет максимальную надежность. Диаметр структуры равняется двум шагам-ребрам между максимально отдаленными элементами. Вычислены также показатели управляемости группой, равномерности распределения связей, структурной компактности, степени централизации и показатели периферийности узлов и графа в целом.

Ключевые слова: структурно функциональная надежность, диспетчерская смена, малая группа авиационных операторов, методы теории графов, показатели эффективности структуры.

Reva A.N., Nevinitcyn A.N., Birukov U.U., Savonina N.A. METHODS OF THE GRAPH THEORY IN THE STRUCTURAL FUNCTIONAL ANALYSIS OF THE ORGANIZATION OF THE ACTIVITY OF AN ATC SHIFT AS A SMALL GROUP OF AIR OPERATORS

The official structure of an ATC shift is presented in the form of the graph whose nodes are certain air traffic controllers in certain control offices, and links are the functional connections between them. Having the minimum aprioristic information in the form of existence of connections between the elements which form the structure of an ATC shift, using certain indicators it is established that the one is connected and has the maximum reliability. Diameter of the structure equals two steps- links between the most remote elements. The indicators of the group's controllability, the uniformity of distribution of connections, structural compactness, the degree of centralization and the periphery indicators of the nodes and the graph in whole are determined.

Keywords: structural functional reliability, ATC's shift, small group of aviation operators, methods of the theory of graphs, indicators of efficiency in a structure.