

Олександр Дубягін, Володимир Гур'єв, Ірина Фірсова

## КОМПЕНСУВАННЯ НАСЛІДКІВ МІЖРІВНЕВОГО ЗАМІЩЕННЯ: ПРОЦЕДУРА, ЕФЕКТИВНІСТЬ

**Актуальність теми дослідження.** Наслідки керуючого впливу на об'єкт, зміна структури якого представлена моделлю міжрівневого балансу, вдається сформулювати у вигляді втрат (поповнення) об'єкта щодо ознаки, вимірюваної у його одиниць у шкалі відношень. Тому актуальним є завдання створення процедури регулювання втратами (поповненням) об'єкта.

**Постановка проблеми.** Наявні методики оцінки наслідків не враховують фактору пересування одиниць об'єкта з одного рівня ознаки на інший, унаслідок чого структурний аналіз результатів впливу є неповним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Теоретичними основами процедури компенсування, яка розглядається вперше, є поняття «міжрівневе заміщення», модель і система показників міжрівневого балансу.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Модель і система показників міжрівневого компенсаційного балансу.

**Постановка завдання.** Визначити передумови застосування та критерій ефективності процедури, вибрати схему і створити відповідний механізм компенсування, сформулювати правила складання компенсаційного балансу й показники ефективності компенсування.

**Виклад основного матеріалу.** Неодноразово змінюючи рівневу структуру об'єкта, можна регулювати його втрати (поповнення): повністю позбавитися, пом'якшити або посилити. Наслідки впливу характеризуються абсолютним сальдо міжрівневого пересування одиниць об'єкта. Регулювати величину сальдо пропонується за рахунок скорочення компоненти, зумовленої неочікуваним пересуванням одиниць об'єкта, тобто через збільшення чи зменшення частки втрат або поповнення в їх сумі. Процедура компенсування втрат (поповнення) об'єкта супроводжується складанням компенсаційного балансу в агрегатній формі.

**Висновки відповідно до статті.** Процедура не враховує характеристики впливу, тому один і той же самий результат можна отримати за різну кількість компенсаційних циклів. Її зростання пов'язане зі збільшенням ресурсних витрат. Тому перспективною є оптимізація процедури через характеристики впливу.

**Ключові слова:** керуючий вплив; коефіцієнт ефективності; компенсаційний баланс; міжрівневе заміщення; структурований об'єкт.

Табл.: 1. Рис. 2. Бібл.: 10.

**Актуальність теми дослідження.** Наслідки керуючого впливу на структурований об'єкт, зміна рівневої структури якого представлена моделлю міжрівневого балансу, вдається сформулювати у вигляді втрат (поповнення) об'єкта щодо ознаки, вимірюваної у його одиниць у шкалі відношень. У зв'язку з цим актуальним є завдання створення процедури регулювання втратами (поповненням) об'єкта й оцінка її ефективності. Якщо об'єкт є складовою інформаційної системи, то подібна процедура корисна для керування такими характеристиками системи, як швидкодія, продуктивність, витрати енергії, труда, фінансів тощо.

**Постановка проблеми.** Кількісна оцінка наслідків керуючого впливу на структурований об'єкт, яка здійснюється на основі моделі міжрівневого балансу, є корисною для визначення характеристик ефективності впливу при створенні процедури регулювання втратами (поповненням) об'єкта. Говорячи про останні як про наслідки впливу, важливо уявляти механізм регулювання втрат і поповнення об'єкта, одиниці якого зазнають міжрівневе пересування через цей вплив. Для цього пропонується застосувати процедуру «компенсування наслідків міжрівневого заміщення» зі складанням компенсаційного міжрівневого балансу. Форма останнього має бути агрегатною. За результатами процедури здійснюється оцінювання ефективності компенсування. Умови (обмеження), за яких здійснюється процедура, такі: метою зовнішнього впливу є певна зміна структури об'єкта; вплив є неодноразовим, завдяки чому досягається бажаний ефект щодо цієї зміни; предметом оцінювання є рівнева структура об'єкта та руху його одиниць, без урахування характеристик впливу. Реалізація процедури компенсування має практичне значення там, де вивчаються та оцінюються наслідки керуючого впливу на об'єкт з однорідною структурою, представленою ознакою, вимірюваною у його одиниць у шкалі відношень.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Заявлена процедура компенсування розглядається вперше. Теоретичними основами для неї є модель міжрівневого балансу, синтезована з метою зв'язати зміну структури об'єкта зі структурою руху його одиниць, поняття «міжрівневе заміщення», уведене для оцінки наслідків керуючого впливу на структурований об'єкт в якості канонічної форми балансу, а також система показників міжрівневого балансу, створена для всебічної характеристики структурних зрушень об'єкта [10]. Поширеними для оцінки останніх у статистиці є коефіцієнти структури [2]. Аналогом моделі міжрівневого балансу є модель міжгалузевого балансу, запропонована В. В. Леонтьєвим [1; 4; 8].

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Це – модель і система показників міжрівневого компенсаційного балансу, представлені в агрегатній формі.

**Постановка завдання (мета статті).** Визначити передумови застосування та критерій ефективності процедури, вибрати схему і створити відповідний механізм компенсування, сформулювати правила складання компенсаційного балансу й показники ефективності компенсування.

**Виклад основного матеріалу.** Неодноразово змінюючи рівневу структуру об'єкта завдяки керуючому впливу на останній, можна регулювати його втрати (поповнення): повністю позбавитися від них, пом'якшити або посилити їх. Числовою характеристикою наслідків керуючого впливу є абсолютне сальдо міжрівневого пересування одиниць об'єкта [10].

Зрозуміло, що в результаті керуючого впливу на об'єкт одиниці останнього зазнають і регресивне, і прогресивне пересування, а тому у формуванні загального сальдо «беруть участь» і втрати, і поповнення об'єкта, обумовлені відповідним пересуванням. А тому, збільшуючи чи зменшуючи частку втрат або поповнення в їх сумі, можна регулювати величину загального сальдо в той чи інший бік. У будь-якому випадку, незалежно від спрямованості керуючого впливу, зробити це можна за рахунок скорочення компоненти, зумовленої не очікуваним пересуванням одиниць об'єкта. Дамо цій процедурі назву «компенсування рівневих втрат (рівневого поповнення) об'єкта».

Грунтуючись на методах теорії управління [3; 7], спочатку зупинимось на передумовах процедури, а потім оцінимо її ефективність.

Очевидно, що не очікуваним може бути як регресивне, так і прогресивне пересування одиниць об'єкта, тобто їх рух, що класифікується за критерієм «напрямок пересування». Нагадаємо, що перше з них завдає об'єкту втрати, а друге призводить до його поповнення щодо ознаки, вимірюваної у цих одиниць. Результатом процедури компенсування має бути повне або часткове позбавлення від не очікуваних втрат (поповнення) об'єкта. А тому досягти такого результату можна, додатково піддаючи одиниці об'єкта альтернативному за напрямом пересуванню: регресивне пересування компенсуючи прогресивним, а прогресивне – регресивним. Тобто ця процедура має бути альтернативною щодо зміни напрямку пересування одиниць об'єкта, які беруть у неї участь (перша передумова).

Якщо одиниці об'єкта пересуваються тільки в одному напрямі, то частковому або повному компенсуванню підлягає агреговане сальдо пересування за напрямом: у випадку компенсування втрат – сальдо регресивного пересування ( $\Delta L_{в./н.}$ ); у випадку компенсування поповнення – сальдо прогресивного пересування ( $\Delta L_{н./в.}$ ). Наявність одночасно регресивно- та прогресивно-рухомих одиниць призводить до неоднозначного результату: об'єкт зазнає або втрати, або поповнення, крім випадку їх рівноваги, і тоді разом із повним або частковим компенсуванням втрат (поповнення) збільшується (зменшується) загальне сальдо об'єкта  $\Delta L$ . Причому змінити величину останнього в той чи інший бік можна як за рахунок регресивно-рухомих одиниць, так і за рахунок прогресивно-рухомих одиниць об'єкта, в залежності від міри їх сприйнятливості до впливу. Тобто ця процедура може бути варіативною щодо зміни ступеня внеску одиниць об'єкта з тим чи іншим напрямом пересування в результат компенсування (друга передумова).

І нарешті, процедура компенсування втрат (поповнення) об'єкта може забезпечити необхідний результат як за одного додаткового впливу на його одиниці, так і за декілька таких впливів, після кожного з яких необхідно зробити балансовий аналіз і за результатами перевірки виконання умов обраного критерію ефективності компенсування або призупинити процедуру, або продовжити її. Тобто процедура компенсування має бути циклічною (третя передумова).

Тепер обґрунтуємо критерій ефективності компенсування. Стає очевидним, що основу критерію ефективності складатиме величина після-компенсаційного загального сальдо об'єкта  $\Delta L^{[q]}$ , фактичне значення якої в результаті керуючого компенсаційного впливу на об'єкт має бути не менше заданого значення  $\Delta L_{з.}$  величини загального сальдо об'єкта, такого, що  $\Delta L_{з.} > \Delta L$ , якщо компенсуванню підлягають втрати об'єкта (рис. 1, а), і має бути не більше, ніж задане це значення, таке, що  $\Delta L_{з.} < \Delta L$ , якщо компенсуванню підлягає поповнення об'єкта (рис. 1, б), за будь-якого знаку величини  $\Delta L$ . Область припустимих значень  $\Delta L^{[q]}$  на рис. 1 затемнена.

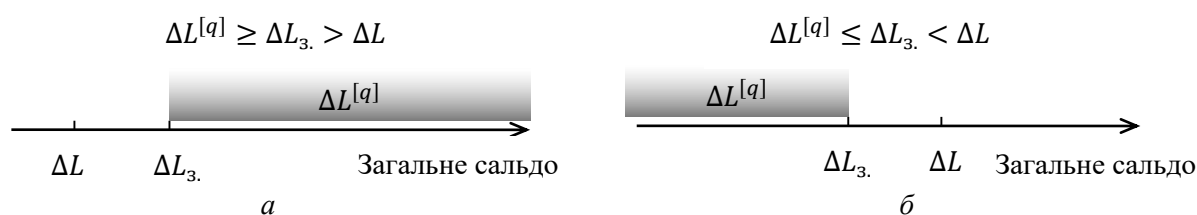


Рис. 1. Співвідношення між до-компенсаційним ( $\Delta L$ ), після-компенсаційним ( $\Delta L^{[q]}$ ) та припустимим ( $\Delta L_{з.}$ ) значеннями загального сальдо об'єкта, коли компенсуванню підлягають втрати (а) та поповнення (б) цього об'єкта

Отже, критерій ефективності компенсування втрат (перший вираз тут і надалі) і поповнення (другий вираз тут і надалі) об'єкта можна сформулювати у вигляді подвійної нерівності:

$$\Delta L^{[q]} \geq \Delta L_{з.} > \Delta L; \quad (1)$$

$$\Delta L^{[q]} \leq \Delta L_{з.} < \Delta L, - \quad (2)$$

яка відповідно до третьої передумови процедури компенсування має перевірятися наприкінці кожного компенсаційного циклу (блок-схема на рис. 2, де  $q$  – номер циклу:  $q = 1, 2, \dots, Q$ ).

Беручи до уваги сформульовані передумови та критерій ефективності, розглянемо в деталях механізм процедури компенсування, створивши відповідний алгоритм і застосовуючи відповідні методи та правила алгоритмізації [5; 6; 9]. Для цього нам знадобляться складові міжрівневого балансу, складеного в три етапи: 1) одразу після керуючого впливу на об'єкт (докомпенсаційний баланс); 2) за проміжними результатами процедури компенсування (компенсаційний баланс); 3) за остаточними результатами процедури компенсування (післякомпенсаційний баланс).

Кожен етап завершується формуванням за єдиним зразком однойменної балансово-розрахункової таблиці (матриці). Причому, компенсаційна та після-компенсаційна матриці формуються в кожному компенсаційному циклі, а узагальнений результат компенсування за  $Q$  циклів можна представити узагальненою компенсаційною матрицею. Складові балансу, розміщені в комірках будь-якої матриці, й опосередковані ними абсолютні балансові показники сальдо міжрівневого пересування визначаються за правилами, сформульованими в роботі [10]. Елементи кожної компенсаційної та після-компенсаційної  $q$ -матриці й відповідні показники руху будемо позначати як і раніше, доповнюючи номером циклу, розміщеним відносно символу даної величини праворуч зверху, відповідно

в круглих і в квадратних дужках:  $\dots^{(q)}$  і  $\dots^{[q]}$ . Щодо узагальненого компенсаційного балансу, символіку представлено аналогічно, тільки з номером останнього компенсаційного циклу, виділеним фігурними дужками:  $\dots^{\{Q\}}$ .

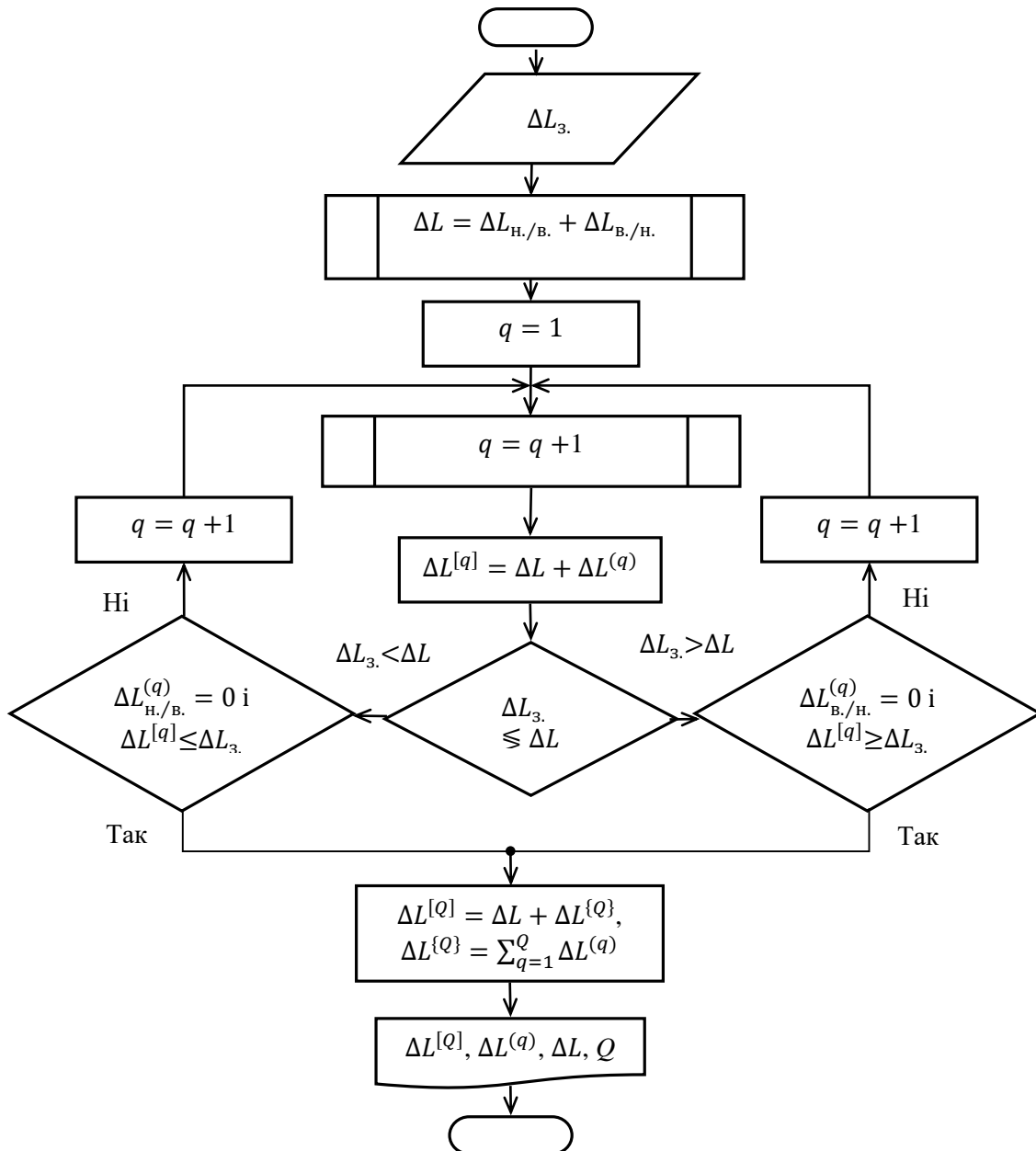


Рис. 2. Блок-схема циклічного алгоритму компенсування втрат (поповнення) об'єкта

З погляду на сказане можна запропонувати два способи компенсування втрат (поповнення) об'єкта. Кожен з них передбачає декілька схем реалізації процедури компенсування, які мають свої переваги та недоліки. Важко створити універсальний алгоритм вибору оптимальної схеми. Це може бути або одна з них, або певна їх комбінація, реалізована за один або за декілька компенсаційних циклів. Усе залежить від реальних умов міжрівневого руху та його результатів.

Перший спосіб передбачає заміну всіх або певної частини одиниць об'єкта, які мають одні характеристики руху та вибувають зі складу цього об'єкта, на одиниці іншого об'єкта з іншими характеристиками руху та в тій же самій кількості. Цей спосіб ускладнений тим, що звичайно об'єкт спостереження має сталий склад, а заміна його одиниць

обмежена багатьма факторами різного походження (фізичного, адміністративного, фінансового й ін.). Другий спосіб передбачає повторний керуючий вплив на об'єкт в цілому або на певні його одиниці. Цей спосіб є поширеним, тому що об'єкт зі сталим складом можна неодноразово піддавати керуючому впливу задля «чистоти» процедури, а також тому, що він не критичний до обмежуючих факторів.

Одиниці об'єкта, які підлягають заміні або повторному впливу, являють собою: 1) всі одиниці об'єкта або ті з них, що зазнають лише не очікуване пересування; 2) ті одиниці, в яких не очікуване пересування виражено більшою мірою; 3) ті одиниці, в яких очікуване пересування виражено меншою мірою; 4) нерухомі одиниці.

Якщо застосувати першу схему, то існує ймовірність повного компенсування не очікуваних змін, а якщо застосувати другу-четверту схеми останні компенсуються частково. Крім того, четверта схема є резервом очікуваних змін рівневої структури об'єкта. Нижче розглядається лише другий спосіб і перша схема компенсування, коли повторному впливу піддаються лише ті одиниці об'єкта, які зазнають не очікуване пересування в результаті попереднього впливу на них. Такий вибір є логічним у контексті сформульованої мети та дозволяє повною мірою позбавитися втрат або поповнення об'єкта, завданих керуючим впливом саме його одиницям.

Правила компенсаційного та після-компенсаційного балансу, призначені для реалізації першої схеми, сформулюємо в окремій таблиці так, щоб був зрозумілим механізм формування рівневої структури об'єкта: у взаємозв'язку з рівневою структурою руху його одиниць, на кожному етапі процедури компенсування, відповідно до співвідношення балансу. Щодо останнього, покладене в його основу загальне сальдо об'єкта є визначальним для оцінки наслідків керуючого впливу й ефективності процедури компенсування і складається з величин сальдо пересування за напрямом (див. в правому стовпці таблиці; спосіб їх обчислення представлений в графі «до-компенсаційний баланс» й є аналогічним в решті випадків), регресивного («в./н.») і прогресивного («н./в.»). Зазначені показники сальдо розміщені в таблиці разом зі складовими балансу, через які вони визначаються [10].

Закономірний зв'язок трьох етапів, виражений через значення до-компенсаційного, компенсаційного та після-компенсаційного загального сальдо, представляє теорема «про компенсування наслідків міжрівневого заміщення». Сформульована в трьох частинах, теорема дає уявлення про механізм компенсування втрат (поповнення) об'єкта (перша і друга частини) і про результат компенсування (третья частина). Через великий обсяг доказ теорема в статті не наводиться.

Таблиця

Порядок визначення загального сальдо об'єкта в процедурі компенсування

		Баланс	Сальдо міжрівневого пересування
назва	правила	рівневі складові	
1	2	3	4
До-компенсаційний	x	Регресивне пересування: $L_{Він.}$ – у стані об'єкта «до» (вибуття) $L_{Пв. j}$ – у стані об'єкта «після» (прибуття)	$\Delta L_{в./н.} = L_{Пв.} - L_{Вн.}$ , де $L_{Пв.} = \sum_{j=1}^{k-1} L_{Пв. j}$ , $L_{Вн.} = \sum_{i=2}^k L_{Він.}$
	x	Прогресивне пересування: $L_{Вів.}$ – у стані об'єкта «до» (вибуття) $L_{Пн. j}$ – у стані об'єкта «після» (прибуття)	$\Delta L_{н./в.} = L_{Пн.} - L_{Вв.}$ , де $L_{Пн.} = \sum_{j=2}^k L_{Пн. j}$ , $L_{Вв.} = \sum_{i=1}^{k-1} L_{Вів.}$
		Загальне сальдо об'єкта (сукупного пересування)	$\Delta L = \Delta L_{в./н.} + \Delta L_{н./в.}$

1	2	3	4	
Компенсаційний	Перше	$\begin{cases} L_{p0}^{(1)} = L_{Пв.p}, q = 1, p = \overline{1, k-1} \\ L_{p0}^{(q)} = L_{Пв.p}^{(q-1)}, q = \overline{2, Q}, p = \overline{1, k-1} \end{cases}$	Регресивного: $\Delta L_{Б./Н.}^{(Q)} \equiv 0 \quad (3)$	
		$\begin{cases} L_{p0}^{(1)} = L_{Пн.p}, q = 1, p = \overline{2, k} \\ L_{p0}^{(q)} = L_{Пн.p}^{(q-1)}, q = \overline{2, Q}, p = \overline{2, k} \end{cases}$	Прогресивного: $\Delta L_{Н./В.}^{(Q)} \equiv 0 \quad (4)$	
	Друге	$L_{Він.}^{(Q)} = L_{Пв.j}^{(Q)} = 0 \xleftrightarrow{\forall N^q=1, N} l_{N^q1}^{(Q)} \geq l_{N^q0}^{(Q)}$	$\Delta L_{Н./В.}^{(Q)} \equiv 0 \quad (4)$	
		$L_{Вів.}^{(Q)} = L_{Пн.j}^{(Q)} = 0 \xleftrightarrow{\forall N^q=1, N} l_{N^q1}^{(Q)} \leq l_{N^q0}^{(Q)}$		
	Загальне сальдо об'єкта (сукупного пересування)			$\Delta L^{(Q)} \equiv \Delta L_{Н./В.}^{(Q)}$ або $\Delta L^{(Q)} \equiv \Delta L_{Б./Н.}^{(Q)}$
	Третє	$\begin{cases} L_{p0}^{\{Q\}} = L_{p0}^{(1)} \\ L_{p1}^{\{Q\}} = \sum_{q=1}^Q [L_{3p}^{(q)} + L_{Пн.p}^{(q)}] \end{cases}$	Регресивного: $\Delta L_{Б./Н.}^{\{Q\}} \equiv 0 \quad (5)$	
$\begin{cases} L_{p0}^{\{Q\}} = L_{p0}^{(1)} \\ L_{p1}^{\{Q\}} = \sum_{q=1}^Q [L_{3p}^{(q)} + l_{Пв.p}^{(q)}] \end{cases}$		Прогресивного: $\Delta L_{Н./В.}^{\{Q\}} \equiv 0 \quad (6)$		
Загальне сальдо об'єкта (сукупного пересування)			$\Delta L^{\{Q\}} \equiv \Delta L_{Н./В.}^{\{Q\}}$ або $\Delta L^{\{Q\}} \equiv \Delta L_{Б./Н.}^{\{Q\}}$	
Після-компенсаційний	Перше	$\begin{cases} L_{p0}^{[q]} = L_{p0} \\ L_{p0}^{[q]} = L_{3p} + L_{3p}^{(1)} + \dots + L_{3p}^{(q)} + L_{Пн.p} + L_{Пн.p}^{(1)} + \dots + L_{Пн.p}^{(q)} \end{cases}$	Регресивного: $L_{Б./Н.}^{[q]} = L_{Пв.}^{[q]} - L_{Вн.}^{[q]}$	
		$\begin{cases} L_{p0}^{[q]} = L_{p0} \\ L_{p0}^{[q]} = L_{3p} + L_{3p}^{(1)} + \dots + L_{3p}^{(q)} + L_{Пн.p} + L_{Пн.p}^{(1)} + \dots + L_{Пн.p}^{(q)} \end{cases}$	Прогресивного: $L_{Н./В.}^{[q]} = L_{Пн.}^{[q]} - L_{Вв.}^{[q]}$	
	Друге	$L_{Він.}^{[Q]} = L_{Пв.j}^{[Q]} = 0 \xleftrightarrow{\forall N^q=1, N, q=1, Q} l_{N^q1}^{(q)} \geq l_{N^q0}^{(q)} \quad (7)$	$\Delta L^{[q]} = L_{Б./Н.}^{[q]} + L_{Н./В.}^{[q]}$	
		$L_{Вів.}^{[Q]} = L_{Пн.j}^{[Q]} = 0 \xleftrightarrow{\forall N^q=1, N, q=1, Q} l_{N^q1}^{(q)} \leq l_{N^q0}^{(q)} \quad (8)$		
Загальне сальдо об'єкта (сукупного пересування)			$\Delta L^{[q]} = L_{Б./Н.}^{[q]} + L_{Н./В.}^{[q]}$	
Теорема «по компенсуванню наслідків міжрівневого заміщення». Якщо за умов (1)-(8) процедури компенсування не очікуваних змін ознаки, виконаної за Q компенсаційні цикли, мало місце відповідно повне або часткове компенсування втрат (поповнення) об'єкта, обумовлених регресивним (прогресивним) пересуванням його одиниць, завданім зовнішнім керуючим впливом на цей об'єкт, а по результатах процедури був складений після-компенсаційний баланс, то є справедливими наступні твердження:			1) $\Delta L^{[q]} = \Delta L + \Delta L^{(1)} + \Delta L^{(2)} + \dots + \Delta L^{(q)}$ ; 2) $\Delta L^{[Q]} = \Delta L + \Delta L^{\{Q\}}$ , де $\Delta L^{\{Q\}} = \sum_{q=1}^Q \Delta L^{(q)}$ ; 3) $\Delta L_{Б./Н.}^{[q]} > \Delta L_{Н./В.}^{[q]} \Rightarrow \Delta L^{[q]} < 0$ ; $\Delta L_{Б./Н.}^{[q]} < \Delta L_{Н./В.}^{[q]} \Rightarrow \Delta L^{[q]} > 0$ .	

Компенсаційний баланс є визначальним для трансформування рівневої структури об'єкта з до-компенсаційної в після-компенсаційну, а кожен його компенсаційний цикл має бути представлений окремою компенсаційною матрицею. Для цього в її I-у квадранті треба розмістити нові значення  $n_{ij}^{(q)}$  чисельності міжрівневих пересувань, завданих повторним керуючим впливом на одиниці об'єкта. Аналогічно, через новостворені вихідні

дані  $\{n_{ij}^{Q}\}$  і  $\{n_{ij}^{[q]}\}$ , будуються балансово-розрахункові матриці, що відповідно представляють узагальнений компенсаційний баланс, складений за  $Q$  компенсаційних циклів, і після-компенсаційний баланс, складений за кожен компенсаційний цикл.

В основу кількісної оцінки ефективності процедури компенсування втрат (поповнення) об'єкта покладено визначення в кожному компенсаційному циклі однойменного коефіцієнта  $K_{\frac{К.В.}{К.Н.}}^{[q]}$  ( $K_{\frac{К.Н.}{К.В.}}^{[q]}$ ), який оцінює повноту їх компенсування. Його можна визначити як частку від ділення величини компенсованого сальдо не очікуваного пересування одиниць об'єкта за напрямом, регресивного (перший вираз) і регресивного (другий вираз) відповідно, на величину сальдо пересування цих же одиниць, обчисленого на початок компенсування:

$$K_{\frac{К.В.}{К.Н.}}^{[q]} = \left( \Delta L_{\frac{Н.}{Н.}} - \Delta L_{\frac{В.}{Н.}}^{[q]} \right) : \Delta L_{\frac{Н.}{Н.}}; \quad (9)$$

$$K_{\frac{К.Н.}{К.В.}}^{[q]} = \left( \Delta L_{\frac{Н.}{В.}} - \Delta L_{\frac{Н.}{В.}}^{[q]} \right) : \Delta L_{\frac{Н.}{В.}}. \quad (10)$$

Величина компенсованого сальдо в чисельнику дробу визначається як різниця докомпенсаційного та післякомпенсаційного сальдо.

Шуканий коефіцієнт – величина додатна та не перевищує одиницю, якщо компенсування мало місце. За повного (100-процентного) компенсування коефіцієнт дорівнює одиниці, тому що після-компенсаційне сальдо дорівнює нулю:  $\Delta L_{\frac{В.}{Н.}}^{[q]} = 0$  або  $\Delta L_{\frac{Н.}{В.}}^{[q]} = 0$ . Якщо компенсування є частковим, чисельник дробу та значення коефіцієнта є більшим ніж 0 і меншим ніж 1.

Якщо компенсування втрат (поповнення) не відбувається, тобто  $\Delta L_{\frac{В.}{Н.}} \geq \Delta L_{\frac{В.}{Н.}}^{[q]}$  ( $\Delta L_{\frac{Н.}{В.}} \leq \Delta L_{\frac{Н.}{В.}}^{[q]}$ ), то відповідні коефіцієнти не є додатними.

Можна запропонувати ще один показник ефективності процедури компенсування втрат або поповнення об'єкта – загальний коефіцієнт ефективності процедури компенсування, який оцінює її результат загалом і водночас визначає факт перетворення загального сальдо об'єкта з втрат на поповнення або зворотню:

$$K_{\text{еф.к.}}^{[q]} = (\Delta L - \Delta L^{[q]}) : \Delta L. \quad (11)$$

Цей коефіцієнт також є додатним, але може бути як менше, так і більше одиниці. Якщо нерівновеликі до- та після-компенсаційне сальдо об'єкта мають однакову природу, обидві величини кваліфікуються як втрати або поповнення, коефіцієнт є меншим ніж 1, а якщо до-компенсаційне сальдо, визначене як втрати (поповнення), трансформується в після-компенсаційне сальдо, що являє собою поповнення (втрати), коефіцієнт є більшим ніж 1. Цей коефіцієнт дорівнюватиме одиниці, якщо абсолютні значення після-компенсаційного сальдо пересувань за напрямом, регресивного ( $\Delta L_{\frac{В.}{Н.}}^{[q]}$ ) та прогресивного ( $\Delta L_{\frac{Н.}{В.}}^{[q]}$ ), стають однаковими й тоді загальне після-компенсаційне сальдо об'єкта ( $\Delta L^{[q]}$ ) дорівнює нулю. Якщо компенсування втрат (поповнення) не відбувається, тобто  $\Delta L \geq \Delta L^{[q]}$  ( $\Delta L \leq \Delta L^{[q]}$ ), то цей коефіцієнт не є додатними.

Відповідно до запропонованої схеми компенсування результатом процедури можуть бути частково або повністю компенсовані втрати (поповнення) об'єкта. Тобто цей результат з погляду на його очікування є ймовірнісним і для гарантованого (100 %-го) повного компенсування втрат або поповнення об'єкта, свідченням чого є виконання рівності (7) або (8), пропонується інша схема. Дамо їй однойменну назву «схема повного компенсування втрат (поповнення) об'єкта». Вона передбачає виконання таких дій: одиниці об'єкта, які, будучи підданими компенсаційному впливу в тому чи іншому компенсаційному циклі,

не зазнали не очікуване регресивне (прогресивне) пересування, однак опинилися на рівні, що є нижчим (вищим) у порівнянні з їх до-компенсаційним рівнем у стані об'єкта «до», мають піддаватися компенсаційному впливу до тих пір, поки не опиняться на рівні, який є не нижче (не вище), ніж цей їх докомпенсаційний рівень.

Незалежно від того, яку схему або комбінацію схем застосовувати для компенсування витрат (поповнення) об'єкта, встановити заздалегідь кількість компенсаційних циклів ( $Q$ ) не уявляється можливим, бо вона залежить насамперед від характеристик керуючого впливу на об'єкт і від сприйнятливості одиниць останнього до цього впливу. Але, безумовно, кількість циклів обмежена умовами проведення процедури компенсування.

**Висновки відповідно до статті.** Процедура компенсування й оцінка його ефективності – це логічний результат розвитку методики міжрівневого балансу в напрямку її практичного застосування. В інформаційних системах – це підвищення ефективності організації процесів з даними щодо управління їх продуктивністю, швидкодією, енергомісткістю в задачах зберігання, обробки та передачі інформації. Запропонована процедура не враховує характеристики керуючого впливу, а тому один і той же самий результат може бути отриманий за різну кількість компенсаційних циклів, а її зростання призводить до збільшення ресурсних витрат. Тому перспективною є оптимізація процедури компенсування через характеристики керуючого впливу.

#### Список використаних джерел

1. Терехов Л. Л. Экономико-математические методы. Москва : Статистика, 1968. 360 с.
2. Статистика : підручник / С. С. Герасименко, А. В. Головач, А. М. Єріна [та ін.] ; за наук. ред. д-ра екон. наук С. С. Герасименка. 2-ге вид., перероб. і доп. Київ : КНЕУ, 2000. 467 с.
3. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления / пер. с англ. Б. И. Копылова. Москва : Лаборатория базовых знаний, 2002. 832 с.
4. Економіко-математичне моделювання : навчальний посібник / за ред. О. Т. Івашука. Тернопіль : ТНЕУ «Економічна думка», 2008. 704 с.
5. Новиков Ф. А. Дискретная математика для программистов : учебник для вузов. 3-е изд. Санкт-Петербург : Питер, 2009. 384 с.
6. Поляков В. И., Скорубский В. И. Основы теории алгоритмов. Санкт-Петербург : СПб НИУ ИТМО, 2012. 51 с.
7. Ильин А. В., Емельянов С. В., Фомичёв В. В., Фурсов А. С. Математические методы теории управления. Проблемы устойчивости, управляемости и наблюдаемости. Москва : Физматлит, 2014. 200 с.
8. Попов А. М., Сотников В. Н. Экономико-математические методы и модели: учебник для прикладного бакалавриата / под общ. ред. А. М. Попова. 3-е изд. испр. и доп. Москва : Издательство Юрайт, 2015. 345 с.
9. Стивенс Род. Алгоритмы. Теория и практическое применение. Москва : Издательство «Э», 2016. 544 с.
10. Дубягін О. Б. Модель міжрівневого балансу: агрегатна форма. *Технічні науки та технології* : науковий журнал. 2018. № 3 (13). С. 96–104.

#### References

1. Terekhov, L. L. (1968). *Ekonomiko-matematicheskie metody* [Economic and mathematical methods]. Moscow : Statistika [in Russian].
2. Herasyenko, S. S. (Ed.). (2000). *Statystyka* [Statistics]. Kiyv : KNEU [in Ukrainian].
3. Dorf, R., Bishop, R. (2002). *Sovremennye sistemy upravleniia* [Modern control systems]. Moscow : Laboratoriia bazovykh znaniia [in Russian].
4. Ivashchuk, O. T. (Ed.). (2008). *Ekonomiko-matematychni modeliuvannia* [Economic and mathematical modeling]. Ternopil : TNEU «Ekonomichna dumka» [in Ukrainian].
5. Novikov, F. A. (2009). *Diskretnaia matematika dlia programmistov* [Discrete Mathematics for Programmers]. St. Petersburg : Piter [in Russian].
6. Poliakov, V. I. (2012). *Osnovy teorii algoritmov* [Fundamentals of the Theory of Algorithms]. St. Petersburg : SPb NIU ITMO [in Russian].



7. Ilin, A. V., Emelianov, S. V., Fomichev, V. V., Fursov, A. S. (2014). *Matematicheskie metody teorii upravleniia. Problemy ustoichivosti, upravliaemosti i nabliudaemosti [Problems of stability, controllability and observability]*. Moscow : Fizmatlit [in Russian].
8. Popov, A. M. (Ed.). (2015). *Ekonomiko-matematicheskie metody i modeli [Economic and mathematical methods and models]*. Moscow : Izdatelstvo Yurait [in Russian].
9. Stivens, Rod. *Algoritmy. Teoriia i prakticheskoe primenenie [Algorithms. Theory and practical application]*. Moscow : Izdatelstvo «E» [in Russian].
10. Dubiagin, O. B. (2018). *Model mizhrivnevoho balansu: ahrehatna forma [Inter-level balance model: aggregate form]*. Chernihiv : ChNTU [in Ukrainian].

UDC 311+512

Alexander Dubiagin, Volodymyr Guryev, Irina Firsova

## COMPENSATION OF THE CONSEQUENCES OF INTER-LEVEL SUBSTITUTION: PROCEDURE, EFFICIENCY

**Urgency of the research.** *The consequences of the control action on the object, the change in the structure of which is represented by the inter-level balance model, can be formulated in the form of object losses (replenishment) on the attribute measured in its units in the ratio scale. Therefore, the task of creating a procedure for regulating losses (replenishment) of an object is urgent.*

**Target setting.** *Existing evaluation methods do not take into account the factor of movement of object units from one level of the characteristic to another, which made the structural analysis of the results of the impact incomplete.*

**Actual scientific researches and issues analysis.** *The theoretical basis of the compensation procedure, which is considered for the first time, is the notion of "inter-level substitution", a model and a system of inter-level balance indicators.*

**Uninvestigated parts of general matters defining.** *Model and system of indices of the inter-level compensation balance.*

**The research objective.** *Determine the prerequisites for applying and the criteria for the effectiveness of the procedure, select a scheme and create an appropriate compensation mechanism, formulate rules for compiling a compensation balance and indicators of compensation effectiveness.*

**The statement of basic materials.** *Repeatedly changing the level structure of the object, you can adjust its loss (replenishment): completely get rid of, soften or strengthen. The consequences of the impact are characterized by the absolute balance of the object's units inter-level movement. Adjust the amount of the balance is offered by reducing the component, due to the not expected movement of the object's units, that is, by increasing or decreasing the proportion of losses or replenishment in their amount. The procedure for compensation of the object losses (replenishment) is accompanied by the compilation of a compensation balance in aggregate form.*

**Conclusions.** *The procedure does not take into account the characteristics of the impact, therefore the same result can be obtained for a different number of compensation cycles. Its growth is associated with an increase in resource costs. Therefore, it is promising to optimize the procedure through the characteristics of the impact.*

**Keywords:** *control action; coefficient of efficiency; compensation balance; inter-level substitution; structured object.*

*Table: 1. Fig. 2. Bibl.: 10.*

**Дубягін Олександр Борисович** – кандидат технічних наук, доцент, м. Чернігів, Україна.

**Dubyagin Alexander** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Chernihiv, Ukraine.

**E-mail:** [aleksandrdubagin@gmail.com](mailto:aleksandrdubagin@gmail.com)

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-9512-242X>

**ResearcherID:** G-9774-2014

**Гур'єв Володимир Іванович** – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри кібербезпеки та математичного моделювання, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

**Guryev Volodymyr** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Cybersecurity and Mathematical Modeling Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** [guryev54@ukr.net](mailto:guryev54@ukr.net)

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-9507-5408>

**ResearcherID:** G-9807-2016

**Фірсова Ірина Валеріївна** – старший викладач кафедри інформаційних та комп'ютерних систем, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

**Firsova Irina** – Senior Lecturer of Information and Computer Systems Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** [I.firsova@ukr.net](mailto:I.firsova@ukr.net)

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-1126-1516>

**ResearcherID:** R-4243-2016