

## **ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТУ ВІД ОПЕРАТИВНОГО ФОРМУВАННЯ ДВОГРУПНИХ ПОЇЗДІВ НА БАЗІ ОДНОГРУПНИХ ПРИЗНАЧЕНЬ**

**О. О. Мазуренко**

*Розглянуто вплив оперативного формування двогрупних поїздів на витрати по організації вагонопотоків у поїзди на залізничному напрямку. Визначено критерій оцінювання рішення про формування двогрупного поїзда та розроблено методика його застосування.*

*Ключові слова: вагонопотік, оперативне формування, двогрупний поїзд*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТА ОТ ОПЕРАТИВНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ДВУГРУППНЫХ ПОЕЗДОВ НА БАЗЕ ОДНОГРУППНЫХ НАЗНАЧЕНИЙ**

**А. А. Мазуренко**

*Рассмотрено влияние оперативного формирования двугруппных поездов на затраты по организации вагонопотоков в поезда на железнодорожном направлении. Определен критерий оценивания решения о формировании двугруппного поезда и разработана методика его применения.*

*Ключевые слова: вагонопоток, оперативное формирование, двугруппный поезд*

## **DEFINING THE EFFECT OF THE MAKING-UP THE TWO-UNIT TRAINS ON THE BASIS OF THE SINGLE-UNIT DESTINATIONS**

**A. A. Mazurenko**

*There was researched the effect of the making-up the two-unit trains under the operative conditions onto the expenses on organization of the wagonflows into the trains on the railway direction. The criterion of the decision making concerning the making-up the two-unit trains was defined. The method of its usage was developed.*

*Key words: wagonflow, operative making-up the trains, two-unit trains*

### **Вступ**

Організація вагонопотоків у поїзди на залізничному транспорті України виконується у відповідності до плану формування поїздів (ПФП), який розробляється щорічно і діє на протязі всього року. У зв'язку з тим, що процесу накопичення властива нерівномірність надходження вагонів на різні призначення ПФП, виникає необхідність оперативного коригування існуючого ПФП.

Пристосування плану формування до змінних експлуатаційних умов роботи залізниці та напрямків мережі вимагає більш широкого застосування гнучких схем регулювання вагонопотоків, змінних режимів роботи станцій та дільниць.

## **Постановка задачі**

Мета цієї статті – визначити наявність та величину ефекту від оперативного коригування ПФП за рахунок оперативного формування двогрупних поїздів на базі попутних одnogрупних призначень.

## **Аналіз досліджень і публікацій**

Формування групових поїздів, оперативний перерозподіл роботи між станціями в межах напрямку або залізниці є основними засобами для забезпечення гнучкості організації перевезень. У роботах [1-3] запропонована методика та наведені результати розрахунків з оперативного призначення групових поїздів замість одnogрупних без відміни діючого ПФП. Результати досліджень показали, що такий підхід дозволяє суттєво скоротити простій вагонів під накопиченням. В роботі [4] удосконалення технології коригування ПФП пропонується за рахунок погодженої організації групових поїздів оперативного призначення. Але, на жаль, в даних роботах відсутня методика оцінювання прийнятих рішень щодо коригування ПФП та результати впливу даних заходів на техніко-економічні показники роботи станцій та залізничних напрямків.

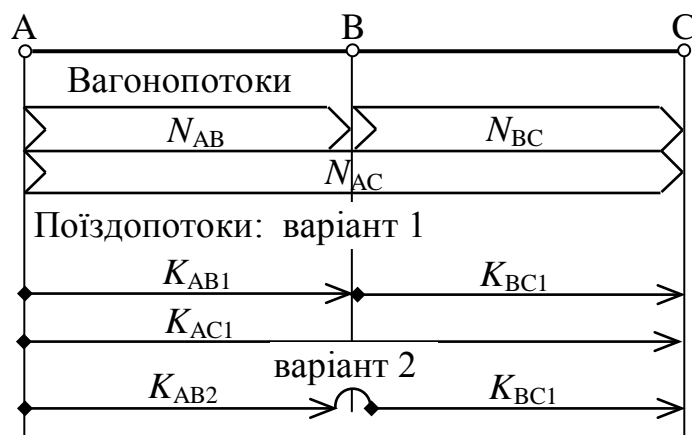
Прийняття рішення про формування двогрупного поїзда з вагонів попутних призначень повинно базуватися на забезпеченні економії витрат у порівнянні з формуванням окремих одnogрупних поїздів даних призначень. На даний момент методика оцінки такого рішення в оперативних умовах відсутня і потребує розробки. Методика повинна базуватися на критерії, який повинен показувати наявність або відсутність ефекту від прийнятого рішення.

В останні роки все більше науковців вважають, що оцінювати прийняті рішення необхідно в грошовому еквіваленті. Так в роботі [5] рекомендується оцінювати варіанти ПФП спочатку за експлуатаційними показниками, а потім обирати найбільш економний варіант за сумарними витратами на організацію та просування вагонопотоків. В роботі [6] для вибору раціональної організації вагонопотоків пропонується, разом з іншими критеріями, використовувати вартісну оцінку конкурентоспроможних варіантів.

## **Результати досліджень**

Для дослідження впливу оперативного формування двогрупних поїздів на базі одnogрупних призначень на окремі показники роботи технічних станцій та залізничного напрямку в цілому, а також визначення ефекту від оперативного коригування ПФП, було створено імітаційну модель роботи залізничного напрямку. При моделюванні роботи технічних станцій, зокрема при моделюванні процесу накопичення составів на обрані призначення ПФП, враховувався випадковий характер надходження вагонів.

Схема залізничного напрямку, на прикладі якої було виконано дослідження, та варіанти організації вагонопотоків наведені на рис.1.



Умовні позначення:

$N_{AB}, N_{BC}, N_{AC}$  – розміри вагонопотоків;

$K_{AB1}, K_{AC1}, K_{BC1}$  – кількість одноступінних поїздів;

$K_{AB2}$  – кількість двогрупних поїздів.

Рис.1. Схема залізничного напрямку та варіанти організації вагонопотоків у поїзди.

Вихідні дані до моделювання наведені в табл.1. Технологія обробки поїздів різних категорій та їх тривалість прийнято відповідно до технологічних процесів технічних станцій, що входять до складу обраного залізничного напрямку.

Таблиця 1

### Вихідні дані до моделювання

Найменування елементів	Позначення	Одиниця виміру	Числове значення
Кількість вагонів у складі поїзда	$m$	вагони	50
Вагонопотік із А призначенням на станцію С	$N_{AC}$	вагони	200
Вагонопотік із А призначенням на станцію В	$N_{AB}$	вагони	200
Вагонопотік із В призначенням на станцію С	$N_{BC}$	вагони	200
Витратна ставка на 1 вагоно-годину	$e_{вг}$	грн	3,67
Витратна ставка на 1 локомотиво-годину маневрової роботи	$e_{мл}$	грн	82,1
Витратна ставка на 1 локомотиво-годину простою поїзного локомотива	$e_{пл}$	грн	148,8

На основі наведених вище вихідних даних було виконано моделювання роботи станцій залізничного напрямку А–В–С. У якості результатів фіксувалися наступні показники роботи станцій А та В за період роботи протягом одного року:

- кількість поїздів по категоріям (одноступінні, двогрупні);
- сумарні вагоно-години знаходження вагонів кожного призначення;
- обсяг маневрової роботи;
- тривалість знаходження поїзних локомотивів на станції В;
- сумарні витрати пов'язані з організацією вагонопотоків.

Для виявлення впливу оперативного формування двогрупних поїздів на окремі показники роботи технічних станцій А та В було виконано моделювання

роботи з організації вагонопотоків на залізничного напрямку. Рішення про оперативне формування двогрупного поїзду приймалося на основі лише прогнозу надходження вагонів за період  $T_{пл}$  та кількості вагонів на сортувальних коліях кожного з обраних попутних призначень станції А за наступною методикою:

1. визначається кількість вагонів на сортувальній колії кожного з обраних призначень ( $R_{AB}, R_{AC}$ ) станції А в момент часу  $\Theta$ ;
2. визначається прогнозна кількість вагонів ( $P_{AB}, P_{AC}$ ), яка надійде на кожне з призначень за період  $T_{пл}$ ;
3. рішення про формування двогрупного поїзду приймається у випадку виконання наступних умов:

$$R_{AB(\Theta)} + R_{AC(\Theta)} \geq m, R_{AB(\Theta)} + P_{AB} < m, R_{AC(\Theta)} + P_{AC} < m,$$

де  $m$  – состав поїзда.

Розглянемо вплив фактору  $T_{пл}$  на окремі показники роботи кожної технічної станції залізничного напрямку. При дослідженні, для виконання обміну груп вагонів на попутній технічній станції В, застосовувалась адаптивна технологія, тобто в залежності від оперативного стану станції (кількості вагонів призначення С) визначається раціональна технологія обміну груп, яка забезпечує мінімальні витрати.

На рис.2 наведено залежність кількості сформованих поїздів за категоріями від періоду планування оперативної роботи.

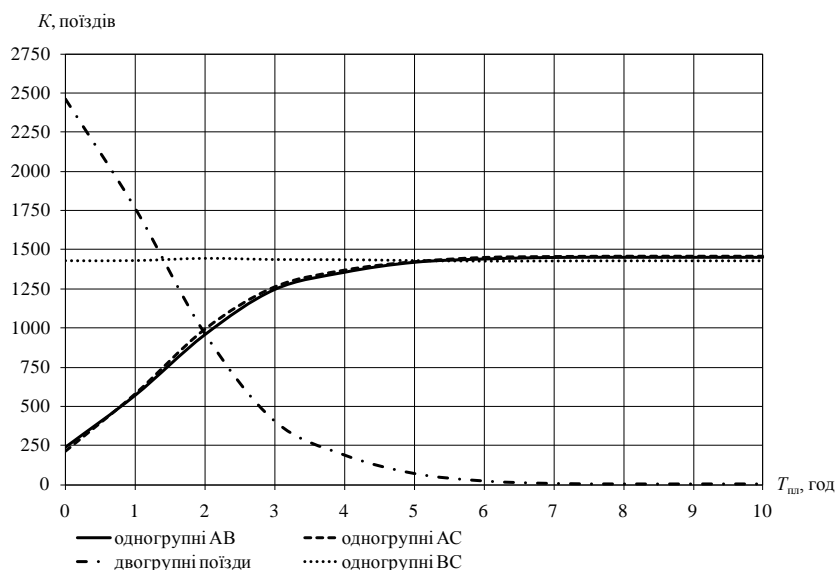


Рис.2. Залежність кількості сформованих одногрупних та двогрупних поїздів від періоду планування

З рис.2 видно, що збільшення періоду  $T_{пл}$  призводить до зменшення кількості двогрупних і збільшення кількості одногрупних поїздів на станції А.

Це, відповідно, впливає на тривалість простою вагонів, поїзних локомотивів і обсяг маневрової роботи. Залежність загального простою вагонів окремих попутних призначень В та С від  $T_{пл}$  наведена на рис.3.

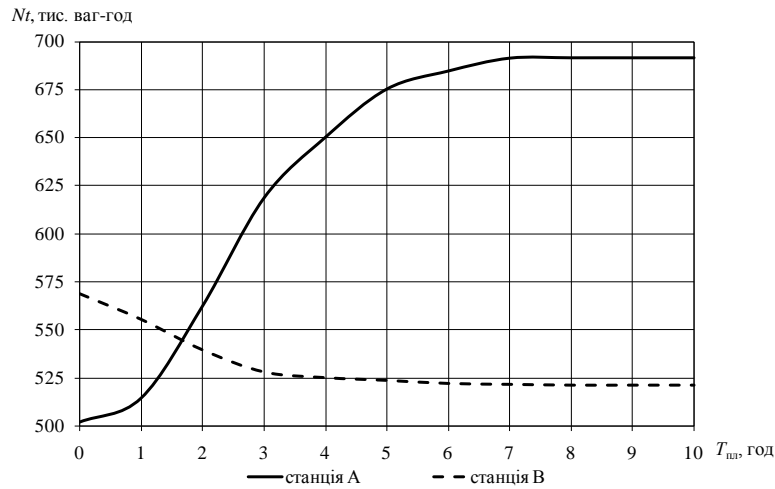


Рис.3. Залежність загальних вагоно-годин простою вагонів призначень В та С від періоду планування

При збільшенні періоду планування простій вагонів на станції А збільшується, а на станції обміну груп – зменшується. Це пов'язано зі зменшенням кількості двогрупних поїздів, що формуються.

Формування двогрупного поїзда потребує більших затрат маневрової роботи, яка пов'язана з необхідністю з'єднання груп вагонів на головній станції А, необхідністю виконання обміну груп вагонів на попутній станції В. На рис.4 наведено залежність зміни обсягу маневрової роботи від періоду планування  $T_{пл}$  для кожної станції.

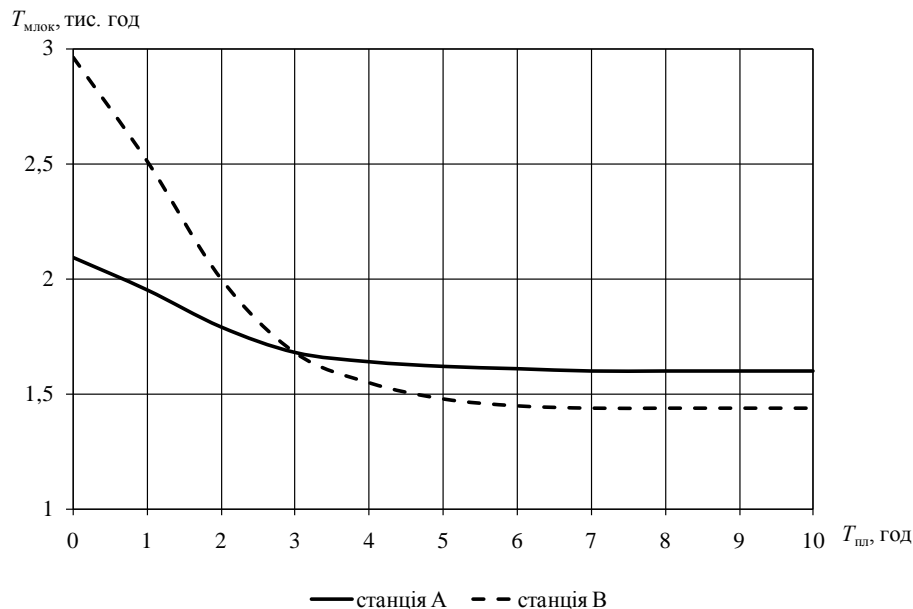


Рис.4. Залежність обсягу маневрової роботи на станціях залізничного напрямку від періоду планування

Простій поїзних локомотивів на станції А не залежить від кількості одногрупних та двогрупних поїздів, що формуються, адже він пов'язаний лише з виконанням технологічних операцій по відправленню поїздів.

Між кількістю двогрупних поїздів, що прибувають на станцію В, та тривалістю знаходження поїзних локомотивів (у випадку коли на станції відсутня зміна локомотивів у транзитних поїздів) існує залежність, яка наведена на рис.5.

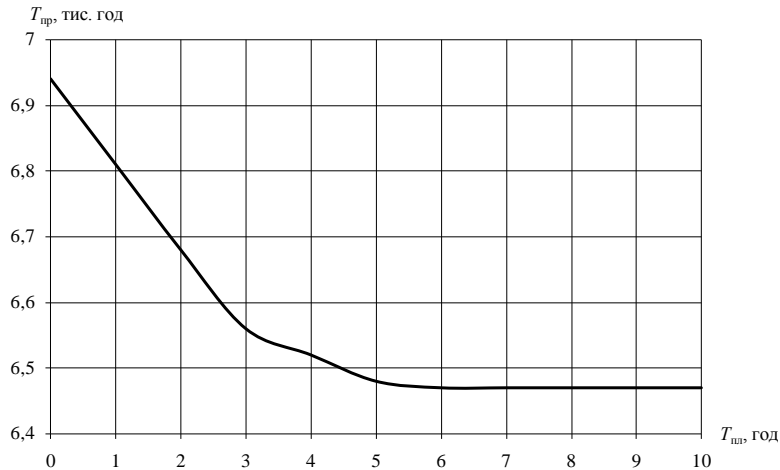


Рис.5. Залежність простою поїзних локомотивів на станції В від періоду планування

Аналіз даної залежності показує, що при збільшенні величини періоду планування простої поїзних локомотивів зменшується. Це відбувається за рахунок зменшення кількості двогрупних поїздів, що прибувають на станцію В.

Таким чином, зі зміною кількості одногрупних та двогрупних поїздів одні показники роботи станції обміну груп покращуються, а інші - погіршуються. Це відображається на загальних витратах, пов'язаних з організацією вагонопотоків призначень В та С у поїзди. Характер зміни загальних витрат станцій, пов'язаних з обробкою вагонів призначень В та С, від величини періоду планування наведено на рис. 6.

Отримані дані свідчать, що мінімальний рівень річних витрат станції А становить 2 144,94 тис. грн при  $T_{пл} = 0$  годин, тобто при формуванні тільки двогрупних поїздів. Збільшення величини  $T_{пл}$  призводить до підвищення загальних витрат за рахунок збільшення тривалості простою вагонів під накопиченням. Для станції обміну груп вагонів спостерігається зворотня тенденція, тобто мінімальні витрати (2 994,49 тис. грн) забезпечуються у випадку мінімальної кількості двогрупних поїздів, тобто при  $T_{пл} = 8$  годин та більше.

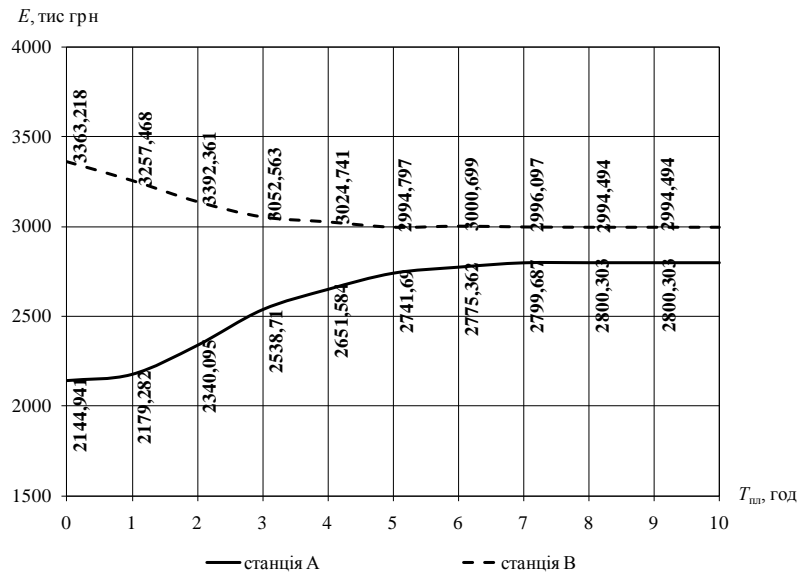


Рис.6. Залежність експлуатаційних витрат на організацію вагонопотоків від періоду планування

Отже, опираючись тільки на сумарні витрати та значення показників роботи головної станції, робити однозначний висновок про доцільність формування окремої категорії поїздів неможливо. Адже для досягнення максимально ефекту від оперативного формування двогрупних поїздів на базі одnogрупних призначень необхідно розглядати залізничний напрямок у цілому, тобто необхідно враховувати ті витрати, які пов'язані з організацією обміну груп вагонів на попутній технічній станції. На рис. 7 наведено залежність сумарних витрат для всього залізничного напрямку на організацію вагонопотоків у поїзди, з використанням оперативного формування двогрупних поїздів, від періоду планування.

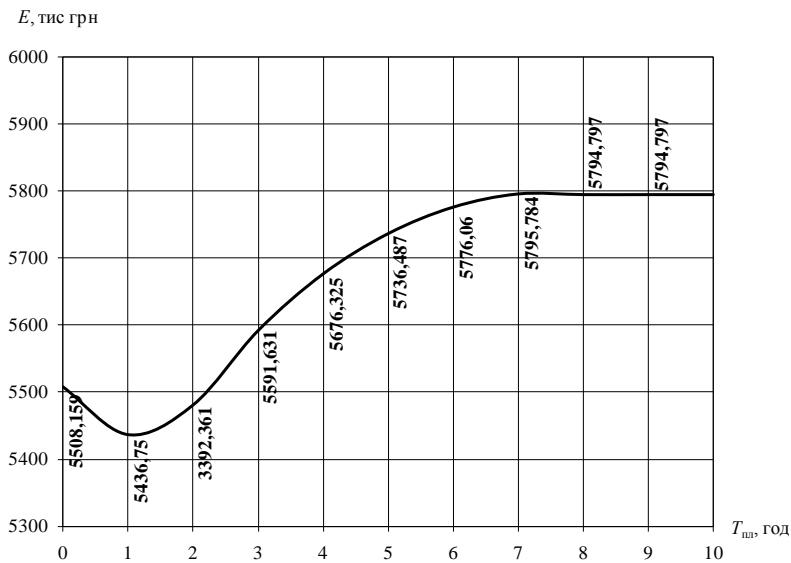


Рис.7. Залежність експлуатаційних витрат по організації вагонопотоків на напрямку А–В–С від періоду планування

Аналіз наведеної вище залежності показує, що мінімальні витрати, для всього напрямку вцілому, забезпечуються при оперативному призначенні двогрупних поїздів з урахуванням прогнозу надходження вагонів на обрані попутні призначення ПФП на 1 годину вперед. Отже оперативне призначення двогрупних поїздів на базі окремих попутних призначень є ефективним, при цьому ефект, для наведених даних, складає близько 361 тис. грн на рік відносно формування лише одnogрупних поїздів двох попутних призначень ПФП.

Підвищити ефект можливо за рахунок застосування критерію для оцінювання оперативного рішення щодо формування двогрупного поїзда на базі попутних одnogрупних призначень ПФП. Тобто, прийняте рішення вважається раціональним, якщо забезпечується:

$$\Delta = E_{\text{од}} - E_{\text{дв}} > 0 \quad (1)$$

$$\text{за умови } m_{\text{я}} + m_{\text{ПГВ}} = m,$$

де  $E_{\text{од}}$  – повні витрати, пов'язані з організацією одnogрупних поїздів на головній станції та обслуговуванням їх на попутній технічній станції;

$E_{\text{дв}}$  – повні витрати, пов'язані з формуванням двогрупного поїзда на головній станції та виконанням обміну груп на попутній технічній станції;

$m_{\text{я}}$  – кількість вагонів ядра двогрупного поїзда;

$m_{\text{ПГВ}}$  – кількість вагонів у причіпній групі двогрупного поїзда.

При застосуванні кожного з варіантів організації вагонопотоків (формування одnogрупних або двогрупних поїздів) експлуатаційні показники роботи головної і попутної технічних станцій залізничного напрямку можуть відрізнитися. Відмінності виникають у наступних складових:

- вагоно-години простою вагонів під накопиченням;
- вагоно-години простою під час формування, причеплення, відчеплення, розформування груп вагонів;
- обсяг маневрової роботи, пов'язаний з формуванням, з'єднанням, причепленням, відчепленням, розформуванням груп вагонів;
- тривалість простою поїзних локомотивів.

Повні витрати по формуванню та просуванню окремої категорії поїзда на залізничному напрямку включають в себе витрати на головній станції та станції обміну груп вагонів. Кожна зі складових формули (1) може бути визначена за формулою:

$$E = e_{\text{вг}} \cdot \sum Nt + e_{\text{мл}} \cdot \sum Mt_{\text{ман}} + e_{\text{пл}} \cdot \sum \dots, \quad (2)$$

де  $e_{\text{вг}}$  – витратна ставка, віднесена на 1 вагоно-годину простою вагонів на станції;

$e_{\text{мл}}$  – витратна ставка, віднесена на 1 локомотиво-годину маневрової роботи;

$e_{\text{пл}}$  – витратна ставка, віднесена на 1 локомотиво-годину простою поїзних локомотивів на станції;

$\sum Nt$  – сумарні вагоно-години простою вагонів на головній станції та станції обміну груп вагонів;

$\sum Mt_{\text{ман}}$  – сумарні локомотиво-години маневрової роботи на головній станції та станції обміну груп вагонів;

$\sum Mt_{пл}$  – сумарні локомотиво-години простою поїзних локомотивів на головній станції та станції обміну груп вагонів.

Визначення повних витрат є складною задачею, вирішення якої потребує точного знання тривалості знаходження поїзда на кожній з технічних станцій ще на стадії прийняття оперативного рішення, що є неможливим через стохастичність системи.

Для зменшення обсягів розрахунків по визначенню витрат, пов'язаних із включенням вагонів ядра та ПГВ до складу кожної з категорій поїздів, раціональним є врахування лише відмінностей для складових формули (1), отже вона набуває наступного вигляду:

$$\Delta = e_{вг} \sum W_{ек} - e_{мл} \sum \Delta Mt_{ман} - e_{пл} \sum \Delta Mt_{пл}, \quad (3)$$

де  $\sum W_{ек}$  – сумарна економія вагоно-годин простою на головній станції та станції обміну груп. При цьому  $\sum W_{ек} = \sum W_{од} - \sum W_{дв}$ ;

$\sum \Delta Mt_{ман}$  – сумарні додаткові витрати роботи маневрових локомотивів на головній станції та станції обміну груп, пов'язані з обслуговуванням двогрупного поїзда;

$\sum \Delta Mt_{пл}$  – сумарний додатковий простій поїзного локомотива на станції обміну груп, пов'язаний з обслуговуванням двогрупного поїзда.

Для можливості оцінювання рішення щодо формування окремого двогрупного поїзда в оперативному режимі, при застосуванні критерію розроблено відповідну методику.

Зміст даної методики полягає в наступному:

1) за допомогою прогнозних даних надходження вагонів на головну станцію залізничного напрямку визначається період, за який відбудеться завершення накопичення одногрупного поїзда на кожне з попутних призначень;

2) визначається кількість вагонів у кожній з груп двогрупного поїзда;

3) розрахунками визначається економія вагоно-годин простою  $W_{ек}$  на головній станції тих призначень, вагони яких планується включити до складу двогрупного поїзда, у випадку його формування. Для цього застосовуються формули, отримані автором в [7];

4) визначається раціональна технологія обміну груп вагонів на попутній технічній станції з урахуванням складу двогрупного поїзда та можливого стану станції на момент його надходження;

5) за допомогою критерію  $\Delta$  визначається економія витрат, пов'язаних з формуванням двогрупного поїзда;

6) при виконанні умов  $\Delta > 0$  прийняте рішення щодо формування двогрупного поїзда є ефективним.

Для визначення величини ефекту від застосування критерію для оцінювання оперативного рішення щодо формування двогрупного поїзда, з використанням імітаційної моделі, було виконано дослідження для вихідних даних, які наведені в табл. 1.

Для можливості порівняння в табл. 2 наведено результати моделювання при формуванні лише одноступінних поїздів на обрані призначення, при формуванні двогрупних поїздів на основі застосування, у якості критерію оцінювання доцільності формування двогрупного поїзда, періоду планування  $T_{пл}$ , та при формуванні двогрупних поїздів із застосуванням критерію  $\Delta$ .

Таблиця 2

**Результати моделювання роботи залізничного напрямку**

Техніко-експлуатаційні показники		існуючий ПФП	критерій $T_{пл}=1$ год	критерій $\Delta$
Кількість сформованих поїздів	$K_{AB}$	1453	570	787
	$K_{AC}$	1459	580	905
	$K_{ABC}$	0	1763	1220
	$K_{BC}$	1427	1429	1099
$\sum Nt$ , тис. ваг-год	$\sum Nt_A$	691,75	514,65	542,48
	$\sum Nt_B$	521,48	555,47	521,54
	$\sum Nt_{AB}$	1213,23	1070,12	1064,02
Тривалість роботи маневрового локомотива, тис. лок-год	$Mt_{манA}$	1,6	1,95	1,85
	$Mt_{манB}$	1,44	2,51	2,39
Тривалість простою поїзного локомотива, тис. лок-год	$Mt_{плA}$	0,87	0,87	0,87
	$Mt_{плB}$	6,47	6,81	6,80
Річні витрати $E$ , тис. грн. за рік	станція А	2800,303	2179,282	2272,414
	станція В	2994,494	3257,468	3122,177
	сумарні	5794,797	5436,750	5394,591
Економія витрат (у порівнянні з формуванням лише одноступінних поїздів), тис. грн			<b>358,047</b>	<b>400,206</b>

Аналізуючи результати, наведені в табл.2, можна зробити наступний висновок: оперативне формування двогрупних поїздів є ефективним заходом щодо удосконалення організації вагонопотоків на залізничному напрямку. Найбільший ефект забезпечується при застосуванні критерію  $\Delta$  для оцінювання рішення про призначення кожного двогрупного поїзда.

Для перевірки стійкості отриманих результатів були виконані дослідження для вагонопотоків з іншими потужностями. Результати досліджень наведені в табл.3.

Отримані результати моделювання дозволяють зробити висновок, що оперативне формування двогрупних поїздів є ефективним для вагонопотоків з будь-якою потужністю. Але досить часто на головній станції вагонопотоки попутних призначень відрізняються своєю потужністю. На станції обміну груп вагонів також потужність вагонопотоку, з якого виконується обмін груп, може відрізнятися. Крім цього, на станції обміну груп вагонів можлива зміна поїзних локомотивів. Дослідження впливу наведених факторів на величину ефекту від застосування оперативного формування двогрупних поїздів потребує окремого, більш ґрунтовного, дослідження.

**Результати моделювання роботи залізничного напрямку для вагонопотоків з різною потужністю**

Техніко-експлуатаційні показники		$N_{AB} = N_{AC} = N_{BC}$	
		100 ваг/добу	300 ваг/добу
Кількість сформованих поїздів	$K_{AB}$	113	1595
	$K_{AC}$	148	1750
	$K_{ABC}$	1205	947
	$K_{BC}$	506	1846
$\sum Nt$ , тис. ваг-год	$\sum Nt_A$	364,75	713,82
	$\sum Nt_B$	364,53	673,20
	$\sum Nt_{AB}$	729,28	1387,02
Тривалість роботи маневрового локомотива, тис. лок-год	$Mt_{манА}$	1,05	2,55
	$Mt_{манВ}$	1,73	2,84
Тривалість простою поїзного локомотива, тис. лок-год	$Mt_{плА}$	0,44	1,29
	$Mt_{плВ}$	4,09	9,65
Річні витрати $E$ , тис. грн. за рік	станція А	1490,05	3020,70
	станція В	2088,96	4140,68
	сумарні	3579,01	7161,38
Економія витрат (у порівнянні з формуванням лише одноступінних поїздів), тис. грн		<b>497,72</b>	<b>284,46</b>

**Висновки.**

Оперативне формування двогрупних поїздів на базі попутних одноступінних призначень ПФП забезпечує економію витрат на організацію вагонопотоків у поїзди на залізничному напрямку. Застосування критерію  $\Delta$ , для оцінювання рішення про призначення кожного двогрупного поїзда, у порівнянні з  $T_{пл}$  зменшує кількість сформованих двогрупних поїздів, але підвищує ефект від їх застосування. Величина ефекту залежить від потужності даних вагонопотоків.

**БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК**

1. Покавкин, В.А. Оперативное назначение групповых поездов и использование дифференцированных масс поездов в системе оптимальной организации вагонопотоков [Текст] / В.А. Покавкин, О.Н. Мелешко // Вопросы увеличения пропускной и провозной способности железных дорог: Межвуз. тематич. сб. Ростов-на-Дону, 1985. – Вып.182. – с. 51-57.
2. Покавкин, В.А., Окипный Л.Д. Эффективность оперативной организации вагонопотоков [Текст] / В.А. Покавкин, Л.Д. Окипный // Ж.д. транспорт. - 1985. - №11. - с.13-15.
3. Покавкин, В.А. Расчеты эффективности групповой и одноступінной маршрутизации перевозок [Текст] / В.А. Покавкин // Вопросы увеличения

- пропускной и провозной способности железных дорог: Межвуз. тематич. сб. – Ростов-на-Дону, 1983. – Вып.173. – С. 19.
4. Прохорченко, А.В. Удосконалення технології корегування плану формування поїздів на основі погодженої організації групових поїздів оперативного призначення [Текст] / А.В. Прохорченко, Л.В. Корженівський // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2008. – №6/6(36). – С.37-40.
  5. Ковалев, В.И. Многокритериальная оптимизация плана формирования поездов [Текст] / В.И. Ковалев, Н.Н. Куценко, А.Т. Осьминин, И.И. Осьминина // Железнодорожный транспорт. – 2004. – №4.– С.25-26.
  6. Иловайский, Н.Д. Организация вагонопотоков в условиях рынка [Текст] / Н.Д. Иловайский, А.М. Рудых, Л.А. Каштанов // Вестник ВНИИЖТ. – 1998. – Вып. 4. – С.43-48.
  7. Божко, М.П. Розрахунок економії вагоно-годин накопичення вагонів при формуванні двогрупних поїздів [Текст] / М.П. Божко, О.О. Мазуренко // Вісник ДНУЗТ. – 2008. – Вип. 21. – С.219-222.

#### ***ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА***

Мазуренко Олександр Олександрович, асистент кафедри Станцій та вузлів, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. ак. Лазаряна, вул. Ак. Лазаряна 2, м. Дніпропетровськ, Україна, 49010.

Коло наукових інтересів: Удосконалення організації вагонопотоків на залізницях України.

Контактный тел.: (056) 373-15-20, (097) 727-58-00, e-mail: [sash\\_ok\\_ua@mail.ru](mailto:sash_ok_ua@mail.ru)