

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до проведення практичних занять
з навчальної дисципліни

**«ОРГАНІЗАЦІЯ
ТА УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ»**

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
всіх форм навчання зі спеціальності
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка,
освітньо-професійні програми «Електричний транспорт» й
«Електричні системи і комплекси транспортних засобів»)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2022

Методичні рекомендації до проведення практичних занять з навчальної дисципліни «Організація та управління на транспорті» (для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітньо-професійні програми «Електричний транспорт» й «Електричні системи і комплекси транспортних засобів») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. Н. І. Кульбашна. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 65 с.

Укладач канд. техн. наук Н. І. Кульбашна

Рецензент

С. О. Закурдай, кандидат технічних наук, доцент кафедри електричного транспорту Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою електричного транспорту, протокол № 1
від 05.02.2022*

ЗМІСТ

Практичне заняття № 1 Методика визначення сфер ефективного використання різновидів транспорту.....	4
Практичне заняття № 2 Удосконалення наряду на випуск рухомого складу.....	9
Практичне заняття № 3 Дослідження впливу місткості та кількості рухомого складу на показники якості обслуговування пасажирів і ефективності роботи маршрутів.....	13
Практичне заняття № 4 Визначення обсягу наданих транспортних послуг пасажирського транспорту.....	16
Практичне заняття № 5 Розрахунок цін за перевезення.....	18
Практичне заняття № 6 Транспортне завдання лінійного програмування...	24
Практичне заняття № 7 Умови досягнення беззбитковості транспортного підприємства.....	28
Практичне заняття № 8 Визначення залежності попиту на пасажироперевезення від ціни квитка.....	32
Практичне заняття № 9 Забезпечення ефективності транспортного процесу на підставі підвищення надійності роботи технічних засобів.....	36
Практичне заняття № 10 Оптимальний план роботи ділянки заготівельного цеху.....	44
Практичне заняття № 11 Визначення завантаженості робітника апарату управління.....	47
Практичне заняття № 12 Застосування методів експертології для прийняття рішення.....	50
Практичне заняття № 13 Визначення привабливості проекту для економіки держави.....	54
Практичне заняття № 14 Визначення привабливості інвестиційного проекту.....	57
Практичне заняття № 15 Розрахунок ризику для варіантів прийняття управлінських рішень.....	60
Список рекомендованих джерел.....	64

Практичне заняття № 1

Методика визначення сфери ефективного використання різновидів транспорту

Мета: надати відомості про визначення сфер ефективного використання порівнюваних варіантів видів транспорту графічним методом.

Вибір виду транспорту, який гарантує в певних умовах найбільшу економічну ефективність, передбачає порівняння декілька варіантів, які потребують виконання великих розрахунків. Для зменшення трудомісткості й виключення можливих помилок використовують графіки сфер ефективного використання (економічної переваги) різновидів транспорту [11].

Зрозуміло, що такі графіки не можуть враховувати усе різноманіття факторів, що характеризують умови використання різновидів транспорту в кожному конкретному випадку, але можна звести рішення до вибору найбільш доцільного варіанта за двома-трьома заданими показниками.

Пошук сфери ефективного використання різновидів транспорту виконують шляхом зіставлення річних наведених витрат Π у різних заданих умовах роботи з відповідними до них значеннями незалежних змінних. Незалежними змінними є фактори, які істотно впливають на величину наведених витрат, наприклад, величина річного вантажопотоку Γ і дальність транспортування L .

Сутність графічного способу полягає у такому: за результатами попередньо виконаного розрахунку наведених витрат порівнюваних варіантів для контрольних значень незалежних змінних будуються їхні сполучені графіки: $\Pi = f(\Gamma)$ у разі $L = const$ або, навпаки, $\Pi = f(L)$ у разі $\Gamma = const$.

На рисунку 1.1 подані графіки приведених витрат для п'яти видів транспорту: стрічково-конвеєрного (декількох різновидів), канатно-підвісного, трубопровідного, пневмо-контейнерного, автомобільного й залізничного під час транспортування вантажу на відстані 5, 10, 25 і 50 км.

Точки перетинання ліній функції $\Pi = f(\Gamma)$ у разі $L = \text{const}$ порівнюваних варіантів є точками рівності їхніх наведених витрат і тому називаються точками рівновигідності. Зі зміною L вони можуть приймати різне положення в координатах $\Pi - \Gamma$ або їх може не бути взагалі, як це має місце, наприклад, у разі порівняння наведених витрат канатно-підвісного й залізничного транспорту для $L = 5$ км (рис. 1.1, а). Відсутність точок перетинання показує, що для розглянутої дальності транспортування варіант канатно-підвісного транспорту економічно більше вигідний за різними вантажопотоками, тому що функція $\Pi = f(\Gamma)$ проходить нижче аналогічної функції залізничного транспорту, тобто для будь-якого вантажопотоку $\Pi_{\text{пкд}} < \Pi_{\text{жд}}$.

Але вже для $L = 10$ км (рис. 1.1, б) з'являється точка рівновигідності цих видів транспорту й, отже, переваги канатно-підвісного транспорту обмежуються величиною вантажопотоку $\Gamma = 5$ млн. тон. У міру подальшого збільшення дальності транспортування точки рівновигідності порівнюваних варіантів характеризуються все меншими значеннями вантажопотоку.

Так, для $L = 25$ км точці рівновигідності канатно-підвісного й залізничного транспорту відповідає вантажопотік $\Gamma = 2,8$ млн. тон (рис. 1.1, в), а для $L = 50$ км – вантажопотік $\Gamma = 2$ млн. тон (рис. 1.1, г).

Після визначення точок рівновигідності інших видів транспорту їх переносять на новий графік $\Gamma = f(L)$ і, поєднуючи між собою, одержують лінію рівновигідності порівнюваних варіантів, що розмежовує сфери їхнього ефективного застосування (рис. 1.2). Водночас у випадку недоцільності окремих варіантів, як це видно з рисунку 1.1, вони з подальшого порівняння виключаються вже на цьому етапі. У наведеному прикладі такими варіантами є трубопровідний, пневмо-контейнерний транспорт і стрічково-канатний конвеєрний.

У разі графічного визначення сфер ефективного використання порівнюваних варіантів виникає необхідність в уточненні характеру лінії їхньої рівновигідності за допомогою побудовання додаткових точок

рівновигідності, названих «уявними». Ці точки визначають в тому випадку, якщо характер лінії рівновигідності різко змінюється в діапазоні між розрахунковими значеннями незалежних змінних L , а також у разі досягнення одним із порівнюваних варіантів граничної величини вантажопотоку через технічні можливості. Координати цих точок можуть приймати як позитивні, так і негативні значення. Їх знаходять так. Лінії функції $\Pi = f(L)$ для $L = const$ порівнюваних варіантів продовжують до перетинання, що є точкою їхньої рівновигідності, незалежно від того, чи буде вона перебувати в межах розрахункових вантажопотоків або виходити з них. Наприклад, під час порівняння канатно-підвісного й залізничного транспорту їхня точка рівновигідності M для дальності транспортування $L = 10$ км, має величину вантажопотоку 5 млн тонн (рис. 1.1, б). Але за цими значеннями вантажопотоку відбувається перехід від менш продуктивних доріг, для яких зазначений вантажопотік є граничним, до більше продуктивних, у зв'язку з чим наведені витрати змінюються стрибкоподібно. Їхня нижня межа відповідає менш продуктивним дорогам, а верхня – більш продуктивним, причому точка рівновигідності порівнюваних варіантів M перебуває між ними. Для виявлення дійсної лінії рівновигідності цих двох варіантів транспорту є «мнима» точка їхньої рівновигідності, яка утворюється продовженням ліній наведених витрат за підвісною дорогою меншої продуктивності до перетинання її з лінією наведених витрат залізничного транспорту – точка M_1 . Цій точці відповідає вантажопотік L , рівний 8 млн тонн. З'єднавши M_1 із точками рівновигідності, для інших дальностей перевезення, одержують дійсну лінію рівновигідності цих двох варіантів транспорту.

Аналогічно уточнюють лінію рівновигідності залізничного й конвеєрного транспорту (для багатопривідних стрічкових конвеєрах – МЛК).

Аналіз графіків $\Pi = f(L)$, наведених на рисунку 1.1, а, 1.1, б і 1.1, г, показує, що для $L = 10$ км найбільш ефективний конвеєрний транспорт для всіх розрахункових значеннях вантажопотоків.

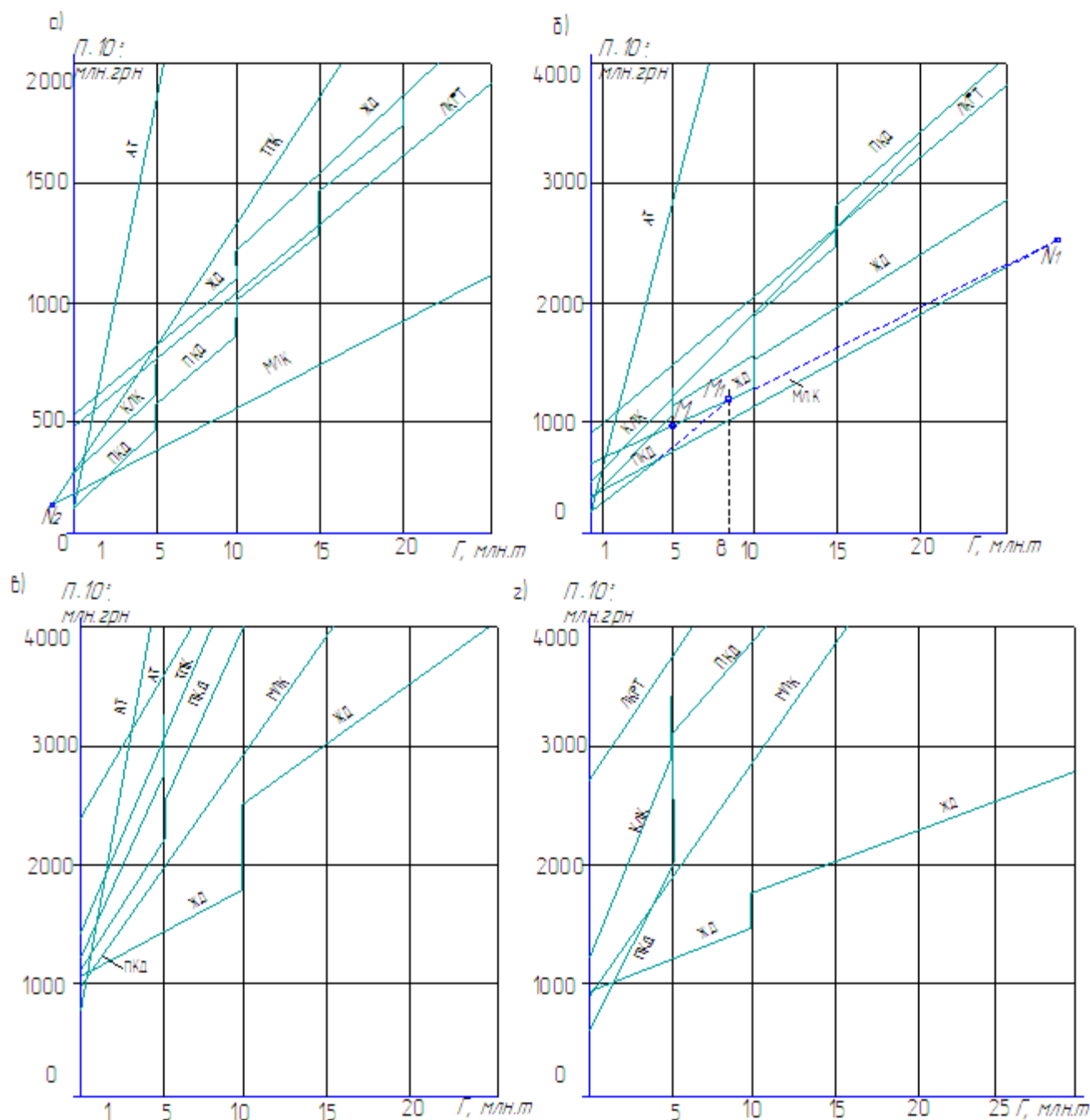


Рисунок 1.1 – Приведені витрати за різними видами транспорту згідно з величиною вантажопотоку для дальності транспортування:
а – 5 км; б – 10 км; в – 25 км; г – 50 км

У разі $L = 25$ км найбільш ефективний також конвеєрний транспорт, але лише в межах вантажопотоку до 1 млн тонн, а для $L = 50$ км їхня точка рівновигідності визначена величиною вантажопотоку, практично близького до нуля. Наявність усього двох таких точок (для $L = 25$ і 50 км) не дає змоги

визначити лінію рівновигідності порівнюваних варіантів транспорту, тому необхідно відшукувати додаткові «уявних» точки рівновигідності.

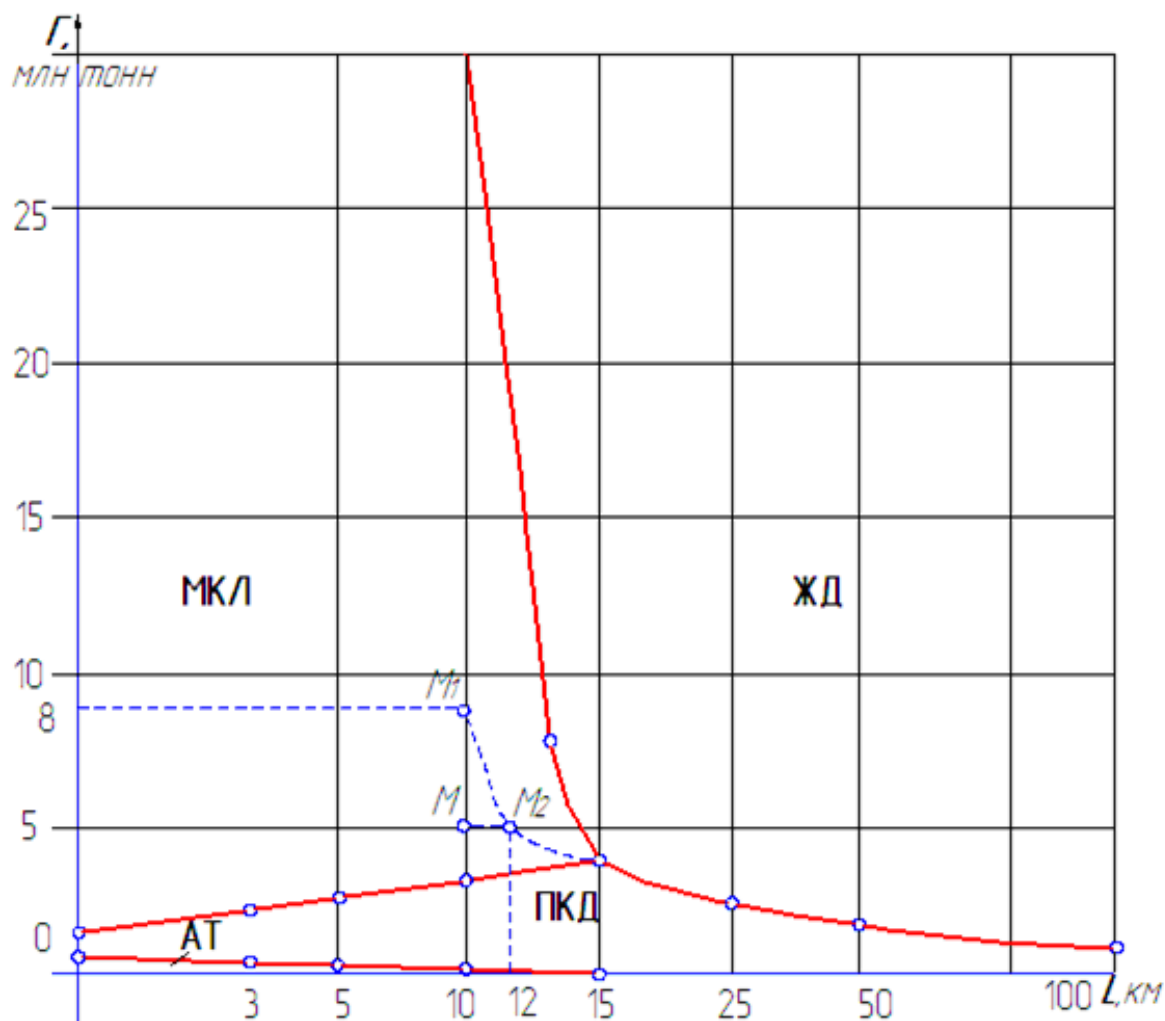


Рисунок 1.2 – Сфери ефективного використання різновидів транспорту

Із цією метою на графіку при $L = 10$ км (див. рис. 1.1, б) продовжують лінії $\Pi = f(G)$ конвеєрного й залізничного транспорту (у разі нижньої межі наведених витрат, що відповідають одноколійним залізницям) до їхнього перетинання, знаходячи в такий спосіб «мниму» точку рівновигідності M_1 , котрій відповідає вантажопотік $G = 32$ млн тонн.

Отже, за отриманими трьома точками можна визначити лінію рівновигідності цих двох видів транспорту. «Уявна» точка рівновигідності M_2 , наприклад, багатопривідного й канатно-стрічкового конвеєрів у разі дальності транспортування 5 км буде мати негативну абсцису ($G = -1$ млн тонн) (рис. 1.1, а).

Практичне заняття № 2

Удосконалення наряду на випуск рухомого складу

Мета: засвоїти методику зменшення ресурсовитратності за рахунок удосконалення організації експлуатації рухомого складу.

Головним критерієм ефективності використання рухомого складу є мінімум варіацій наповнення, тобто коли похідна коефіцієнта використання місткості протягом доби наближається до нуля. Складність додержання цієї вимоги полягає у протиріччі між змінами попиту на послуги протягом доби і необхідністю враховувати особливості технології утримання рухомого складу та передбаченого трудовим законодавством режиму роботи водіїв.

Теоретичне розв'язання проблеми складання наряду на випуск рухомого складу за критерієм найвищої ефективності на сьогодні відсутнє, однак і за відсутності теоретичного обґрунтування є можливість удосконалювати наряди на випуск шляхом традиційного інженерного аналізу з використанням оперативних і підсумкових даних запланованого та виконаного руху.

Відомо, що за годину пік обсяг пасажироперевезень на i -му маршруті $\Pi_i^{<п\acute{и}к>}$ залежить від середньої дальності поїздки на цьому маршруті $L_{c(i)}$, пробігу рухомих одиниць $S_i^{<п\acute{и}к>}$ та наповнення, яке визначається місткістю B та коефіцієнтом використання місткості на маршруті $\eta_i^{<п\acute{и}к>}$, а пробіг залежить від кількості одиниць в русі $N_i^{<п\acute{и}к>}$, довжини маршруту L_i та експлуатаційної швидкості $V_{e(i)}$ [1]:

$$\Pi_i^{<п\acute{и}к>} = \frac{1}{L_{c(i)}} B \eta_i^{<п\acute{и}к>} S_i^{<п\acute{и}к>}, \quad S_i^{<п\acute{и}к>} = N_i^{<п\acute{и}к>} V_{e(i)}. \quad (2.1)$$

Такі самі співвідношення спостерігаються у міжпікові періоди для $N_i^{<м\acute{п}\acute{и}>}$, $\Pi_i^{<м\acute{п}\acute{и}>}$. Вважаючи експлуатаційну швидкість та середню дальність поїздки незмінними протягом доби, можна записати вираження для кількостей випусків

у години пік та міжпіковий період залежно від обсягів перевезень та коефіцієнта використання місткості. Зокрема, прийнявши $\eta_i^{<п\acute{и}к>} = 1$, маємо:

$$\frac{N_i^{<п\acute{и}к>}}{N_i^{<м\acute{п}>}} = \eta_i^{<м\acute{п}>} \frac{\Pi_i^{<п\acute{и}к>}}{\Pi_i^{<м\acute{п}>}}. \quad (2.2)$$

Отже, у разі відомих обсягів перевезень у години пік та міжпіковий період, збільшуючи коефіцієнт використання місткості у міжпіковий період (звичайно, із додержанням граничної частоти руху) і порівнюючи співвідношення між кількостями випусків у години пік та міжпіковий період, можна за рахунок удосконалення наряду на випуск суттєво зменшити обсяг збиткової транспортної роботи.

Розглянемо трамвайне депо, у якому планова кількість випуску у будні дні становить 50 поїздів, причому передбачається 87 випусків на лінію (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Показники експлуатації рухомого складу трамвайного депо протягом доби

Маршрут	Тривалість руху	Існуючий наряд						Запропонований наряд					
		Кількості поїздів за періодами доби			Інтервали руху за періодами доби, хв			Кількості поїздів за періодами доби			Інтервали руху за періодами доби, хв		
		РП	МП	ВП	РП	МП	ВП	РП	МП	ВП	РП	МП	ВП
1	44	4	2	4	11	22	11	5	2	5	9	22	9
2	81	7	5	5	12	18	12	10	5	10	8	16	8
3	90	19	20	18	5	4,5	5	20	15	20	4,5	6	4,5
4	75	7	0	7	10	–	10	10	0	10	7,5	–	7,5
5	85	4	3	4	21	28	21	5	5	5	17	17	17
Σ		41	30	38	–	–	–	50	27	50	–	–	–

Умовні позначення до таблиці 2.1: РП – ранковий пік, МП – міжпіковий період, ВП – вечірній пік.

Для здійснення транспортної роботи вагонів на лінії передбачено 7 розривних, 4 скорочених, 15 дванадцятигодинних, 4 однозмінних та 4 нічних випусків. Усього за добу задіяні 77 чоловіко-змін для обслуговування

5 маршрутів. На ці маршрути нарядом на випуск передбачено: на 1 маршрут $n_1 = 4$, на 2 маршрут $n_2 = 12$, на 3 маршрут $n_3 = 25$, на 4 маршрут $n_4 = 8$ та на 5 маршрут $n_5 = 4$ випуски (рис. 2.1). Виручка за години пік складає 1440 грн, у міжпіковий період – 240 грн.

Як видно з графіка перебування вагонів на лінії протягом доби, з 25 випусків третього маршруту у ранковий та у вечірній пік мають працювати відповідно 19 та 18 одиниць, тоді як у міжпіковий період – 20; з 10 випусків п'ятого маршруту в пікові години працюють по 4 вагони, і так далі, тобто наряд розроблявся за звичним принципом формального дотримання відведених трудових (кількість змін) та матеріальних (добовий пробіг вагонів) ресурсів.

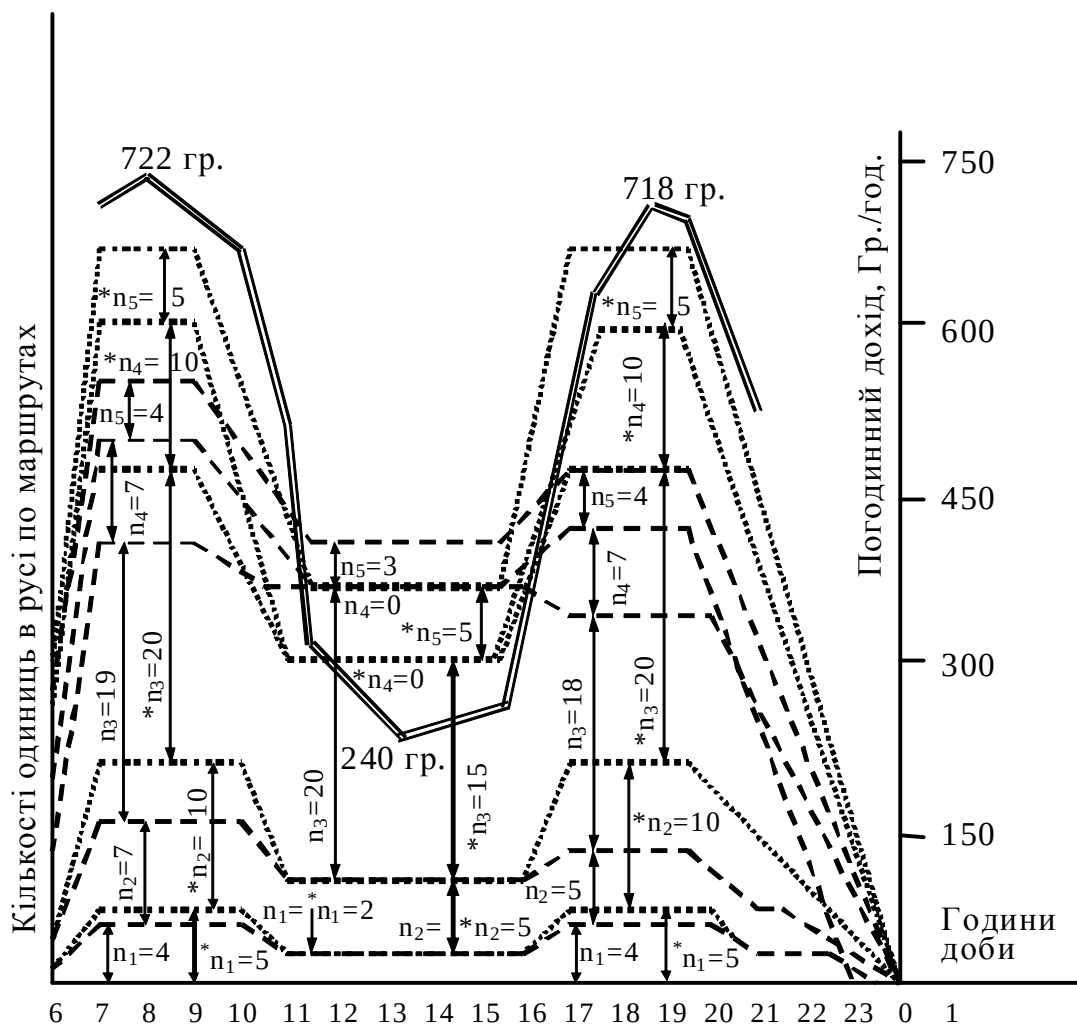


Рисунок 2.1 – Графічна інтерпретація змін наряду на випуск

Для існуючого наряду (лівий бік таблиці 2.1) обсяг транспортної роботи в вечірній пік менше, ніж у ранковий, і водночас використання рухомого складу в

міжпіковий період не виправдано мале, тобто в міжпіковий період обсяг транспортної роботи є надлишковим.

Із формули (2.1) знайдемо $\eta^{(мп)}$ прийнявши, що обсяги перевезень $\Pi^{(мп)}$ та $\Pi^{(п\acute{и}к)}$ відображаються сумами виручки $722 + 718 = 1440$ грн та 240 грн, і кількості вагонів у години пік та міжпіковий період, як це видно з таблиці 2.1, складають відповідно $(41 + 38) = 79$ та 30 одиниць, знайдемо коефіцієнт використання місткості у міжпіковий період:

$$\eta^{(мп)} = \frac{240 \cdot (41 + 38)}{1440 \cdot 30} = 0,44.$$

Відповідно, у ранковий, і особливо у вечірній пік має місце перевантаження вагонів пасажирями, що обумовлює збільшення енергоспоживання, а у міжпіковий період мають місце непродуктивні витрати через надлишкову кількість вагонів.

Якщо змінити співвідношення між видами випусків (однозмінних, двозмінних, розривних, оглядових), то за тією самою добовою кількістю у 50 випусків можливо скоротити кількість вагонів в русі у міжпіковий період і за рахунок цього збільшити обсяг транспортної роботи у ранковий та вечірній пік, чим досягається більша відповідність попиту на транспортні послуги (правий бік таблиці 2.1 та позначені зірочками кількості вагонів по маршрутах на графіку (рис. 2.1). При цьому скорочується інтервал руху саме в ті періоди, коли потреба в рухомому складі найбільша.

Зокрема на третьому маршруті кількість вагонів у години пік збільшується до 20, а у міжпіковий період зменшується до 15, і так далі. Отже, у разі збереження тої ж самої добової кількості випусків за рахунок удосконалення наряду, який тепер передбачає 20 двозмінних, 25 розривних та 5 оглядових, можливо збільшити кількість одиниць в русі у періоди потужних пасажиропотоків на 26,6 % і зменшити на 11 % кількість вагонів у міжпіковий період.

Оцінимо зростання коефіцієнта використання місткості у міжпіковий період, скориставшись тим же самим припущенням:

$$\eta^{(\text{мп(нове)})} = \frac{240 \cdot (50 + 50)}{1440 \cdot 27} = 0,62,$$

тобто він став на 14 % вище. Очевидно, що виконання удосконаленого наряду на випуск потребуватиме менших витрат ресурсів.

Практичне заняття №3

Дослідження впливу місткості та кількості рухомого складу на показники якості обслуговування пасажирів і ефективності роботи маршрутів

Мета: усвідомити, як впливає місткість та кількість рухомого складу на ресурсовитратність транспортного підприємства.

Для більшості підприємств міського електротранспорту характерним є наявність кількох типів трамвая та тролейбуса. Ці типи відрізняються один від одного або місткістю у разі збереження принципу регулювання струму тягових електродвигунів (наприклад, тролейбуси ТРОЛЗ, Т-1, ROCAR, трамвайні вагони Т-3, КТМ), або принципом регулювання за майже однаковою місткістю (тролейбуси ТРОЛЗ, 14 TR, трамвайні вагони Т-3, Т-3М), або тим і другим разом (тролейбуси ТРОЛЗ). Вочевидь ясно, що спільна робота на маршруті рухомих одиниць різних типів із різними принципами регулювання або різних місткостей обумовлює свої відмінності.

Розглянемо випадок замінювання частини кількості рухомих одиниць на інший тип із тою ж самою місткістю, але з іншим принципом регулювання струму тягових двигунів, наприклад, разом з N'_1 тролейбусів ТРОЛЗ будемо використовувати N_2 тролейбусів 14-TR, або разом з N'_1 трамвайних вагонів Т-3 використаємо N_2 вагонів Т-3М. Очевидно, що загальна кількість рухомих одиниць на маршруті повинна залишитися незмінною, а зміна витрат енергії

визначатиметься виключно співвідношенням між кількостями одиниць з реостатним та безреостатним регулюванням:

$$Q_{\text{м(р)}} = (q_{\text{м1}} N'_1 + q_{\text{м2}} N_2) \cdot V_{\text{е.м}}, \quad (3.1)$$

де $q_{\text{м1}}$, $q_{\text{м2}}$ – питомі, на одиницю транспортної роботи енергоспоживання рухомих одиниць першого та другого типів.

Максимум економії енергоспоживання на маршруті буде досягнуто у разі повної заміни рухомих одиниць із реостатним регулюванням на одиниці з електронним обладнанням. Щоб отримати уявлення про обсяг цієї економії, введемо коефіцієнти k_e приведення за енергоспоживанням Q_1 , Q_2 одиниць одного типу до іншого, маючи на увазі, що умови руху після заміни залишаються тими ж самими, отже енергоспоживання будуть пропорційними питомим значенням:

$$q_{\text{м1}} \equiv Q_1; q_{\text{м2}} \equiv Q_2; k_e = Q_2 / Q_1;$$

$$\frac{\Delta Q_{\text{м(р)}}}{Q_{\text{м(р)}}} \cdot 100\% = (1 - k_e) \cdot 100\%. \quad (3.2)$$

Зокрема, прийнявши за базовий тип вагона Т-3, у якого показник енергоспоживання $Q_{\text{т-3}} = 11,64$, а за другий тип – вагона Т-3М з показником $Q_{\text{т-3м}} = 10,65$, маємо для нього коефіцієнт приведення $k_e = 0,915$ і зменшення енергоспоживання на маршруті від повної заміни вагонів Т-3 на вагони Т-3М у 8,5 %. Приблизно така ж економія енергетичних ресурсів буде, якщо замінити тролейбуси ТРОЛЗ на тролейбуси 14-ТР.

Більш складним є випадок часткової або повної заміни одного типу на інший з підвищеною місткістю і з однаковим (наприклад, реостатним) або іншим (наприклад, імпульсним) принципом регулювання. Справа в тім, що з одного боку рухомі одиниці збільшеної місткості мають відповідно більші показники енергоспоживання, а з другого – можуть забезпечити виконання заданого обсягу пасажироперевезень меншою кількістю рухомих одиниць.

Прийmemo, що замість певної кількості рухомих одиниць одного типу на маршруті працюватиме зменшена кількість одиниць того ж типу та деяка кількість одиниць другого типу. При цьому обсяг пасажироперевезень повинен залишитися незмінним:

$$f_1 p_{c1} L_{c.m} = (f'_1 p_{c1} + f_2 p_{c2}) L_{c.m}, \quad (3.3)$$

тобто частота руху одиниць першого типу і сумарна частота руху повинні зменшитись внаслідок використання одиниць другого типу з підвищеною місткістю. Витрати енергії за годину при цьому зміняться і складатимуть:

$$Q'_{m(p)} = (q_{m1} N'_1 + q_{m2} N_2) \cdot V_{e.m}, \quad (3.4)$$

де штрих означає заміну певної кількості рухомих одиниць першого типу на визначену кількість одиниць другого типу. Показником ефективності заміни очевидно буде відношення витрат енергії у разі двох типів рухомих одиниць до витрат за одним типом:

$$\frac{Q'_{m(p)}}{Q_{m(p)}} = \frac{q_{m1} N'_1 + q_{m2} N_2}{q_{m1} N_1}. \quad (3.5)$$

Прийmemo до уваги, що реальне наповнення рухомих одиниць першого типу P_{c1} , тобто нормальної місткості, у разі загального зменшення частоти руху трохи зростає порівняно з наповненням, коли на маршруті працювали одиниці тільки одного типу. Для рухомих одиниць другого типу з підвищеною місткістю P_2 наповнення за мірою збільшення відсотка одиниць другого типу і зменшення відсотка одиниць першого типу поступово зростатиме, наближаючись до розрахункового. Позначивши штрихом частоту руху f'_1 одиниць вихідного типу при одночасній роботі двох типів, можна записати умову сталості обсягу пасажироперевезень протягом години у разі двох типів рухомих одиниць для будь-якого співвідношення між їх кількостями:

$$\begin{aligned}
 M_{\text{м}} = f_1 P_{\text{с1}} L_{\text{с}} &= \left[f_1' P_{\text{с1}} \frac{f_1}{f_1' + f_2} + f_2 \left(P_{\text{с1}} + (P_{\text{с2}} - P_{\text{с1}}) \frac{f_2}{f_1' + f_2} \right) \right] \cdot L_{\text{с}} = \\
 &= \left(P_{\text{с1}} \frac{f_1'(f_1 + f_2)}{f_1' + f_2} + P_{\text{с2}} f_2 \right) \cdot L_{\text{с}}.
 \end{aligned}
 \tag{3.5}$$

Це вираження грає роль обмеження у завданні лінійного програмування, в якій функціоналом мають бути сумарні видатки на перевезення заданого обсягу пасажирів, що складаються з пропорційних частотам руху витрат на транспортну роботу різних типів рухомого складу.

Практичне заняття № 4

Визначення обсягу наданих транспортних послуг пасажирського транспорту

Мета заняття: опанувати методику визначення споживчої цінності транспортних послуг.

Надані послуги з перевезення повинні мати одиниці вимірювання. Визначати обсяг проданого транспортним підприємством свого продукту тільки кількістю перевезених пасажирів є таким, що йде проти законів економіки, бо за рахунок часток сплати пасажирів, що проїжджають менші відстані, дотуються витрати за проїзд інших на більші відстані.

Числовим вираженням споживчої цінності поїздки є показник обсягу отриманої транспортної послуги, як частка ділення довжини поїздки в транспорті на витрачений на пересування час. Відомо, що довжина поїздки i -го пасажиря у рухомій одиниці j -го маршруту L_{ij} є добутком часу руху T_{ij} (у хвиликах) на швидкість сполучення рухомого складу V_{cj} . Для визначення часу пересування на транспорті до тривалості руху додається також час очікування на зупинці, який, зазвичай, приймається як половина маршрутного інтервалу $t_{\text{ч},ij} = 0,5 t_{\text{інт},j}$, помноженого на 2,5, чим враховується різні цінності втрат часу на очікування та на власне рух. Отже, за одну поїздку одним пасажиром споживається одиниця транспортних послуг [1]:

$$w_{ij} = \frac{60L_{ij}}{T_{ij} + 2,5t_{c,ij}} = \frac{V_{c,j}}{1 + 2,5 \frac{t_{им,j}}{T_{ij}}} = \frac{V_{c,j}}{1 + \frac{t_{им,j} \cdot V_{c,j}}{48 \cdot l_{c,j}}} . \quad (4.1)$$

На визначеному маршруті обсяг наданих транспортних послуг за певний період (годину, добу) є добутком кількості пасажирів, що увійшли до рухомих одиниць цього маршруту, на показник споживчої цінності цих послуг. Приймаючи, що середня відстань, яку проїжджають пасажирів на j -му маршруті (середня дальність поїздки), дорівнює $l_{c,j}$, а протягом години цим маршрутом скористалося M_j пасажирів, можна знайти обсяг наданих транспортних послуг за годину, як кількість задоволених споживчих потреб із урахуванням споживчої цінності:

$$M_j w_j^{(нас.)} = \frac{M_j V_{c,j}}{1 + 2,5 \frac{0,5 t_{им,j} \cdot V_{c,j}}{60 l_{c,j}}} = \frac{M_j V_{c,j}}{1 + \frac{t_{им,j} \cdot V_{c,j}}{48 \cdot l_{c,j}}} . \quad (4.1)$$

Порівняємо два маршрути одного виду міського електротранспорту за ознакою споживчої корисності. На першому, де у годину пік маршрутний інтервал становить 6 хв для швидкості сполучення рухомих одиниць у 25 км/год, скористалися міським електротранспортом 600 пасажирів і кожен із них проїхав у середньому 3 км. Тоді обсяг наданих транспортних послуг становитиме:

$$M_1 w_{c,1} = \frac{600 \times 25}{1 + \frac{6 \times 25}{48 \times 3}} = 7\,346 \text{ пас.км/год.}$$

Отже, на цьому маршруті кожному з 600 пасажирів надано по $w_j = 12,24$ одиниць транспортних послуг.

На другому маршруті з таким же інтервалом, але з меншою швидкістю сполучення рухомих одиниць, наприклад, у 20 км/год, тим же 600 пасажирам у разі однакової середньої дальності поїздки було надано 6 546 пас.км/год, або по $w_{c,2} = 10,91$ одиниць транспортних послуг на кожного. І це зрозуміло, бо у другому випадку швидкість сполучення рухомих одиниць була меншою, а отже, пасажир витратив на пересування на ту саму відстань більше часу.

Взагалі для одної й тої ж кількості перевезених пасажирів показники обсягу наданих транспортних послуг, що визначають їхню споживчу цінність на тому або іншому маршруті, є різним через різницю середніх довжин поїздки, швидкості сполучення, маршрутного інтервалу. Більше того, якщо б усі з 600 пасажирів на першому, і така ж їхня кількість на другому маршрутах сплатили за свій проїзд по 6,0 грн, і підприємство отримало дохід по 3600 грн, то вартість одиниці транспортної послуги на першому маршруті складала б $3\,600 / 7\,346 = 0,49$ грн, а на другому $3\,600 / 6\,546 = 0,55$ грн, тобто менш якісна послуга формально коштує дорожче. З цього випливає, що єдина за всім змістом, незалежна від споживчої цінності поїздки, ціна квитка не має економічного виправдання.

Практичне заняття № 5

Розрахунок цін за перевезення

Мета: набути навичок проведення розрахунків тарифів і вартостей проїзних квитків.

Дані спостережень за різними маршрутами свідчать, що відстані поїздок впродовж рейсу утворюють бета-розподілення (рис. 5.1), для якого ступінчаста апроксимація має вигляд [1]:

$$p(k) = a \cdot k^b \cdot (m+1-k)^c, \quad (5.1)$$

де невідомі параметри a , b , c визначають з комп'ютерного розв'язання перевизначеної системи з п'яти рівнянь – для першого ($k = 1$) і останнього ($k = m$) перегонів, а також для перегонів, що відповідають моді розподілення k_{MO} , медіані k_{Me} та математичному очікуванню k_M :

$$\begin{cases} p(1) = a \cdot m^c; \\ p(k_{MO}) = a \cdot k_{MO}^b \cdot (m+1-k_{MO})^c; \\ p(k_{Me}) = a \cdot k_{Me}^b \cdot (m+1-k_{Me})^c; \\ p(k_M) = a \cdot k_M^b \cdot (m+1-k_M)^c; \\ p(m) = a \cdot m^b. \end{cases} \quad (5.2)$$

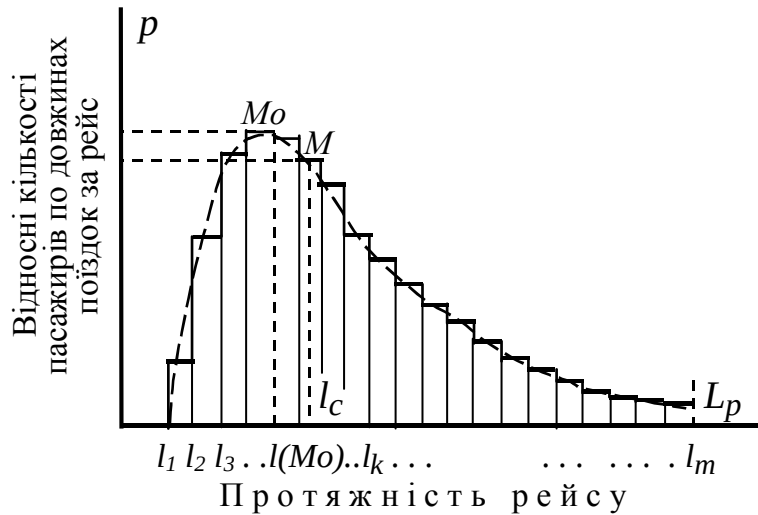


Рисунок 5.1 – Неперервне (пунктир) та дискретне представлення узагальненого розподілення відстаней поїздок впродовж узагальненого рейсу

Отримавши значення параметрів a , b , c , і виконавши розрахунки $p(k)$ для всіх $1, 2, \dots, k-1, k, \dots, m-1, m$ перегонів, далі необхідно компенсувати системну похибку, що виникає під час замінювання неперервної функції ступінчастою, для чого результати слід помножити на нормуючий множник

$$\mu = \left(\sum_{k=1}^m p(k) \right)^{-1}. \quad (5.3)$$

Для кожного k потрібно розрахувати обсяг наданих послуг w_k і за прийнятим тарифом – ціни $C(k)$. Множенням нормованих значень $p(k)$ на ціни $C(k)$ утворюється розподілення впродовж рейсу часток доходу, а їхнім послідовним підсумовуванням – графік накопичення доходу (неважко зробити висновок, що результат істотно залежить від форми і параметрів розподілення дальностей поїздок).

Розглянемо приклад. Підприємство за рік перевезло 44 189 000 платних пасажирів за єдиною вартістю квитка у 6,0 грн, за що отримало 265 134 тис. грн. Через утворення кредиторської заборгованості у 4 844 000 грн прийнято рішення підняти ціни.

За даними підрозділу маркетингової інформації еквівалентний рейс налічує 15 зупинок середньої довжини 0,593 км, середню швидкість сполучення $V_{сп.с}=16,3$ км/год, інтервал $t_{інт.с}= 11$ хв та середню дальність поїздки $L_c = 2,962$ км. Відповідний цим умовам середній обсяг отриманих одним пасажиром транспортних послуг складає:

$$w_c = \frac{16,3}{1 + \frac{16,3 \times 11}{48 \times 2,962}} = 7,2 \text{ км/год.}$$

За діючою, однаковою для всіх, ціни у 6,0 грн тариф за одиницю послуг дорівнює $\tau = 6,0 / 7,2 = 0,833$ грн·год/км.

З'ясуємо розподілення кількостей пасажирів за дальностями поїздок, для чого спочатку знайдемо коефіцієнти a , b , c бета-функції, якою апроксимується розподілення (див. рис. 8.1), з розв'язання системи рівнянь, скориставшись узагальненими даними про відсотки пасажирів, що проїжджають тільки один перегін ($p(l_1) = 0,5\%$), три перегони, що відповідає моді розподілення ($p(l_{mo}) = 12,4\%$), п'ять ($p(l_{me}) = 10,1\%$), який характеризує медіану, сім перегонів ($p(l_c) = 7\%$), що відповідає середній дальності, та відсоток пасажирів, що проїжджають весь рейс ($p(l_p) = 0,06\%$).

Для розв'язання утвореної таким чином перевизначеної системи скористаємося стандартним програмним забезпеченням Math Cad:

```
a := 1
b := 1
c := 1
Given
```

$$a \cdot 0.593^b \cdot (8.9 + 0.593 - 0.593)^c - 0.054 = 0$$

$$a \cdot 1.779^b \cdot (8.9 + 0.593 - 1.779)^c - 0.124 = 0$$

$$a \cdot 2.965^b \cdot (8.9 + 0.593 - 2.965)^c - 0.101 = 0$$

$$a \cdot 4.151^b \cdot (8.9 + 0.593 - 4.151)^c - 0.07 = 0$$

$$a \cdot 8.9^b \cdot (8.9 + 0.593 - 8.9)^c - 0.002 = 0$$

$$\text{Minerr}(a, b, c) = \begin{bmatrix} 4.831 \cdot 10^{-6} \\ 1.288 \\ 4.589 \end{bmatrix}$$

Сума частотей за всіма перегонами, за якою визначатиметься нормуючий множник, складає:

$$\sum_{k=1}^{15} 4.831 \cdot 10^{-6} \cdot (k \cdot 0.593)^{1.288} \cdot (9.493 - k \cdot 0.593)^{4.589} = 0.76$$

Обсяги наданих послуг відповідно до кількостей перегонів $k = 1, 2, 3, \dots, 15$, що проїжджають пасажирів, розраховують за формулою:

$$w_k = 16,3 \cdot k \cdot 0,593 \cdot (3,667 + k \cdot 0,593)^{-1}, \quad (5.4)$$

яка є зміненою щодо раніше викладеної. Загальна кількість платоспроможних пасажирів у 44189000 пасажирів розподілиться наступним чином:

$$\begin{aligned} 0.76^{-1} \cdot 44189000 \cdot 4.831 \cdot 10^{-6} \cdot (1 \cdot 0.593)^{1.288} \cdot (8.9 + 0.593 - 1 \cdot 0.593)^{4.589} &= 3.258 \cdot 10^6 \\ 0.76^{-1} \cdot 44189000 \cdot 4.831 \cdot 10^{-6} \cdot (2 \cdot 0.593)^{1.288} \cdot (8.9 + 0.593 - 2 \cdot 0.593)^{4.589} &= 5.798 \cdot 10^6 \\ 0.76^{-1} \cdot 44189000 \cdot 4.831 \cdot 10^{-6} \cdot (3 \cdot 0.593)^{1.288} \cdot (8.9 + 0.593 - 3 \cdot 0.593)^{4.589} &= 6.958 \cdot 10^6 \\ 0.76^{-1} \cdot 44189000 \cdot 4.831 \cdot 10^{-6} \cdot (4 \cdot 0.593)^{1.288} \cdot (8.9 + 0.593 - 4 \cdot 0.593)^{4.589} &= 6.982 \cdot 10^6 \\ 0.76^{-1} \cdot 44189000 \cdot 4.831 \cdot 10^{-6} \cdot (5 \cdot 0.593)^{1.288} \cdot (8.9 + 0.593 - 5 \cdot 0.593)^{4.589} &= 6.245 \cdot 10^6 \\ 0.76^{-1} \cdot 44189000 \cdot 4.831 \cdot 10^{-6} \cdot (6 \cdot 0.593)^{1.288} \cdot (8.9 + 0.593 - 6 \cdot 0.593)^{4.589} &= 5.102 \cdot 10^6 \\ 0.76^{-1} \cdot 44189000 \cdot 4.831 \cdot 10^{-6} \cdot (7 \cdot 0.593)^{1.288} \cdot (8.9 + 0.593 - 7 \cdot 0.593)^{4.589} &= 3.838 \cdot 10^6 \\ 0.76^{-1} \cdot 44189000 \cdot 4.831 \cdot 10^{-6} \cdot (8 \cdot 0.593)^{1.288} \cdot (8.9 + 0.593 - 8 \cdot 0.593)^{4.589} &= 2.657 \cdot 10^6 \\ 0.76^{-1} \cdot 44189000 \cdot 4.831 \cdot 10^{-6} \cdot (9 \cdot 0.593)^{1.288} \cdot (8.9 + 0.593 - 9 \cdot 0.593)^{4.589} &= 1.676 \cdot 10^6 \\ 0.76^{-1} \cdot 44189000 \cdot 4.831 \cdot 10^{-6} \cdot (10 \cdot 0.593)^{1.288} \cdot (8.9 + 0.593 - 10 \cdot 0.593)^{4.589} &= 9.474 \cdot 10^5 \\ 0.76^{-1} \cdot 44189000 \cdot 4.831 \cdot 10^{-6} \cdot (11 \cdot 0.593)^{1.288} \cdot (8.9 + 0.593 - 11 \cdot 0.593)^{4.589} &= 4.645 \cdot 10^5 \\ 0.76^{-1} \cdot 44189000 \cdot 4.831 \cdot 10^{-6} \cdot (12 \cdot 0.593)^{1.288} \cdot (8.9 + 0.593 - 12 \cdot 0.593)^{4.589} &= 1.87 \cdot 10^5 \\ 0.76^{-1} \cdot 44189000 \cdot 4.831 \cdot 10^{-6} \cdot (13 \cdot 0.593)^{1.288} \cdot (8.9 + 0.593 - 13 \cdot 0.593)^{4.589} &= 5.554 \cdot 10^4 \end{aligned}$$

$$0.76^{-1} \cdot 44189000 \cdot 4.831 \cdot 10^{-6} \cdot (14 \cdot 0.593)^{1.288} \cdot (8.9 + 0.593 - 14 \cdot 0.593)^{4.589} = 9.568 \cdot 10^3$$

$$0.76^{-1} \cdot 44189000 \cdot 4.831 \cdot 10^{-6} \cdot (15 \cdot 0.593)^{1.288} \cdot (8.9 + 0.593 - 15 \cdot 0.593)^{4.589} = 442.914$$

Перевіримо адекватність моделі, підсумувавши кількість пасажирів за кількостями зупинок, які вони проїжджають:

$$\sum_{k=1}^{15} 0.76^{-1} \cdot 44189000 \cdot 4.831 \cdot 10^{-6} \cdot (k \cdot 0.593)^{1.288} \cdot (9.493 - k \cdot 0.593)^{4.589} = 4.418 \cdot 10^7$$

Як видно, загальна, розрахована за моделлю, кількість пасажирів не збігається усього на 9 000 пасажирів.

Встановимо, як впровадження диференційованих цін у разі збільшення тарифу до 1,111 грн·год./км, що рівноцінно збільшенню середньої ціни з 6,0 до 8,0 грн, вплине на величину доходу, для чого підсумуємо добутки цін, підрахованих відповідно до обсягів послуг за кількостями перегонів, на кількість пасажирів:

$$1,111 \times 44189000 \times \sum_{k=1}^{15} 16,3 \times k \times 0,593 \times (3,667 + k \times 0,593)^{-1} \times 4,831 \times 10^{-6} \times (k \cdot 0,593)^{1,288} \times (9,493 - k \times 0,593)^{4,598} = 32,717 \cdot 10^7 \text{ грн.}$$

Як видно, таке підвищення дозволить збільшити дохід на 327 170 000 – 265 134 000 = 62 038 182 грн, що компенсує кредиторську заборгованість у 4 844 000 грн (правда, цим заходом можна вирішити тільки сьогочасну проблему, без системного реформування фінансової кризи неодмінно виникне знов).

Спробуємо спрогнозувати, як буде сприйнято пасажирами підвищення цін. Для пасажирів, що проїжджають три перегони, ціна становитиме:

$$C(3) = 1,11 \times 16,3 \times 3 \times 0,593 \times (3,667 + 3 \cdot 0,593)^{-1} = 5,861 \text{ грн.}$$

Очевидно, що цими пасажирами зміна ціноутворення сприйметься позитивно, бо замість підвищення цін буде їхнє зниження порівняно з раніше діючою. Для пасажирів, що проїжджають більшу кількість перегонів, наприклад 7, ціна дорівнюватиме

$$C(7) = 1,111 \times 16,3 \times 7 \times 0,593 \times (3,667 + 7 \times 0,593)^{-1} = 9,59 \text{ грн.}$$

Можна припустити, що підтримки у населення такий захід не знайде. Тим більше невдоволення викличуть нові ціни у пасажирів, що проїжджають, наприклад, 12 перегонів:

$$Ц(12) = 1,111 \times 16,3 \times 12 \times 0,593 \times (3,667 + 12 \times 0,593)^{-1} = 11,99 \text{ грн.}$$

Крім того, з'являється додатковий привід для невдоволення – незручності розрахунків, бо, наприклад, різниця між ціною за проїзд 12 перегонів та ціною за 13:

$$Ц(13) = 1,11 \times 16,3 \times 13 \times 0,593 \times (3,667 + 13 \times 0,593)^{-1} = 11,98 \text{ грн}$$

становить усього копійку.

Приймемо також до уваги, що різкий перехід від звичного порядку до новачій населенням завжди сприймається з неохотою, тому щоб не дискредитувати ці новації зазвичай передбачається певний перехідний період, коли за можливістю зберігається знайомий порядок. У цьому випадку можна рекомендувати спрощену диференціацію, коли замість кількості цін відповідно до кількості перегонів запроваджуються єдині ціни для кожної із зон, на які розбивається рейс.

Можна зокрема запропонувати розбиття узагальненого рейсу на 3 зони – з 1 по 5, з 6 по 10 та з 11 по 15 перегонів, для яких встановити ціни у 4,0; 6,5 та 9,5 грн відповідно. У цьому випадку, враховуючи, що на першу зону за наведеними вище результатами розрахунку розподілення кількостей пасажирів за кількостями перегонів, які вони проїжджають, припадає 29 240 000, на другу 14 220 000 і на третю 71 710 пасажирів, неважко підрахувати, що сумарний дохід в цьому разі становитиме 210 071 245 грн, що є задовільним. Реалізація цієї пропозиції потребує виготовлення квитків трьох номіналів, які буде реалізовувати кондуктор або закладена відповідна програма в систему автоматизованої плати за проїзд. Щодо перегляду ціни та застосування зонного тарифу доцільно розпочати роботу з впровадження нових форм сплати за проїзд, як засобу регулювання попиту – продаж багаторазових квитків на проїзд за окремими ділянками маршрутної системи або на проїзд в окремі періоди доби тощо.

Практичне заняття № 6

Транспортне завдання лінійного програмування

Мета: набути навичок вирішення транспортного завдання лінійного програмування.

Серед завдань математичного програмування найпростішими є так називані завдання лінійного програмування. Характерним для них є те, що показник ефективності (цільова функція) лінійно залежить від елементів рішення й обмеження, що накладені на елементи рішення, мають вигляд лінійних рівностей. Такі завдання часто зустрічаються на практиці для організації роботи транспорту. Це й природно, тому що в цих завданнях оплата перевезень провадиться пропорційно вагам перевезених вантажів.

Так називані «транспортні завдання» лінійного програмування мають свій, більше простий метод рішення, які розглянемо нижче [9].

Критерієм оптимальності рішення транспортного завдання може бути загальна вартість перевезень або час на перевезення.

Найкращим планом на перевезення (X_{ij}) буде той план, за яким, наприклад, вартість всіх перевезень буде мінімальною

$$C \rightarrow \min. \quad (6.1)$$

Завдання вирішується так. Існує $m = 4$ пунктів відправлення з обсягом відправленого вантажу відповідно a_1, a_2, a_3, a_4 і $n = 5$ пунктів призначення із заявками b_1, b_2, b_3, b_4, b_5 . Сума обсягів відправлених вантажів дорівнює сумі прибулих обсягів вантажів:

$$\sum a_i = \sum b_j. \quad (6.2)$$

Задано вартість перевезень c_{ij} з кожного пункту відправлення A_i в кожний пункт призначення B_j . Передбачається, що кількість транспортних засобів не залежить від кількості перевезених вантажів, тобто кількість транспортних засобів завжди досить для здійснення будь-якого обсягу перевезень (табл. 6.1).

Таблиця 6.1 – Матриця перевезень

	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	a _i
A ₁	c ₁₁	c ₁₂	c ₁₃	c ₁₄	c ₁₅	a ₁
A ₂	c ₂₁	c ₂₂	c ₂₃	c ₂₄	c ₂₅	a ₂
A ₃	c ₃₁	c ₃₂	c ₃₃	c ₃₄	c ₃₅	a ₃
A ₄	c ₄₁	c ₄₂	c ₄₃	c ₄₄	c ₄₅	a ₄
b _j	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	$\sum a_i = \sum b_i$

Необхідно обрати перевезення X_{ij} таким чином, щоб задовольнялася умова $\sum X_{ij} = a_i$; $\sum X_{ij} = b_j$, і зверталось в мінімуму вартість всіх перевезень.

Знайдемо оптимальне рішення транспортного завдання за критерієм вартості перетворенням транспортної таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Матриця вартості перевезень

	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	Запаси a _i
A ₁	13	7	14	7	5	30
A ₂	11	8	12	6	8	48
A ₃	6	10	10	8	11	20
A ₄	14	8	10	10	15	30
Заявки b _j	18	27	42	15	26	128

Спочатку складається опорний план, використовуючи «метод північно-західного кута». Почнемо заповнювати таблицю 6.2 з лівого верхнього кута. Пункт B₁ подав заявку на 18 одиниць вантажу; задовільним її з запасів пункту A₁. Після цього у ньому залишається ще 30 – 18 = 12 одиниць вантажу, «віддамо» їх пункту B₂ (табл. 6.3).

Але заявка цього пункту ще не задоволена. У заявці A₂ є тільки 15 одиниць із запасів пункту, додаємо ще 33 до пункту прибуття B₂. Використовуємо такий підхід для заповнення до кінця перевезеннями транспортну таблицю (табл. 6.3).

Таблиця 6.3 – Матриця припустимого плану перевезень

	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	a _i
A ₁	18 13	12 7	14	7	5	30
A ₂	11	15 8	33 12	6	8	48
A ₃	6	10	9 10	11 8	11	20
A ₄	14	8	10	4 10	26 15	30
b _j	18	27	42	15	26	128

Цей план є припустимим, тому що в ньому сума перевезень за рядком дорівнює запасу відповідного пункту відправлення, а сума перевезень за стовпчиком – заявці відповідного пункту призначення.

Надалі ми проставляємо в таблиці тільки відмінні від нуля перевезення, а клітинки, що відповідають нульовим перевезенням, залишаємо «вільними». Перевіримо, чи є план перевезень опорним, тобто кількість вільних кліток із нульовими перевезеннями в таблиці 5.3 повинно бути $(m - 1)(n - 1) - 3 \times 4 = 12$, таким чином план є опорним.

Тепер встановимо, чи є цей план оптимальним, тобто чи мінімальна для нього загальна вартість перевезень? Цей план не є оптимальним. Наприклад, відразу видно, що можна його поліпшити, якщо зробити в ньому «циклічну перестановку» перевезень між клітками таблиці, зменшивши перевезення у «коштовній» клітці (2.3) з вартістю 12, але проте збільшивши перевезення в «дешевій» клітці (2.4) з вартістю 6. Щоб план залишався опорним, ми повинні при цьому зробити одну з вільних кліток базисною, а одну з базисних – вільною. Роблячи перенос за циклом $(2.4) \rightarrow (3.4) \rightarrow (3.3) \rightarrow (2.3)$, збільшуючи перевезення в непарних вершинах циклу й зменшуючи у парних, отримуємо 11 одиниць вантажу (інакше перевезення в клітці (3.4) стали б негативними). У результаті циклічного перенесення припустимий план залишається припустимим – баланс запасів і заявок не порушується. Ці перенесення запишемо у новий, поліпшений план перевезень у таблицю 6.4.

Таблиця 6.4 – Матриця поліпшеного плану перевезень

	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	a _i
A ₁	18 ₁₃	12 ₇	¹⁴	⁷	⁵	30
A ₂	¹¹	15 ₈	22 ₋₁₂	11 ₊₆	⁸	48
A ₃	⁶	¹⁰	20 ₊₁₀	⁻⁸	¹¹	20
A ₄	¹⁴	⁸	¹⁰	4 ₁₀	26 ₁₅	30
a _i	18	27	42	15	26	128

Зрівняємо два плани. Загальна вартість плану, показаного в таблиці 6.3: $C_1 = 18 \times 13 + 12 \times 7 + 15 \times 8 + 33 \times 12 + 9 \times 10 + 11 \times 8 + 4 \times 10 + 26 \times 15 = 1\,442$; загальна вартість плану, показаного в таблиці 6.3: $C_2 = 18 \times 13 + 12 \times 7 + 15 \times 8 + 22 \times 12 + 11 \times 6 + 20 \times 10 + 4 \times 10 + 26 \times 15 = 1\,398$.

Отже, зменшена вартість перевезень на $1442 - 1398 = 44$ одиниці. Тобто такий підрахунок дає можливість не підраховувати повну вартість плану. Дійсно, алгебраїчна сума вартостей, що стоять у вершинах циклу, зі знаком «плюс», якщо перевезення в цій вершині збільшуються, а із знаком «мінус» – якщо зменшуються (так названа «ціна циклу»), у цьому випадку дорівнює: $6 - 8 + 10 - 12 = -4$. У разі перенесення однієї одиниці вантажу за цим циклом вартість перевезень зменшується на чотири. Їх було перенесено 11, тому вартість зменшується на $11 \times 4 = 44$ одиниці. Тому весь секрет оптимізації плану перевезень у тім, щоб переносити перевезення за циклами, які мають негативну ціну.

Отже, відшукуючи «вигідні» цикли, необхідно побачити чи немає в таблиці-матриці звабних, «дешевих» вільних кліток. Якщо така клітка є, потрібно для неї знайти цикл, обчислити його ціну й, якщо вона буде негативною, перенести за цим циклом стільки одиниць вантажу, скільки буде можливо (без того, щоб якісь перевезення зробити негативними).

У теорії лінійного програмування існують способи, що дають змогу автоматично, без міркувань, виділяти вільні клітки з негативною ціною циклу

(так званий «метод потенціалів»), та «транспортні завдання з неправильним балансом», коли сума заявок не дорівнює сумі запасів.

Практичне заняття № 7

Умови досягнення беззбитковості транспортного підприємства

Мета: отримати уявлення про масштаби впливу факторів, які визначають досягнення беззбитковості.

У будь-якого комерційного підприємства прибутковість або збитковість діяльності визначається різницею між доходом та витратами – прибутковою діяльністю буде тоді, коли дохід перевищує витрати, у іншому випадку підприємство банкрутує. Для підприємства з перевезення пасажирів це означає, що потрібно перевезти M пасажирів за ціною C одного перевезення, аби отримати дохід D .

Досягнення беззбитковості можливе, коли витрати на експлуатаційну діяльність зрівнюються з доходом, отриманим від перевезень. Тому в загальному вигляді умову беззбитковості виражають наступним рівнянням [1]:

$$B_n + e_{з.с.} \cdot M = C \cdot M, \quad (7.1)$$

де B_n – постійні витрати, грн;

$e_{з.с.}$ – змінні питомі витрати, грн/пас;

M – кількість перевезених пасажирів, пас;

C – ціна квитка, грн.

Для підприємств електричного транспорту дохід із основної діяльності є збитковим, але «виживати» підприємствам допомагають дотації з бюджету. Повністю уникнути дотування, коли витрати врівноважаться доходом можна у разі обсягу перевезень платних пасажирів, кількість яких розраховують за формулою:

$$M_1 = B_n / (C - e_{з.с.}), \quad (7.2)$$

де M_1 – кількість платних пасажирів.

Змінні витрати перевезень платних пасажирів визначають за формулою:

$$e_{з.с.} = (B - B_n) / M_1. \quad (7.3)$$

Досягнути беззбитковості та уникнути дотацій також можна у разі збільшення ціни за проїзд, що розраховується за формулою:

$$Ц_2 = e_{з.с.} + B_{\Pi} / M. \quad (7.4)$$

Такого ж ефекту можна досягти зменшенням постійних витрат, величину яких розраховують за формулою:

$$B_n = M (Ц - e_{з.с.}). \quad (7.5)$$

Досягнення беззбитковості у разі зменшення питомих витрат визначають за формулою:

$$e_{з.с.}^* = t_1 - B_n / M \quad (7.6)$$

Слід зазначити, що досягнення беззбитковості та самоокупності перевезень можна досягнути за рахунок:

- поступового, не кардинального зменшення постійних та питомих змінних витрат на здійснення перевезень;
- збільшення ціни за одне перевезення, але до межі соціальної прийнятності;
- отримання дотації з міського бюджету (зменшення за рахунок бюджету постійних витрат).

Розглянемо приклад. За звітний рік середнім за розміром підприємством міського електротранспорту перевезено 17,67 млн пасажирів, у тому числі платних 7,067 млн пас і отримано від сплати пасажирами разових поїздок і та придбання постійних на деякий період квитків 42,00 млн грн за єдиним тарифом $t_1 = 6,0$ грн ($w = 1$). Витрати склали 72,27 млн грн, у тому числі на постійні витрати пішло 34,9 млн грн. Для досягнення беззбитковості була надана з міського бюджету дотація у 28,04 млн грн, що забезпечило баланс між доходами та витратами.

Повністю уникнути дотування, коли витрати врівноважаться доходом можна було б за обсягом перевезень, що розраховують за формулою (7.2):

$$M_1 = 34,9 / (6,0 - 5,288) = 24,85,$$

$$\text{де } v_{з.с.} = (72,27 - 34,9) / 7,067 = 5,288 \text{ грн/пас,}$$

але ж ясно, що такої кількості платних пасажирів підприємство не матиме.

Розглянемо можливі варіанти поліпшення результатів діяльності підприємства у наступному і подальших роках. Спочатку визначимо, за якою збільшеною ціною можна було б не надавати дотацію за умови незмінності обсягу перевезень та витрат. Очевидно це буде тоді, коли ціну підняти до ціни, яку розраховуємо за формулою (7.4):

$$C_2 = 5,288 + 34,9 / 7,067 = 10,226.$$

Якщо цей варіант неприйнятний хоча б тому, що підвищення ціни викличе зниження попиту платоспроможних пасажирів. Спробуємо визначити, до якого рівня треба зменшити постійні витрати, щоб обійтися без дотації, застосовуючи формулу (7.5):

$$B_n = 7,067 \times (6,0 - 5,288) = 9,926.$$

Розрахунок B_n показує, що вони мають бути менше існуючих постійних витрат у 3,5 разів і, очевидно, цей варіант є нереальним. Так само нереальним є відмова від дотації за рахунок зменшення питомих змінних витрат, розрахованих за формулою (7.6):

$$v_{з.с.}^* = 6,0 - 34,9 / 7,067 = 1,061 .$$

Отже відмовитися від дотації цими шляхами неможливо.

Більш реально поставити керівництву підприємства завдання на наступний рік зменшити постійні та питомі змінні витрати, наприклад, на 10 %. Проте, навіть якщо одночасно зменшити постійні та питомі змінні витрати до зазначених рівнів, то досягти беззбитковості за існуючою кількістю перевезених пасажирів все одно не вдасться, бо у разі збереження ціни C беззбитковість досягається у разі

$$M = 0,9B_n / (C - 0,9v_{з.с.}) = 0,9 \times 34,9 / (6,0 - 0,9 \times 5,288) = 25,31.$$

Отже, чисто формальне визначення умов досягнення беззбитковості для вирішення задачі зменшення дотації не є продуктивним. Якщо ж на додаток до зменшення витрат впровадити нову ціну, збільшену, наприклад, до $C_2 = 9,5 \text{ грн}$, то точка беззбитковості матиме місце у разі

$$M_2 = 0,9 \times 34,9 / (9,5 - 0,9 \times 5,288) = 6,627.$$

У цьому разі замість дотації підприємство має отримати прибуток, оскільки за зазначених умов кількість перевезених пасажирів, що визначає дохід, перевищуватиме критичну на $7,067 - 6,627 = 0,44$ млн пас. Неважко підрахувати, що прибуток приблизно становитиме $0,44 \times 9,5 = 4,19$ млн грн.

Перевезення певної кількості пасажирів M за середньою ціною C за одне перевезення дає дохід, який повинен бути не меншим за витрати, що підуть на здійснення цього обсягу перевезень. Графічно функція доходу є відрізком похилої прямої з початку координат, причому тангенс кута нахилу цього відрізка дорівнює ціні за перевезення на середню відстань. Витрати на надання транспортних послуг графічно відображають відрізком похилої прямої, піднятої над абсцисою на величину постійних витрат $B_{\text{п}}$, а тангенс кута нахилу цього відрізка дорівнює середнім змінним витратам $v_{\text{з.с}}$ (рис. 7.1).

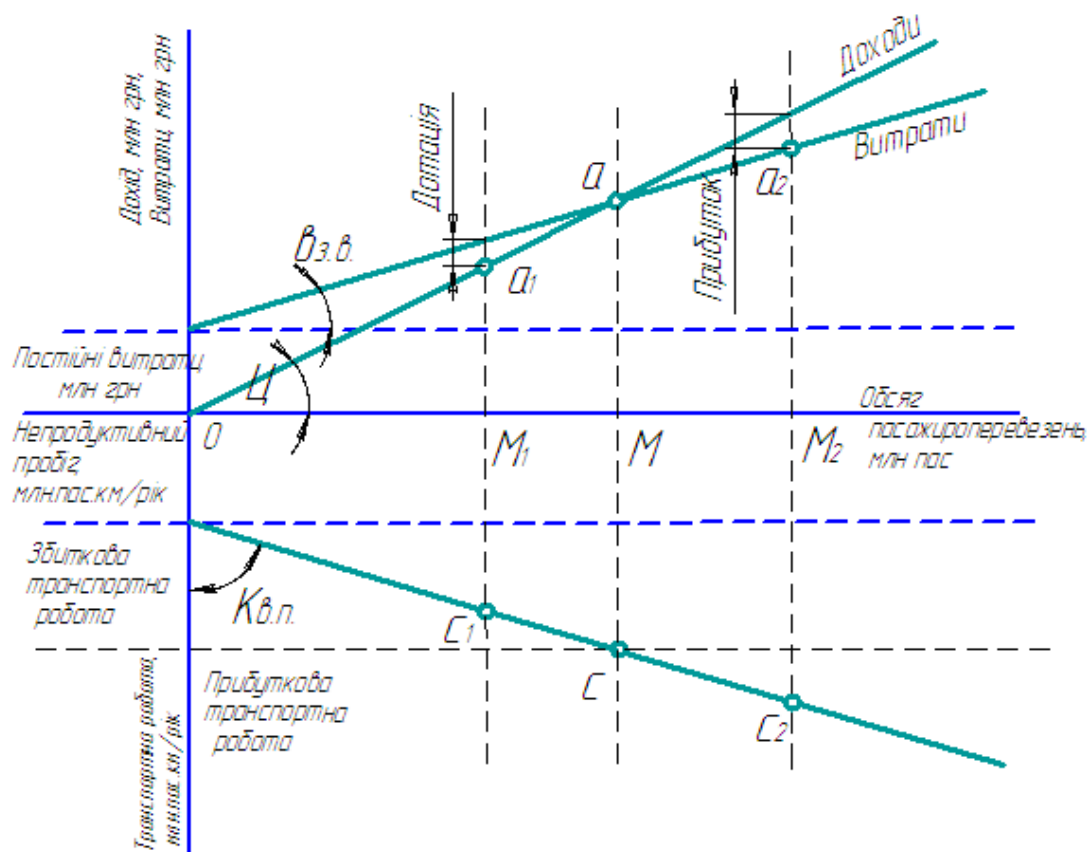


Рисунок 7.1 – Графічна інтерпретація зв'язку транспортної роботи з доходами та витратами

З діаграми (рис. 7.1) видно, що збільшення обсягу перевезень обумовлює зростання доходу і в точці a досягається беззбитковість, коли дохід зрівнюється з витратами. Якщо підприємство перевозить M_1 кількості пасажирів, тобто менше потрібної ($M_1 < M$) щоб досягти беззбитковості, то для її досягнення необхідна дотація. Якщо підприємство перевозить M_2 кількості пасажирів, тобто більше потрібної ($M < M_2$), тоді підприємство має прибуток.

Відповідно до обсягу пасажироперевезень має бути здійснена транспортна робота, що відображається відрізком похилої прямої, що відстоїть від початку координат на величину непродуктивного пробігу (зняття з лінії через несправності, нульові пробіги тощо), а тангенс кута нахилу цього відрізка до лінії обсягу перевезень дорівнює коефіцієнту використання пробігу рухомого складу $K_{e.n.}$.

Практичне заняття № 8

Визначення залежності попиту на пасажироперевезення від ціни квитка

Мета: отримати уявлення про наявність та масштаб залежності попиту на перевезення від ціни квитка.

Те, що від ціни залежить попит, відомо всім, але досвіду з використання такої залежності під час формування цін або як інструмент регулювання ринку пасажироперевезень принаймні на міському електротранспорті досі не було. Між тим потреба у знанні цієї залежності стрімко зростає, зокрема для обґрунтування рішень щодо утворення в центральних районах міст вільних від приватного транспорту зон, під час вирішення питань про надання маршрутним таксі дозволів на роботу на спільних з міським електротранспортом трасах тощо [1].

Якісні параметри цієї залежності можна знайти з порівняння звітних даних про доходи, витрати і прибутки підприємств міського електротранспорту, де з різних причин у різні періоди були встановлені різні

вартості квитків. При цьому за індикатор попиту можна вважати співвідношення між кількостями пасажирів, що зобов'язані сплачувати за свій проїзд, та пасажирів, що користуються правом безкоштовного проїзду – очевидно, що у разі падіння попиту це співвідношення зростає.

Використаємо лінійну модель цінової еластичності:

$$C = a + bM, \quad (8.1)$$

за якою у разі підвищення ціни від C_1 до C_2 обсяг продажу платних транспортних послуг лінійно змінюється від M_1 до M_2 . За відомими коефіцієнтами функції еластичності a , b можна оцінити масштаб змінювання попиту за формулою:

$$M = -\frac{1}{b}(C - a). \quad (8.2)$$

За відсутності якихось ексклюзивних особливостей міста (наприклад, чітко виражена курортна спрямованість, масова міграція самодіяльного населення міста у інші регіони тощо) можна вважати, що попит на послуги міського електротранспорту досить повно віддзеркалюється співвідношенням між кількостями платних та безоплатних пасажирів, так що маючи дані про це співвідношення у разі різних рівнях цін, можна зробити висновок про їхній вплив на попит.

Розглянемо звітні дані двох підприємств за 2020 рік, коли у різних містах ціни квитків були різними, зокрема у підприємства *A* ціна була вже підвищена до 6,0 грн, у той час як у підприємстві *B* вона залишалася на попередньому рівні 3,0 грн (табл. 8.1).

Таблиця 8.1 – Порівняльні дані показників двох підприємств

Показники	Підприємство А	Підприємство Б
Усього перевезено, млн. пас.	180,856	227,066
У тому числі платних	38,24	106,67
Дохід, млн грн	$38,24 \times 6,0 = 229,44$	$106,67 \times 3,0 = 320,01$
Витрати, млн грн	600,68	804,0
Перевищення витрат над доходом, млн грн	$600,68 - 229,44 = 371,24$	$804,0 - 320,01 = 483,99$
Дотація з бюджету, млн грн	490,0	510,0
Прибуток, млн грн	$229,44 + 490,0 - 600,68 =$ $= 119,76$	$320,01 + 510,0 - 804,0 =$ $= 26,01$
Частка платних пасажирів у загальній кількості, як показник попиту, %	$(38,24 / 180,856) \times 100 =$ $= 21,15$	$(106,67 / 227,066) \times 100 = 47$
Втрата доходу від безоплатних перевезень, млн грн	$(180,856 - 38,24) \times 6,0 =$ $= 855,7$	$(227,066 - 106,67) \times 3,0 =$ $= 361,188$

Підставивши дані до виражень для a , b :

$$a = \frac{C_2 M_1 - C_1 M_2}{M_2 - M_1}, \quad b = \frac{C_2 - C_1}{M_2 - M_1}, \quad (8.3)$$

маємо в результаті розрахунку, що коефіцієнти функції еластичності складають: $a = 0,0273$, $b = 0,58$. Отже, принаймні на якісному рівні, можна зробити висновок, що збільшення рівня ціни викликає майже співмірне падіння попиту.

Ясно видно, що підвищення ціни у підприємстві А спричинило до зниження попиту – частка пасажирів, що користуються правом безкоштовного проїзду, набагато вища, ніж у підприємстві Б. Жодних причин вважати, що у місті, де розташовано підприємство А, є якісь особливі умови, за якими співвідношення між кількостями платних та безоплатних пасажирів до підвищення ціни більш ніж вдвічі відрізнялося від такого співвідношення в місті, де розташовано підприємство Б. Отже можна стверджувати, що кількості

пасажирів, яких підвищення ціни не стосується, залишилися незмінними в обох містах, а менше співвідношення між платними та безоплатними пасажирями на підприємстві *A* обумовлене головно зростанням ціни за проїзд.

Прибуток, що отримало підприємство *A*, досягнутий головно за рахунок дотації, яка майже така ж, як і у підприємства *B*. Однак у підприємстві *B* із загальної суми отриманої дотації 510,0 млн грн на покриття витрат на безоплатні перевезення пільгового контингенту пішло 361,188 млн грн, а залишок у 148,812 млн грн – на доплату за ресурси, що подорожчали, у той час як у підприємства *A* дотації у 490,0 млн грн явно замало для покриття 855,7 млн грн витрат на безоплатні перевезення і нестачу у $600,68 - 490,0 = 110,68$ млн грн було компенсовано з гаманців платних пасажирів.

Цікаво, що у разі збереження на підприємстві *A* ціни у 3,0 грн дохід від перевезення тих же самих 38,24 млн пасажирів склав би усього 114,72 млн грн, проте сума втрат від безоплатних перевезень того ж самого пільгового контингенту впала би до 427,85 млн грн. Отже дотації у 490,0 млн. грн цілком вистачило би на покриття цих втрат: $490,0 - 427,85 = 62,152$ млн грн, хоча прибуток практично не знизився і становить $38,24 \times 6,0 + 490,0 - 600,68 = 118,760$ млн грн. Але ж очевидно, що кількість платних пасажирів у разі ціни у 3,0 грн була б набагато більшою, ніж після її підвищення, і тому логічно зробити висновок про деяку поспішність такого різкого підвищення ціни.

Викладені міркування є певною мірою спрощеними, бо не враховують багатьох обставин, які можуть суттєво вплинути на кінцевий результат. Зокрема, зовсім не очевидно, що підприємство має можливості збільшити обсяг транспортної роботи відповідно до зростання попиту, не береться до уваги, що у разі збільшення транспортної роботи витрати перевищать 600,68 млн грн, що зі зростанням попиту збільшиться кількість пільгових пасажирів й тощо. Тим не менше цей приклад певною мірою є показовим.

Практичне заняття № 9

Забезпечення ефективності транспортного процесу на підставі підвищення надійності роботи технічних засобів

Мета: дослідити вплив надійності технічних засобів на ефективність транспортного процесу

Найважливішою умовою забезпечення транспортного процесу є надійність окремо взятого транспортного засобу і їхньої сукупності – автомобільного парку (АТП). Їхня надійність – необхідна, але не єдина умова забезпечення ефективності транспортного процесу [8].

Серед шляхів виконання цього завдання треба вказати такі, як удосконалювання організації перевізного процесу й керування ним; підвищення рівня використання й надійності роботи технічних засобів транспорту; подальше вдосконалювання планування роботи транспорту – усунення зустрічних, зайво далеких і інших нераціональних перевезень вантажів; зниження питомих транспортних витрат, витрат на перевезення вантажів.

Перевезення вантажів на порівняно невеликі відстані, висока маневреність і здатність доставки вантажів більшими й дрібними партіями визначають особливу необхідність скорочення часу на вантажно-розвантажувальні роботи, організації автоперевезень із мінімальними холостими пробігами, максимального використання вантажопідйомності транспортних засобів.

Використання резервів є, однак, складним завданням, оскільки пов'язане з обліком значної кількості зовнішніх і внутрішніх факторів, що впливають на ефективність автомобільного транспорту, його здатність до безперебійних і планових перевезень.

До зовнішніх факторів належать, наприклад, такі, як стан дорожньої мережі, залежність показників транспортного процесу від інтенсивності дорожнього руху і його організації та від природно-кліматичних умов.

До внутрішніх факторів можна віднести експлуатаційну надійність самих автомобілів, організацію їхньої експлуатації усередині АТП, забезпеченість технічною базою, персоналом (водії, ремонтники, інженерний персонал), організацію й керування перевізним процесом. Крім технічних показників доцільно враховувати й економічні, що характеризують госпрозрахункову ефективність використання автомобільного транспорту.

Надійність кожного транспортного засобу – необхідна умова ефективності транспортного процесу. Однак досвід експлуатації транспортних засобів масового використання (вантажні, спеціалізований рухомий склад, автобуси, таксі) показує, що кількість транспортних засобів, які випускають на лінію, звичайно помітно менше кількості працездатних. Виникає поняття «надійність транспортного підприємства».

Зазначимо, що випуск великої кількості рухомого складу на лінію – це лише необхідна, але недостатня умова ефективних транспортних перевезень. Більше загальне поняття ефективності транспортного процесу (ТП) – це властивість виконувати необхідні функції, зберігаючи значення заданих показників, зокрема, експлуатаційних, технічних, економічних, у заданих межах, що відповідають певним умовам експлуатації.

Є ряд причин, за якими ефективність ТП виявляється нижче ефективності автомобілів, що беруть участь у ньому: кінцева надійність автомобільного парку виявляється нижчою, ніж надійність складових його автомобілів, внаслідок простоїв автомобілів за організаційних і технічних причин; ступінь використання вантажопідйомності автомобіля є різною. Недостатнє її використання можна розглядати як витрати, але можливо й збільшення вантажопідйомності понад номінальну у разі перевезень в гарних умовах, а головне, за рахунок використання причепів; мають місце простої автомобілів, наприклад вантажних, що очікують вантажно-розвантажувальних робіт; спостерігається різний ступінь використання часу перебування автомобілів в наряді, обумовлене холостими пробігами автомобілів, які можуть бути порівнянні з пробігами навантажених автомобілів.

Можна оцінити перераховані витрати й простої умовно, за кількістю автомобілів, що вибувають із особистої участі в перевізному процесі. Такі дані, обрані як приклад, подані в таблиці 9.1.

Таблиця 9.1 – Розподіл автомобілів декількох АТП за різним станом у парку й на лінії (на кожні $N_0 = 100$ автомобілів для середнього робочого дня)

Стан, характеристики, показники	АТП			
	1	2	3	4
Стан автомобілів у парку:				
– у ТП або ремонті N_{mp}	24	20	13	6
– у простої за іншими	14	21	15	21
Випуск на лінію N_l	62	59	72	73
Автомобілі, що не беруть участь у перевезеннях вантажів внаслідок: – холостих пробігів N_{xn}	21	16	14	24
– простоїв (навантаження-розвантаження) N_{nc}	15	20	12	13
Умовне збільшення кількості автомобілів за рахунок використання причепів, перевантажень N_{ng}	5	7	12	20
Кількість умовних автомобілів, достатніх для виконання заданої транспортної роботи (без перерахованих витрат) N_{on}	31	30	58	56
Середня технічна швидкість v , км/год	26,4	29,2	35,0	32,5
Час у наряді T_p , год	9,3	10,8	8,4	8,1
Умовна транспортна робота за день, $A \cdot 10^3$, т · км	30,4	37,8	68,2	58,9

В АТП-1 залишаються в парку 38 автомобілів, а з 62 автомобілів, що вийшли на лінію, втрати, обумовлені простоями чекаючи навантаження-розвантаження, а також холостими пробігами, становлять 36 умовних автомобілів. З огляду на те, що використання причепів еквівалентно

збільшенню кількості автомобілів на 5, за таким умовним розрахунком у разі відсутності витрат бути б досить мати на АТП 31 автомобіль замість 100.

В інших АТП умови експлуатації автомобілів і перевезень інші, наприклад, в АТП-4 ефективність використання вище й становить 58 автомобілів із 100. Оскільки кінцевою оцінкою ефективності транспортного процесу є обсяг вантажообігу, варто врахувати середню технічну швидкість руху й час перебування автомобілів на лінії. Ці показники вище на АТП-2 у порівнянні з АТП-1, і відповідно ефективність транспортного процесу вище.

Ще вище ефективність АТП-3 і АТП-4, але досягнута вона іншим шляхом – підвищенням середніх швидкостей руху у разі зменшення тривалості робочого дня водія.

З наведеного приклада можна зробити висновки, що мають досить загальний характер:

1) надійність автомобіля й надійність парку автомобілів – величини різні. Якщо оцінювати надійність автомобілів за коефіцієнтом технічного використання, то в нашому прикладі він лежить у межах

$$K_{mi} = (N_o - N_{mp}) / N_o = 0,76...0,94. \quad (9.1)$$

Помітимо, що

$$R_d = N_d / N_o = 0,59...0,73. \quad (9.2)$$

Умовна ймовірність використання автомобілів у перевізному процесі ще нижче:

$$R_{пп} = N_{он} / N_o = 0,30...0,58. \quad (9.3)$$

Облік різної кількості факторів дає різні результати під час порівняння АТП. За надійністю автомобілів гіршим є АТП-1; за надійністю парку автомобілів АТП-2, за ефективністю умовної транспортної роботи кращим є АТП-3, а не АТП-4, де надійність автомобілів найвища;

2) результати транспортного процесу (транспортна робота) визначаються сімома величинами: N_{mp} , N_{np} , $N_{хп}$, $N_{нс}$, $N_{нг}$, v , T_p . Між ними немає твердої взаємозалежності;

3) можна очікувати істотних відмінностей у забезпеченні ТП,

обумовлених різною організацією перевізного процесу (стратегій управлінських рішень), існуванням резервів підвищення ефективності ТП. Щоб це виявити, необхідна система показників, що характеризують ефективність ТП, як окремих його складових, так і всього процесу в цілому.

4) як узагальнений показник, що характеризує ТП у цілому, може бути прийнята транспортна робота (обсяг вантажообігу). Під цим мають на увазі добуток маси перевезеного вантажу m_r на пробіг за деякий відрізок часу (доба, квартал й тощо) L . Якби маса вантажу й пробіг відповідали нормативним (заданим, планованим) показникам, то була б нормативна транспортна робота $A_H = m \cdot L_H$, (в т·км). Фактичні значення будуть відрізнятися від нормативних, тому $A_\phi = m_\phi \cdot L_\phi$. Для кількості перевезеного вантажу приймаємо, що величина m_ϕ визначається випуском автомобілів на лінію й використанням вантажопідйомності автомобілів, тобто

$$R_1 = N_1 / N_{cn} ; R_2 = m_{m\phi} / m_{m\phi} = 0,59...0,73. \quad (9.4)$$

де N_1, N_{cn} – кількість автомобілів відповідно на лінії й облікове;

$m_{m\phi}, m_{m\phi}$ – кількість вантажів (що приходить, наприклад, на один автомобіль) відповідно фактичне й нормативне.

Пробіг за заданий проміжок часу буде визначатися для нормованого показника часом T_H перебування автомобілів у наряді й середній швидкості руху v_{cn} , а для фактичного – відповідно величинами $T_\phi, v_{c\phi}$. Отже, пробіги становитимуть:

$$L_H = T_H \cdot v_{cn} \text{ і } L_\phi = T_\phi \cdot v_{c\phi}. \quad (9.5)$$

Вище були зазначені дві причини, що зменшують пробіг автомобілів із вантажем, – простої під навантаженням і розвантаженням й холості пробіги. У зв'язку із цим:

$$R_3 = \frac{T_\phi}{T_H} = \left(\frac{T_D}{T_D + T_{II}} \right)_\phi \left(\frac{T_D + T_M}{T_D} \right)_H ; \quad (9.6)$$

$$R_4 = \left(\frac{T_{ДГ}}{T_{ДГ} + T_{ДХ}} \right)_\phi \left(\frac{T_{ДГ} + T_{ДХ}}{T_{ДГ}} \right)_H. \quad (9.7)$$

де T_D, T_{II} – час відповідно в русі й простої;

$T_{дГ}, T_{дХ}$ – час руху відповідно з вантажем і без вантажу.

З огляду на уведені позначення, запишемо вираження транспортної роботи й вхідних для неї величин:

$$A_H = m_{ГН} \cdot T_H \cdot v_{сн}; \quad A_H = R_{Г} m_{ГН} \cdot R_{П} \cdot T_{Ф} \cdot v_{сФ}, \quad (9.8)$$

де $R_{Г} = R_1 \cdot R_2$; $R_{П} = R_3 \cdot R_4$.

Відносна величина – коефіцієнт ефективності, що характеризує транспортний процес, буде дорівнює відносній величині витрат транспортної роботи, як події $F_{ТП}$, протилежної ефективності – $R_{ТП}$.

Тут було прийняте допущення, що різниця між середніми швидкостями $v_{сн}$ і $v_{сФ}$ відсутня, а також припущення, що фактичний час у наряді не відрізняється від планового. Із трьох останніх формул також потребується умовність припущень, що коефіцієнти R_1, R_2 визначають кількість перевезеного вантажу, а R_3, R_4 – довжину пробігів.

Отримана система коефіцієнтів дає певні можливості для аналізу ефективності транспортного процесу. Зв'язок отриманих коефіцієнтів – це система показників відповідної ієрархії (табл. 9.2).

Таблиця 9.2 – Ієрархія показників, що характеризують ефективність ТП

Показники, що визначають		Призначення показників (характеристика)
вантажопідйомність	пробіг	
		Стратегія управління ефективністю ТП
		Використання вантажопідйомності, пробігу
		Ефективність транспортного процесу

Загальним між цими показниками є те, що вони дають змогу одержати загальну $R_{ТП}$ і частки $R_{Г}, R_{П}$ характеристики ТП, причому приватні характеристики уточнюють використання вантажопідйомності рухомого складу

й добового пробігу. Подальшим уточненням є коефіцієнти $R_1, \dots, R_4$, що характеризують стратегію управління ефективністю ТП, що склалася стихійно або розроблена спеціально.

Загальне між коефіцієнтами $R_1, \dots, R_4$, у тім, що їхнє змінювання рівною мірою впливає на ефективність ТП. Разом з тим кожний із них має свої можливості збільшення (змінювання). Так R_1 залежить від надійності автомобільного парку: від моделей і їхнього віку, виробничої бази АТП, організації технічного обслуговування (ТО) й ремонту (Р) та інших відомих факторів. Коефіцієнт R_2 визначає якість доріг, можливість перевантаження автомобілів, оснащеність АТП автопоїздами, причепами; коефіцієнт R_3 обумовлений організацією вантажно-розвантажувальних робіт; коефіцієнт R_4 залежить від розміщення відправників вантажу й вантажоодержувачів і від прийнятої схеми автоперевезень й тощо.

Практика показує, що різні АТП використовують свої можливості по-різному, стратегії їхніх дій з керування ефективністю ТП різні.

На підставі існуючих щорічних даних за сукупністю транспортних керувань може бути проведений порівняльний аналіз ефективності ТП [8]. Для цього варто визначити наведені вище коефіцієнти (табл. 9.1). Транспортні підприємства А і Н розташовані в порядку убудовування коефіцієнта ефективності R_{TP} . Показники транспортних підприємств можуть не дуже відрізнятися один від іншого у разі централізованого керування ТП.

Якщо зрівняти кращі показники з гіршими, то різниця в ступені використання пробігів (близько 72 %) порівнянна з розходженням у використанні вантажопідйомності (близько 78 %). Щоб це уточнити, варто перейти до наступного ієрархічного рівня: (змінювання R_T пояснюються змінюванням R_1 (близько 37 %) і R_2 (близько 39 %). Розходження більше для величин, що обумовлюють R_{TP} : на 23 % для R_3 і на 78 % для R_4 .

Отже, найбільші можливості для подальшого збільшення складових R_{TP} , створюються у разі прискорення вантажно-розвантажувальних робіт, а найменші – у разі зменшення частки холостих пробігів.

Оскільки складових, що визначають ефективність ТП, чотири й кожна може приймати різні значення, ефективність ТП у розглянутих транспортних підприємствах змінюється більш ніж на 90 %. Це є свідченням наявності відомих резервів подальшого підвищенні якості роботи ТП.

Рішення завдання припускає вибір тієї або іншої стратегії в забезпеченні ТП. Можливі стратегії різні. Стратегія може складатися стихійно, у процесі поточної роботи, або створюватися направлено за планом із урахуванням місцевих особливостей і можливостей.

Розглянемо приклади стратегій зазначених транспортних підприємств. Найбільш висока ефективність ТП, досить близька для перших двох підприємств, досягнута різними шляхами (табл. 9.3).

Таблиця 9.3 – Приватні й загальні характеристики надійності транспортного процесу за деякими підприємствами (показники середньорічні)

Транспортні підприємства	Час у наряді, год	Характеристики надійності						
		R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	$R_{ТП}$
А	9,8	0,626	1,381	0,650	0,882	0,865	0,573	0,496
Б	9,3	0,673	1,501	0,577	0,841	1,010	0,485	0,490
В	9,9	0,698	1,292	0,627	0,800	0,902	0,501	0,452
Г	9,9	0,719	1,259	0,631	0,791	0,905	0,499	0,451
Д	9,9	0,652	1,334	0,636	0,802	0,870	0,510	0,444
Е	9,8	0,723	1,213	0,606	0,809	0,877	0,490	0,430
Ж	9,6	0,637	1,184	0,637	0,775	0,754	0,494	0,375
З	8,6	0,609	1,152	0,691	0,713	0,701	0,492	0,346
І	8,9	0,570	1,081	0,665	0,786	0,616	0,552	0,322
К	8,5	0,596	1,132	0,653	0,728	0,675	0,475	0,321
Л	9,1	0,529	1,195	0,644	0,736	0,609	0,454	0,297
М	8,8	0,564	1,152	0,634	0,717	0,650	0,455	0,295
Н	8,6	0,582	1,217	0,563	0,633	0,720	0,356	0,258

Для підприємства А вирішальне значення мають високий ступінь використання пробігу, скорочення процесів навантаження-розвантаження.

У підприємства Б приблизно ті ж кінцеві результати були досягнуті шляхом підвищення коефіцієнта використання вантажопідйомності в результаті широкого застосування причепів (найбільший коефіцієнт серед

всіх підприємств) і досить високої надійності АП. Погане використання пробігу (передостаннє місце серед всіх) трохи компенсується гарною організацією вантажно-розвантажувальних робіт (друге місце серед усіх). Останнє місце транспортного підприємства обумовлено головним чином більшою питомою вагою холостих пробігів і затяжних процесів навантаження-розвантаження. Трохи більше використання вантажопідйомності (на рівні останньої третини списку) не міняє кінцевих результатів.

Можна відзначити й вплив тривалості автомобільних перевезень: час перебування автомобілів у наряді для першої половини підприємств помітно вище, ніж для інших. Однак варто враховувати, що тривалий час перебування автомобіля в наряді залежить від того, чи зберігаються умови, сприятливі для трудової діяльності водія, наскільки він розвантажений від додаткових обов'язків (мийка й догляд за автомобілем, виконання ТО й Р й тощо). Якщо ці умови не дотримуються, то наслідки виявляються самими несприятливими: зниження безпеки руху, посилення плінності кадрів, зменшення кількості найбільш досвідчених водійських кадрів й тощо.

Підвищення ефективності ТП не обов'язково припускає переважне використання вантажопідйомності під час пробігу. У підприємствах В і Г або Л і М розходження між приватними й підсумковими коефіцієнтами R_i невелике, що свідчить про рівномірний розподілу зусиль за всіма можливими напрямками забезпечення ефективності ТП.

Практичне заняття № 10

Оптимальний план роботи ділянки заготівельного цеху

Мета: отримати уявлення про можливості зменшення ресурсовитратності за рахунок удосконалення планування виробничих завдань.

Процедуру складання оптимального плану розглянемо на прикладі формування змінного завдання дільниці гумотехнічних виробів заготівельного цеху депо або ремонтних майстерень. Ці вироби призначаються взагалі для потреб свого підприємства, але у менеджерів може виникнути ідея продавати продукцію іншим підприємствам, і тоді є необхідність організації роботи ділянки з постійним персоналом, помісячним плануванням, відповідним забезпеченням сировиною тощо. У цьому випадку перед керівником цеху повстає завдання ефективності роботи ділянки. Для цього можна використовувати методику складання оптимального плану, що є різновидом розв'язання завдання лінійного програмування в умовах повної визначеності.

На дільниці виробляється 2 види продукції – сайлент-блоки з відпускною ціною 165 грн, та амортизаційні подушки за 140 грн. На кожний сайлент-блок йде по 0,4 кг сирової гуми, по 0,05 кг технічної сажі з домішками і хімічними добавками, та витрачається 0,1 людино-дня робочого часу, виготовлення амортизаційної подушки потребує 0,5 кг гуми, 0,25 кг сажі та 0,0625 людино-дня відповідно. Матеріальні та трудові ресурси обмежені – щоденний запас гуми складає 20 кг, сажі – 15 кг, на ділянці працює 4 людини.

Постає природне питання: по скільки треба робити сайлент-блоків та амортизаційних подушок, щоб загальна вартість випущеної за зміну продукції була найбільшою у разі неперевикнення витрат наявних ресурсів? Очевидно, що отримати відповідь на це питання простим перебором варіантів нереально, бо кількість комбінацій кількостей сайлент-блоків та подушок дуже велике.

Перекладімо цю задачу на мову лінійного програмування – позначимо через X_1 , X_2 невідомі кількості сайлент-блоків та подушок відповідно, тоді щоденна вартість випущеної продукції складе:

$$P = 165 \cdot X_1 + 140 \cdot X_2.$$

Очевидно, це і буде аналітичним вираженням цільової функції. Умови неперевикнення щоденних ресурсів гуми, технічної сажі та робочого часу мають вигляд:

$$\begin{aligned} 0,4 \cdot X_1 + 0,5 \cdot X_2 &\leq 20; \\ 0,05 \cdot X_1 + 0,25 \cdot X_2 &\leq 15; \\ 0,1 \cdot X_1 + 0,0625 \cdot X_2 &\leq 4; \\ X_1 &\geq 0; \\ X_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

Оскільки невідомих лише два, будь-якому плану випуску продукції відповідає точка на площині з координатами X_1, X_2 . Ця точка розташовується в певній області, обмеженій трьома відрізками прямих:

$$\begin{aligned} 0,4 \cdot X_1 + 0,5 \cdot X_2 - 20 &= 0; \\ 0,05 \cdot X_1 + 0,25 \cdot X_2 - 15 &= 0; \\ 0,1 \cdot X_1 + 0,0625 \cdot X_2 - 4 &= 0. \end{aligned}$$

Розв'язання цих рівнянь дає: для першого відрізка $X_1 = 50, X_2 = 40$; для другого $X_1 = 300, X_2 = 60$, і для третього відрізка $X_1 = 40, X_2 = 64$.

Припустимо, що бажана вартість щоденної продукції, що випускається на розглядувальній виробничій ділянці, складає, наприклад, $P = 4\,000$ грн. Геометрично це означає, що кількості виробів X_1, X_2 задовольняють рівнянню цільової функції, ліва частина якого дорівнює 4 000:

$$4\,000 = 165 \cdot X_1 + 140 \cdot X_2.$$

Це рівняння відрізка прямої, точки перетинання якої з осями координат можна знайти за звичними правилами аналітичної геометрії: $X_a = 28,6$, та $X_b = 24,2$. Отже, на цій прямій координати будь-якої точки, що означають кількості сайлент-блоків та амортизаційних подушок, забезпечують вартість продукції саме у 4 000 грн, але чи є це максимумом – невідомо.

Можна повторювати розрахунки, збільшуючи вартість до 5 000, 6 000 грн і так далі, і кожний раз отримувати нові прямі однакової вартості продукції, на яких координати будь-якої точки забезпечуватимуть зазначені вартості, однак нема гарантій того, що ці вартості максимально можливі. Врешті-решт, після

чергового збільшення бажаної вартості продукції помітимо, що пряма однакової вартості вийде за межі області припустимих планів. Це означає, що при заданих обмеженнях тої вартості досягти вже не можна.

Розглянута процедура може з успіхом використовуватися не тільки для планування змінних чи місячних завдань з виготовлення якихось виробів, а й для складання нарядів на випуск рухомого складу, вибору типу рухомого складу при формуванні лізингових договорів тощо, причому для витрат часу на планування велика кількість змінних практично не має значення.

Практичне заняття №11

Визначення завантаженості робітника апарату управління

Мета: отримати уявлення щодо практичних процедур оцінки відповідності кадрів вимогам, що накладає посада.

В умовах ринкової економіки надзвичайно велике значення має добір кадрів належної професійної підготовки та особистісних якостей. Відомо, що вдало підібраний керівник за тих же самих умов праці може суттєво покращити результативність роботи підрозділу, і навпаки. Тому оцінка відповідності кадрів займаним посадам має бути на регулярній основі.

При цьому потрібно використовувати об'єктивні критерії відповідності працівника вимогам певної посади, серед яких найпростішим є співставлення фактичного рівня керованості з нормою – якщо фактичний рівень дорівнює або навіть перевищує норму, а результативність роботи підрозділу досить висока, то цей працівник відповідає посаді і може розглядатися як кандидат на службове підвищення.

Показником, за яким визначають чисельності працівників, є кількість контактів із іншими працівниками апарату управління або виробничим персоналом, у які вступають керівники протягом робочого часу в процесі виконання службових обов'язків, що має назву рівня керованості [1, 2].

Рівень керованості працівника j -ої ланки структури управління визначають за формулою:

$$r_j = \frac{\sum_{k=1}^K T_{jk}}{T_{(p)j} \mu_j}, \quad j=1,2,\dots,J; \quad k=1,2,\dots,K, \quad (11.1)$$

де T_{jk} – середній час, потрібний керівникові зазначеного ієрархічного рівня на здійснення k -ої функції відповідного підрозділу апарату управління протягом зміни (добы);

$T_{(p)j}$ – середня тривалість робочого часу керівника j -го ієрархічного рівня, що витрачається на контакти з персоналом під час здійснення керування;

μ_j – коефіцієнт інтенсифікації управлінської праці ($0 \leq \mu_j \leq 1$).

Фактичні рівні керованості не повинні перевищувати певні норми, якими є граничні значення $r_j \leq H_j$, що за кожною категорією працівників встановлюються емпірично, на підставі досвіду.

Підррахуємо рівень керованості майстра відділення щодобового огляду, у якого норма керованості складає 20. У відділенні в середньому працює 2 бригади по 5 працівників, які щодобово оглядають по 52 вагона. За даними спостережень для цього підприємства витрати робочого часу на стандартні дії майстра протягом зміни тривалістю 11 годин на одну рухому одиницю або на одного робітника складають:

- розпорядження на пересування вагону по канаві – 0,15 год/вагон;
- простеження за пересуванням вагону по канаві – 0,06 год/вагон;
- оцінка технічного стану рухомого складу, прийняття рішень про звичайний огляд та обслуговування або необхідність позапланового ремонту – 0,2 год/вагон;
- поточний контроль додержання робітниками вимог охорони праці протягом часу проведення огляду вагону – 0,104 год/осіб;
- двократний поточний контроль додержання технології, справності інструменту тощо протягом часу проведення огляду – 0,26 год/осіб;

- приймання виконаної роботи – $0,1 \text{ год/вагон}$;
- оформлення документів (підписи у технічних журналах, виписка вимог на інструментальну комору тощо) – $0,15 \text{ год/вагон}$;
- розпорядження на вихід вагону із зони огляду – $0,15 \text{ год/вагон}$;
- простеження за пересуванням вагону на вихід – $0,06 \text{ год/вагон}$.

Коефіцієнт μ_j становить $0,25$, тобто кожна четверта із розпорядчих та контрольних дій майстра може бути поєднана з іншими.

Витрати часу за видами діяльності майстра протягом зміни становлять:

$$T_1 = 52 \text{ ваг} \times 0,15 \text{ год/ваг} = 7,8 \text{ год};$$

$$T_2 = 52 \times 0,06 = 3,12;$$

$$T_3 = 10 \text{ осіб} \times 0,104 \text{ год/осіб} = 1,04;$$

$$T_4 = 2 \text{ рази} \times 10 \text{ осіб} \times 0,26 \text{ год/осіб} = 5,2;$$

$$T_5 = 52 \text{ ваг.} \times 0,1 = 5,2;$$

$$T_6 = 52 \text{ ваг} \times 0,1 = 5,2;$$

$$T_7 = 52 \text{ ваг} \times 0,15 = 7,8;$$

$$T_8 = 52 \text{ ваг} \times 0,15 = 7,8;$$

$$T_9 = 52 \text{ ваг} \times 0,06 = 3,12.$$

Усього загальна трудомісткість дорівнює $55,64$ годин у разі послідовного виконання управлінських дій. Тоді рівень керованості майстра, з урахуванням коефіцієнта інтенсифікації управлінської праці, дорівнює

$$r = \frac{55,64}{11 \times 0,25} = 20,2.$$

Отже майстер протягом робочого часу повинен принаймні двічі безпосередньо контактувати з кожним із 10 робітників. Оскільки рівень керованості мало відрізняється від норми, один майстер повинен повністю забезпечити керівництво відділенням.

Отже, якщо очолювана цим майстром ділянка демонструє належний рівень роботи (відсутність повторних заявок, відсутність зауважень відділу технічного контролю, дотримання вимог охорони праці тощо), то слід зробити

висновок про його повну відповідність займаній посаді та перспективу підвищення.

Практичне заняття № 12

Застосування методів експертології для прийняття рішення

Мета: ознайомити з технологією отримання експертних висновків на підставі значення коефіцієнта конкордації.

В практиці управлінської діяльності керівнику підприємства іноді приходится приймати рішення в умовах невизначеності. Така ситуація складається коли немає змоги швидко зібрати необхідну інформацію, зробити розрахунки або інформація коштує дуже дорого. В цьому випадку до прийняття рішення залучаються експерти. Експерти на інтуїтивному рівні та на підставі власного уявлення і досвіду можуть досить впевнено оцінювати, принаймні якісно, запропоновані заходи з точки зору їхньої ефективності. На цей час розроблено багато методів експертології. Розглянемо один із них, де узгодженості думок спеціалістів базується на підставі значення коефіцієнта конкордації [6].

Наприклад, перед транспортним підприємством стоїть мета підвищення експлуатаційної швидкості руху на маршрутах міського транспорту. З урахуванням реальних можливостей експертами було сформульовано, що досягнення поставленої мети можна досягти, якщо:

- 1) поліпшити умови дорожнього руху: поліпшення стану дороги, шляху й контактній мережі;
- 2) зменшити затримки на зупиночних пунктах;
- 3) впровадити раціональні режими водіння;
- 4) поліпшити технічний стан транспортних засобів;
- 5) впровадити заходи з охорони праці водіїв.

Ступінь впливу кожного фактора показали 10 дипломованих фахівців в області організації руху. Всі перераховані фактори ранжирувалися експертами в порядку убавання (табл. 12.1). На результативну ознаку окремих факторів

істотно впливає коефіцієнт конкордації, що характеризує ступінь погодженості думок фахівців. Величина цього коефіцієнта коливається від 0 (повна непогодженість) до 1 (повна погодженість). Коефіцієнт конкордації j визначається за формулою:

$$j = \frac{\Delta}{\frac{1}{12}m^2(n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i}, \quad (12.1)$$

де Δ – табличне значення [5];

m – кількість експертів (10);

n – кількість факторів (5);

$\sum_{i=1}^m T_i$ – сума виправлень на об'єднанні ранги за кожним експертом.

Виправлення на об'єднанні ранги $\sum_{i=1}^m T_i$ складаються з виправлень T_i за кожним експертом. У першому ранжируванні зустрічається один випадок об'єднання двох рангів x_2 і x_5 об'єднаний ранг дорівнює 2,5. Отже, кількість однакових рангів у першому ранжируванні $t = 2$, звідси:

$$T = \frac{1}{12}(t^3 - t); \quad (12.2)$$

$$T = \frac{1}{12}(2^3 - 2) = 0,5.$$

Підставляючи значення t у формулу (12.2), одержуємо $T_1 = 0,5$. Об'єднання двох рангів за одним випадком зустрічається ще в сімох рангах 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10 (табл. 12.1). У такий спосіб сума виправлень для всіх ранжирувань становить $\sum_{i=1}^m T_i = 4,0$. Тоді, виходячи з формули (12.1), розраховане значення коефіцієнта конкордації становить:

$$j = \frac{638}{\frac{1}{12} \times 10^2 (5^3 - 5) - 10 \times \sum_{i=1}^m 4,0} = 0,664.$$

Отриманий коефіцієнт конкордації підтверджує високий ступінь погодженості думок опитаних фахівців про вплив окремих факторів на

експлуатаційну швидкість. Значимість коефіцієнта конкордації оцінюється за критерієм:

$$X^2 = \frac{\Delta}{\frac{1}{12}mn(n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^m T_j}; \quad (12.3)$$

$$X^2 = \frac{638}{\frac{1}{12} \times 10 \times 5 \times (5+1) - \frac{1}{5-1} \times \sum_{j=1}^m 4,0_i} = 26,58.$$

Розрахункове значення критерію дорівнює 26,58, що перевищує відповідне табличне значення 23,21 для рівня істотності 0,01 і кількості ступенів свободи $m = 10$. Отже, з довірчою ймовірністю 99 % можна затверджувати, що думки фахівців погоджені не випадково [5].

Таблиця 12.1 – Вихідні дані для розрахунку коефіцієнта конкордації

Фактори	Нормальне ранжирування відповідно до оцінки кожного фахівця										$\sum_{j=1}^m X_{ij}$	$\sum_{j=1}^m X_{ij} - \frac{150}{5}$	$\left(\sum_{j=1}^m X_{ij} - \frac{150}{5} \right)^2$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Впровадження раціональних режимів водіння	5	3	4	4	4	3	4,5	5	3,5	4,5	40,5	10,5	110,25
Поліпшення технічного стану транспортних засобів	2,5	1	3,5	1,5	1	4	3	3	1	2	22,5	-7,5	56,25
Впровадження заходів з охорони праці водіїв	4	5	3	5	5	5	4,5	4	5	4,5	45	15	225
Поліпшення стану дороги, шляху й контактній мережі	1	2	1	1,5	1	1,5	1	1,5	2	1	14,5	-15,5	240,25
Зменшення затримок на зупиночних пунктах	2,5	4	3,5	3	3	1,5	2	1,5	3,5	3	27,5	-2,5	6,25
Разом	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	150	x	638

Аналіз, проведений за допомогою експертних оцінок, дозволив одержати нову достовірну інформацію, що має суспільну значимість, – виявити найважливіші фактори, що впливають на експлуатаційну швидкість.

Найбільший вплив значення експлуатаційної швидкості робить фактор, що має найменшу суму рангів. З таблиці 12.1 видно, що таким фактором виявився «стан дороги, шляху й контактній мережі». Тому цей фактор посів перше місце (сума рангів дорівнює 14,5).

Друге місце за значимістю одержав фактор «технічний стан транспортних засобів» (сума рангів дорівнює 22,5).

Третє місце, на думку експертів, належить «зменшенню затримок на зупиночних пунктах» (сума рангів дорівнює 27,5).

На четвертому місці – «впровадження раціональних режимів водіння» (сума рангів дорівнює 40,5).

На п'яте місце експерти поставили «впровадження заходів із охорони праці водіїв» (сума рангів дорівнює 45).

Виявлене розташування факторів за ступенем їхнього впливу на експлуатаційну швидкість говорить про те, що головна стратегія її підвищення повинна бути спрямована на поліпшення якості доріг і їхнього інженерного забезпечення. Для будівництва й ремонту доріг (шляхів), їхнього інженерного оснащення, а також відновлення парку транспортних засобів треба організувати залучення іноземних інвестицій. Це дасть змогу прискорити розвиток транспортного підприємства, поліпшити обслуговування пасажирів і створити ефективне ринкове господарство.

Практичне заняття №13

Визначення привабливості проєкту для економіки держави

Мета: набути відомості про визначення ефективності проєкту з погляду вигод для суспільства.

Досвід проведення економічного аналізу показав, що під час відбору проєктів найпоширенішими визнаються такі економічні цілі національного розвитку [6]:

- створення в країні доданої вартості;
- надходження або економія іноземної валюти;
- розвиток інфраструктури;
- створення нових робочих місць;
- підготовка кваліфікованих кадрів;
- залучення і використання місцевих ресурсів.

Розглянемо методику оцінки економічної привабливості проєкту поетапно. На першому етапі встановлюють цілі розвитку проєкту і визначають їхню пріоритетність, використовуючи дерево цілей та наслідків. Після виділення пріоритетних критеріїв їх слід проранжувати, визначивши величину питомої ваги кожного критерію у величині загальної економічної привабливості.

Другим етапом оцінки є розрахунок кількісного значення встановлених раніше критеріїв. Необхідні данні беруть із фінансових звітів проєктів. Рейтингові ряди значення критеріїв за комплексним проєктом (табл. 13.1) показують відповідність результатів проєкту поставленим цілям. За кожним критерієм визначають найпривабливіший проєкт і розраховують індекс критерію для кожного проєкту шляхом ділення величини критерію за конкретним проєктом на значення кращого рейтингу в цій категорії.

Таблиця 13.1 – Оцінка економічної привабливості проєкту

Критерій	Питома вага критерію	Значення критерію			Кращий показник (рейтинг)	Індекс критерію		
		Проекти				Проекти		
		A	B	C		A	B	C
Необхідні інвестиції на одне робоче місце, грн	0,2	5 000	12 000	12 000	5 000	1,0	0,42	0,33
Одержання доданої вартості,%	0,4	10	20	30	30	0,33	0,66	1,0
Заощадження іноземної валюти, частка	0,1	20 000	10 000	40 000	40 000	0,5	0,25	1,0
Доходність проєкту, %	0,3	12	18	15	18	0,66	1,0	0,83

На заключному етапі оцінка загальної привабливості кожного проєкту розраховується як середньозважена величина індексів проєкту. Найвище середньозважене значення свідчить про економічну привабливість проєкту.

Середньозважений індекс проєкту А:

$$0,2 \times 1,0 + 0,4 \times 0,33 + 0,1 \times 0,5 + 0,3 \times 0,66 = 0,58.$$

Середньозважений індекс проєкту В:

$$0,2 \times 0,42 + 0,4 \times 0,66 + 0,1 \times 0,25 + 0,3 \times 1,0 = 0,673.$$

Середньозважений індекс проєкту С:

$$0,2 \times 0,38 + 0,4 \times 1,0 + 0,1 \times 1,0 + 0,3 \times 0,83 = 0,825.$$

Отже, за результатами розрахунків можна обрати проєкт С, як такий, що відповідає цілям економічного розвитку країни.

Визначимо як негативно можуть впливати транспортні проєкти на навколишнє середовище. Для того, щоб прийняти рішення за варіантом проєкту на підставі аналізу ефективності необхідно використати загальні методи екологічного аспекту. Питання, що розглядаються під час проведення екологічного аналізу такі:

– визначення екологічного аналізу і необхідність застосування його в комплексній експертизі проєктів;

– мати на увазі, що екологічний аспект є самим складним аналізом серед інших аспектів;

– виявити які негативні наслідки роботи маршрутного транспорту впливають на навколишнє середовище;

– розглянути методи зниження негативного впливу пасажирського транспорту на навколишнє середовище.

Аналітичним способом дамо порівняльну оцінку альтернативних проєктів, якщо «цільовою» вимогою є зниження викидів до 100 частин на мільйон (*ч. н. м.*) (табл. 13.2).

Таблиця 13.2 – Показники варіантів проєкту

Варіанти	Вартість установки, млн дол	Рівень викидів, <i>ч. н. м.</i>
А	50	98
Б	15	135
В	25	105

Проведемо аналіз. Варіант А є єдиним, що задовольняє поставлену вигоду. Варіант Б набагато дешевший, але явно не задовольняє «цільову» вимогу. Варіант В становить проблему: він обходиться у двічі дешевше варіанта А, а вимогу перевищує незначно. Який варіант кращий? Чисто нормативний підхід може вимагати прийняти А, хоча В дає змогу заощадити 25 млн дол. Чи виправдовує невелике підвищення рівня викидів відмову від економії 25 млн дол. Вибір залежить від потенційної небезпеки вищого рівня викидів і готовності суспільства заплатити дорожче за додержання певних вимог.

Практичне заняття № 14

Визначення привабливості інвестиційного проєкту

Мета: ознайомити з методами оцінки ефективності проєкту, та отримання навичок використання критеріїв оцінювання ефективності інвестиційних проєктів.

Інвестор, якому пропонується профінансувати реалізацію проєкту, має бути впевненим, що вкладені кошти принесуть йому прибуток більший за банківський процент. За цих обставин керівництво підприємства, що ініціює проєкт, має стати на позицію майбутнього інвестора і подивитися на умови, що будуть йому запропоновані, його очима.

В першу чергу слід прийняти до уваги, що суми, які потрібно витратити на проєкт, наприкінці кожного наступного року за рахунок банкового відсотку мали би більшу вартість, якби кошти не витрачалися, а перебували б на депозиті у банку. Дійсно, якщо у перший рік у проєкт потрібно вкласти, наприклад, $Q_1 = 100\,000$ грн, то на третій рік ($t = 3$) ця сума, з урахуванням п'ятивідсоткової (умовно) дисконтної ставки ($r = 0,05$), мала б вартість:

$$Q_3 = Q_1(1+r)^t = 100\,000 \times (1+0,05)^3 = 115\,762,5 \text{ грн.}$$

Формально виходить так, що на свої вкладені у перший рік 100 000 грн інвестор наприкінці третього року має розраховувати на прибуток не менше за

$$\Delta Q_3 = 115\,762,5 - 100\,000 = 15\,762,5 \text{ грн.}$$

Але з другого боку, щоб інвестор повернув на третій рік свої 10 000 грн, йому достатньо на початку першого року покласти в банк:

$$Q_1 = Q_3 / (1+r)^t = 100\,000 / (1+0,05)^3 = 86\,384 \text{ грн,}$$

що на сьогодні означає економію $100\,000 - 86\,384 = 13\,616$ грн. Правда, це менше за 15 762,5 грн, однак вкладати треба меншу суму. Отже, у інвестора завжди виникає альтернатива – або отримати більший прибуток потім, або вкласти менше і мати економію зараз.

Загалом орієнтиром для формування позиції інвестора є так званий приведений прибуток (*Present Value*) [1, 7]:

$$PV = \sum_t \frac{Q_t}{(1+r)^t}, \quad (14.1)$$

що визначає межу ефективності інвестування. Наприклад, інвестору пропонується укласти договір на 5 років, за яким він повинен у перші три роки вкласти по 100 000 грн, і в кінці п'ятого року отримати 350 000 грн, тобто норма прибутку пропонується у $(50\ 000 / 300\ 000) \times 100 = 16,7\ \%$. Інвестору неважко підрахувати, що межа ефективності інвестування 300 000 грн становить:

$$PV = \frac{100\ 000}{(1+0,05)^5} + \frac{100\ 000}{(1+0,05)^4} + \frac{100\ 000}{(1+0,05)^3} = 64\ 940\ \text{грн},$$

отже керівництву підприємства не варто пропонувати інвестору такі умови, бо норма прибутку повинна бути не менша за $(64\ 940 / 300\ 000) \times 100 = 21,6\ \%$.

Розглянемо приклад вибору плану інвестування. Нехай підприємство міського електротранспорту увійшло з пропозицією до міськвиконкому, що уособлює територіальну громаду як власника, із пропозицією організувати на базі тролейбусного депо експлуатацію пасажирських автобусів. За першим варіантом плану інвестування у разі $r = 0,1$ (умовно) пропонується поступово підвищувати суми надходжень, але прибуток очікується тільки на другий і подальші роки, за другим варіантом передбачається форсоване інвестування з початку проєкту, але з очікуваним прибутком у перший же рік.

Усього замовнику треба отримати інвестиції на придбання 30 шт. рухомих одиниць, на організацію заправки паливом, пристосування приміщень та устаткування тощо на загальну суму у 24,5 млн грн. У обох варіантах очікуваний прибуток для інвестора складає 32 млн грн, однак у другому варіанті, що передбачає форсоване інвестування спочатку, прибуток можна отримати вже в першому ж році реалізації проєкту.

Розрахуємо *NPV* за формулою:

$$NPV = \sum_t \frac{P_t - I_t}{(1+r)^t}, \quad (14.2)$$

де P_t – очікувані прибутки за роками;

I_t – обсяги інвестицій за роками згідно плану інвестування.

Результати розрахунку зведено до таблиці 14.1.

Таблиця 14.1 – Зіставлення варіантів плану інвестування у разі дисконтної ставки $r = 0,1$

Роки	Перший варіант			Другий варіант		
	I_t , млн грн	P_t , млн грн	NPV	I_t , млн грн	P_t , млн грн	NPV
1	3,5	0	-3,18	10,5	3,0	-6,8
2	7,0	2,7	-3,55	8,75	4,5	-3,51
3	14,0	6,3	-5,78	5,25	5,5	0,19
4	–	10,3	7,03	–	8,3	5,67
5	–	12,7	7,88	–	10,2	6,33
Σ	24,5	32,0	2,4	24,5	32,0	1,88

Неважко передбачити реакцію потенційного інвестора – підрахунок NPV за першим варіантом дає 2,4, у той час як за другим – лише 1,88, отже, незважаючи на спокусю одразу почати отримувати прибуток другий варіант в кінцевому підсумку є менш вигідним.

Очевидно, що для довгострокових проєктів фактор змінювання вартості грошей в часі під час оцінювання вигідності інвестування може відігравати суттєву роль аж до змінювання попередньої оцінки на протилежну. Тому крім NPV необхідно розрахувати дисконтований коефіцієнт ефективності інвестицій $ARRd$:

$$ARRd = \frac{\sum_t \frac{P_t}{(1+r)^t}}{\sum_t \frac{I_t}{(1+r)^t}}. \quad (14.3)$$

Використовуючи ті ж самі, що й під час визначення NPV , дані, розраховуємо $ARRd$ і отримані результати зводимо до таблиці 14.2.

Таблиця 14.2 – Розрахунок $ARRd$ за даними прикладу

Роки	Перший варіант				Другий варіант			
	I_t	$I_t/(1+r)^t$	P_t	$P_t/(1+r)^t$	I_t	$I_t/(1+r)^t$	P_t	$P_t/(1+r)^t$
1	3,5	3,18	0	0	10,5	9,54	3,0	2,73
2	7,0	5,78	2,7	2,23	8,75	7,23	4,5	3,72
3	14,0	10,62	6,3	4,73	5,25	3,94	5,5	4,13
4	–	–	10,3	7,03	–	–	8,3	5,67
5	–	–	12,7	7,88	–	–	10,2	6,33
Σ	24,5	19,48	32,0	21,87	24,5	20,71	32,0	22,58
	$ARRd(1) = 1,12$				$ARRd(2) = 1,09$			

З результатів розрахунків випливає, що порівняння $ARR(d)$ для двох варіантів інвестування тільки підтверджує перевагу першого варіанту над другим ($1,12 > 1,09$), тобто у цьому випадку фактор змінювання вартості грошей кардинального впливу на рішення щодо плану інвестування не має.

Практичне заняття № 15

Розрахунок ризику для варіантів прийняття управлінських рішень

Мета: ознайомити з процедурою оцінки ризику неуспішності задуму за відсутності підтвердженої числової інформації.

Будь-яка господарська діяльність, а тим більше впровадження нового обладнання, завжди супроводжується більшими чи меншими ризиками.

Перш за все треба з'ясувати, від яких найбільш загальних чинників залежить успішність досягненні поставленої мети, і можливі порушення цих положень віднести до першої групи причин неуспішності. Кожний із причин першої групи узагальнює більш конкретні складові, з яких формується друга

група факторів, від яких залежить реалізація причин першої групи, а через них – невиконання та недосягнення мети проєкту.

Можна йти ще далі, розглядаючи складові складових і утворювати третю групу і так далі. Врешті решт залишаться фактори, на які ні замовник, ні підрядник, ні інвестор вплинути не можуть і в утворенні чергової групи вже не буде сенсу.

За приклад візьмемо проєкт організації утилізації тролейбусних шин на території одного з тролейбусних депо. Суть проєкту полягає в тому, що зношені, непридатні для подальшого вжитку шини переводяться до склоподібного стану за допомогою зрідженого повітря, тобто за температурою нижче за -200°C , і розмелюються на гумову крихту з відокремленням цінного дроту сталевих кордів. Реалізація пропозиції обіцяє значний економічний та екологічний ефект, оскільки передбачається збір відпрацьованих шин в усьому місті, у тому числі, зі звалищ.

Головними причинами неуспіху можуть бути:

x_1 – невиконання договірних зобов'язань інвестором, або проєктувальником, або підрядником;

x_2 – низький рівень підготовки та незадовільна організація здійснення проєкту (наприклад, невиконання умов контрактної поставки тощо);

x_3 – невідповідність результату, що має бути досягнутий після завершення проєкту, попереднім сподіванням (відсутність ринку збуту гумової крихти через відсутності вітчизняного досвіду та нормативів її застосування у дорожньому будівництві, незацікавленість фірм зі збору металобрухту у високоякісному сталевому корді тощо).

Кожний з причин першої групи узагальнює більш конкретні складові, з яких формується друга група факторів:

x_{11} – припинення фінансування через нездоланні проблем у інвестора;

x_{12} – недокомплектація обладнання через неочікувані проблем у фірми-підрядника на митниці;

x_{21} – помилки у документації, що не були виявлені раніше;

x_{22} – недостатній досвід та кваліфікація виконавців;

x_{23} – вихід із ладу елементів устаткування під час його транспортування до місця або під час монтажно-налагоджувальних робіт;

x_{24} – втрата гарантій на обладнання через порушення строків його постачання та затримки використання.

Стосовно x_3 вважаємо, що за своєю сутністю формулювання всіх можливих часткових причин збігаються із формулюванням самої причини, тобто $x_{31}, x_{32}, \dots$ як окремі категорії відсутні.

Якщо висловлювання стосовно пріоритетів в групі з q факторів зашифрувати символами $Pr_k, k = 1, 2, \dots, q$, то упорядкований за пріоритетами набір факторів можна змоделювати рядом $Pr_1, Pr_2, \dots, Pr_q$.

Надання членам рядів числових значень здійснюють згідно з правилами:

– якщо $Pr_1 \geq Pr_2 \geq \dots \geq Pr_q$, то

$$Pr_k = \frac{2(q-k+1)}{q(q+1)};$$

– якщо $Pr_1 > Pr_2 > \dots > Pr_q$, то

$$Pr_k = \frac{q-k+2}{2^k \cdot q};$$

– якщо $Pr_k \geq \sum_{s=k+1}^q Pr_s$, то

$$Pr_k = \frac{2^{q-k}}{2^k - 1};$$

– якщо $a_k \leq Pr_k \leq b_k, 0 \leq a_k < b_k \leq 1$, то

$$Pr_k = \frac{a_k + \left(1 - \sum_{s=1}^q a_s\right) \cdot (b_k - a_k)}{\sum_{s=1}^q (b_s - a_s)}.$$

Якщо в групі є тільки одна причина, то її пріоритет дорівнює одиниці.

Покладаючись на професійний досвід керівників та залучених для прогнозування можливих факторів неуспішності задуманого проєкту спеціалістів, прийmemo, що числові оцінки знаходяться у таких

співвідношеннях: $Pr_1 > Pr_2$, а $Pr_2 > Pr_3$, однак різниці між пріоритетами неоднакові, тобто на числовій осі інтервал, де розташовано числову оцінку Pr_1 , ближче до одиниці, ніж інтервал, де міститься оцінка Pr_2 . Нехай ці інтервали оцінено так:

$$0,4 \leq Pr_1 \leq 0,9; \quad 0,2 \leq Pr_2 \leq 0,4; \quad 0 \leq Pr_3 \leq 0,3.$$

Підстановка числових значень дає такі оцінки:

$$Pr_1 = \frac{a_1 + [1 - (a_1 + a_2 + a_3)] \cdot (b_1 - a_1)}{(b_1 - a_1) + (b_2 - a_2) + (b_3 - a_3)} = \frac{0,4 + [1 - (0,4 + 0,2 + 0,0)] \cdot (0,9 - 0,4)}{(0,9 - 0,4) + (0,4 - 0,2) + (0,3 - 0,0)} = 0,6;$$

$$Pr_2 = \frac{0,2 + (1 - 0,6) \cdot (0,4 - 0,2)}{1,0} = 0,28; \quad Pr_3 = \frac{0,0 + 0,4 \cdot 0,3}{1,0} = 0,12.$$

З факторів другої групи x_{11} , x_{12} безперечно переважаючим прийнято x_{11} , бо наслідки від припинення фінансування більш масштабні, ніж від недокомплектації обладнання. Тому $Pr_{11} > Pr_{12}$ і

$$Pr_{11} = \frac{q - k + 2}{2^q \cdot q} = \frac{2 - 1 + 2}{2^1 \cdot 2} = 0,75; \quad Pr_{12} = \frac{2 - 2 + 2}{2^2 \cdot 2} = 0,25.$$

Мабуть це правильно, бо імовірності неуспіху за лінією отримання інвестицій оцінені як досить високі (від 0,4 до 0,9).

Фактори другої групи x_{21} , x_{22} , x_{23} , x_{24} прийнято за такі, що кожен попередній важливіший за всі разом узяті наступні. Тоді числові оцінки пріоритетів розподіляться так:

$$Pr_{21} = \frac{2^{q-k}}{2^q - 1} = \frac{2^{4-1}}{2^4 - 1} = 0,533; \quad Pr_{22} = \frac{2^{3-1}}{2^4 - 1} = 0,267;$$

$$Pr_{23} = \frac{2}{16 - 1} = 0,133; \quad Pr_{24} = \frac{1}{15} = 0,067.$$

Тепер можна знайти оцінки ймовірностей неуспіху проєкту з конкретних причин. Наприклад, імовірність невиконання інвестиційних зобов'язань через нездоланих фінансових проблем становить $Pr_{11} \cdot Pr_1 = 0,75 \times 0,6 = 0,45$, і так далі. Отже, утворюється упорядкований набір числових показників, що дають уявлення про склад та пріоритети загроз успішності здійснення проєкту.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Карпушин Е. І. Організація та управління на електричному транспорті : навч. посібник / Е. І. Карпушин. – Харків : ХНАМГ, 2008. – 170 с.
2. Левковець П. Р. Організаційно-функціональні аспекти економіки і менеджменту : навч. посібник / П. Р. Левковець. – Київ : УТУ, 2000. – 396 с.
3. Системологія на транспорті : підручник : у 5 кн. / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля, О. Т. Лановий, І. Е. Линник, В. П. Поліщук ; під заг. ред. Дмитриченка М. Ф. – Київ : Знання України, 2005. – Кн. 1 : Основи теорії транспортних процесів і систем. – 344 с.
4. Кульбашна Н. І. Організація експлуатації міського електротранспорту : конспект лекцій для студентів усіх форм навчання та слухачів другої вищої освіти спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітньої програми «Електромеханіка») / Н. І. Кульбашна; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 133 с.
5. Оспищев В. И. Факторы, влияющие на дорожно-транспортные происшествия / В. И. Оспищев, Н. И. Кульбашна // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – Харків : ХНАГХ. – Вып. 43. – 2003. – С.108–112.
6. Бардаков В. А. Оцінка ефективності реальних інвестицій / В. А. Бардаков. – Харків : ХДМГМ, 2001. – 44 с.
8. Ротенберг Р. В. Основы надежности системы «водитель-автомобиль-дорога-среда» / Р. В. Ротенберг. – М. : Машиностроение, 1986. – 216 с.
9. Венцель Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология / Е. С. Венцель. – 2-е изд., стер. – М. : Наука, 1998. – 206 с.

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
до проведення практичних занять
з навчальної дисципліни

**«ОРГАНІЗАЦІЯ
ТА УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ»**

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
всіх форм навчання зі спеціальності
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка,
освітньо-професійні програми «Електричний транспорт» й
«Електричні системи і комплекси транспортних засобів»)*

Укладач **КУЛЬБАШНА** Надія Іванівна

Відповідальний за випуск *Н. В. Хворост*
За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання *Н. І. Кульбашина*

План 2022, поз. 175М

Підп. до друку 22.09.2022. Формат 60 × 84/16.
Електронне видання. Ум. друк. арк. 3,78

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК 5328 від 11.04.2017.