

УДК 656.224

МОДЕЛЮВАННЯ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ШВИДКІСНИМИ ЗАЛІЗНИЧНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ

Канд. техн. наук Г. О. Примаченко, магістрант К. Р. Ясеновська

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТНЫМИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМИ ПЕРЕВОЗКАМИ

Канд. техн. наук А. А. Примаченко, магістрант Е. Р. Ясеновская

MODELING OF LOGISTIC SYSTEM OF MANAGEMENT OF HIGH-SPEED RAILWAY TRANSPORT

PhD (Tech.) H. Prymachenko, master K. Yasenovskaya

Нами розглянуто технології функціонування логістичної ситуаційної моделі транспортного обслуговування населення за умови участі швидкісного залізничного транспорту. Запропонований основний принцип ефективного логістичного управління – необхідної різноманітності. Пропонуємо логістичні моделі освоєння пасажиропотоків швидкісним залізничним транспортом та корегування плану формування пасажирських поїздів. Вивчення логістики прогнозування пасажиропотоків швидкісних залізничних перевезень вказало на той факт, що у логістичній моделі вибору пасажирами варіантів реалізації запланованих поїздок бажано використовувати одночасно соціально-економічні фактори і рівень тарифів на залізничному транспорті.

Ключові слова: логістична ситуаційна модель, пасажирообіг, швидкісні залізничні перевезення.

Нами были рассмотрены технологии функционирования логистической ситуационной модели транспортного обслуживания населения при участии скоростного железнодорожного транспорта. Представлен основной принцип эффективного логистического управления – необходимого разнообразия. Предлагаем логистические модели освоения пассажиропотоков скоростным железнодорожным транспортом и корректировки плана формирования пассажирских поездов. Изучение логистики прогнозирования пассажиропотоков скоростных железнодорожных перевозок указывает на тот факт, что в логистической модели выбора пассажирами вариантов реализации запланированных поездок желательно использовать одновременно социально-экономические факторы и уровень тарифов на железнодорожном транспорте.

Ключевые слова: логистическая ситуационная модель, пассажирооборот, скоростные железнодорожные перевозки.

The research of the technology of functioning of the logistic situation model of transport service of the population is conducted, provided that the participation of high-speed rail transport is involved. The basic principle of effective logistic control is established - the necessary diversity. The logistic models of development of passenger traffic by high-speed railway and the correction of the plan for the formation of passenger trains were constructed. The study of logistics of the forecasting of passenger traffic of high-speed rail transportation pointed to the fact that in the logistic model of choice of passengers for the implementation of planned trips it is necessary to use

simultaneously socio-economic factors and the level of tariffs on rail transport. It is established that the real choice of a passenger for a variant of a trip is influenced not so much by the level of tariffs for transport services, as the ratio between passenger tariffs and incomes. Since the average passenger travels only 1-2 trips in a year, the trip planning is determined by the income level not in the particular month during which the trip was made, but by the average income over the long previous period (for example, one year). Thus, in the task of logistic modeling, instead of the indicators of average per capita cash income, the minimum consumer budget and the initial tariff levels, it is necessary to use factors calculated on their basis, such as the real level of monetary incomes and the real level of tariffs in different categories of high-speed train cars. For checking the correctness of the choice of factors and assessing their impact on the quality of the logistic model, preliminary studies of the results of calculation based on the long-distance passenger traffic from the above factors were carried out. The accuracy of the simulation was determined by the degree of approaching values of passenger traffic, calculated using the model, to real passenger traffic data.

Keywords: *logistic situational model, passenger turnover, high-speed rail transportation.*

Вступ. Одним з основних принципів ефективного логістичного управління є «принцип необхідної різноманітності», сформований у 1960-х роках. Відповідно до цього принципу, різноманітність станів системи управління повинна відповідати різноманітності станів керованої системи. Тільки у цьому випадку можливе її стійке і ефективне функціонування.

Стосовно процесу організації пасажирських залізничних швидкісних перевезень це означає, що система управління повинна адекватно реагувати на різноманітні ситуації, що виникають при функціонуванні системи транспортного обслуговування населення. Наприклад, система транспортного обслуговування функціонує в умовах невизначеності, рівень якої не є постійним, і залежить від кількості і динамізму факторів, що визначають роботу пасажирського транспорту, і складності зв'язків між цими факторами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На всі різноманітні ситуації, що описуються різними наборами «стандартних» вихідних факторів, можуть завчасно розроблені логістичні рішення, що передбачають зміни призначень пасажирських швидкісних поїздів, періодичність їх обороту, композицію составів, розкладів руху

поїздів тощо [1]. Також завчасно можуть готуватись логістичні рішення у разі масових перевезень (видовищні заходи та інші аналогічні випадки), оскільки їх вплив на змінення пасажиропотоків можливо прогнозувати. Можливі коригування заздалегідь опрацьованого способу дії в процесі його реалізації, але в межах незначного відхилення [2].

Разом із тим часто виникають ситуації, коли технічна несправність рухомого складу, тимчасове закриття руху на окремих ділянках через погоднокліматичні або інші умови призводять до потреби у прийнятті рішення в режимі реального часу, оскільки не можна точно спрогнозувати час виникнення того чи іншого збою в роботі системи. Можлива попередня розробка деякого каталогу екстрених заходів, що застосовуються в тому чи іншому випадку, але адекватність цих заходів у реальній ситуації не гарантується, що вимагає зворотного зв'язку і активного коригування прийнятих рішень [3].

Таким чином, на виході системи управління пасажирськими швидкісними залізничними перевезеннями необхідно проаналізувати показники роботи пасажирського комплексу з економічною оцінкою ефективності управлінських рішень [3, 4].

Визначення мети та завдання дослідження. Метою даного дослідження є формування логістичної ситуаційної моделі транспортного обслуговування населення за умови участі швидкісного залізничного транспорту. Завдання дослідження складається з аналізу транспортного обслуговування населення за умови участі швидкісного залізничного транспорту та попиту на нього, а також побудови логістичної моделі освоєння пасажиропотоків швидкісним залізничним транспортом та корегування плану формування пасажирських поїздів.

Основна частина дослідження. До стратегічних функцій логістичної системи управління пасажирськими залізничними швидкісними перевезеннями відносяться [5]: аналіз, вивчення та контроль існуючої структури і конфігурації пасажиропотоків (потоків багажу та вантажобагажу) за принципом їх зародження, слідування та погашення; ведення постійного моніторингу пасажиропотоків (потоків багажу та вантажобагажу), визначення перспектив їх зародження, слідування в поїздах за напрямками мережі та погашення; контроль за збалансованістю пропускної (переробної) і провізної спроможності як інфраструктури пасажирського комплексу (ПК) в цілому, так і її ланок (технічна пасажирська станція, пункти обороту та формування пасажирських поїздів, вагонні депо та інше), так і суміжних видів транспорту або інших підрозділів, пов'язаних технологічними функціями з транспортним комплексом; розробка рекомендацій та техніко-економічних обґрунтувань розвитку інфраструктури ПК; формування пропозицій щодо удосконалення тарифної політики з метою створення оптимальних умов для залучення пасажирів на залізничний швидкісний транспорт та підвищення його конкурентоспроможності.

До оперативно-технічних функцій логістичної системи управління пасажирськими швидкісними залізничними

перевезеннями відносять: максимально можливе повне та своєчасне задоволення запитів на перевезення пасажирів (багажу та вантажобагажу); вибір раціональної (оптимальної) системи організації перевезення пасажирів (багажу та вантажобагажу); вивчення кон'юнктури транспортного ринку пасажирських перевезень; диспетчерська підтримка перевезень пасажирів (багажу та вантажобагажу) поїздами на усьому шляху слідування; оперативна взаємодія з підрозділами, пов'язаними технологічними функціями у ПК.

Прогнозування пасажиропотоків є найважливішою та невід'ємною частиною складного процесу планування роботи ПК, від нього залежить гармонічний розвиток усіх підрозділів ПК та раціональне використання технічних засобів, формування необхідних якостей пасажирських послуг. В умовах розвитку ринкової економіки різко зростає конкуренція, створюється динамічне конкурентне середовище між окремими видами громадського транспорту, тому важливого значення набуває прогнозування майбутніх ситуацій. Необхідною стає розробка логістичних моделей прогнозу конкурентного середовища ринку пасажирських послуг. Ці моделі прогнозу повинні з високою часткою ймовірності визначити пасажиропотоки з того чи іншого виду транспорту та потенційні можливості (матеріальні, фінансові, інформаційні ресурси), якими він володіє, щоб зайняти бажані позиції на ринку пасажирських послуг.

Побудова прогнозової моделі повинна враховувати різні фактори, у тому числі тенденцію та динаміку змін соціально-економічного розвитку країни та змін попиту на пасажирські швидкісні залізничні перевезення, а також вплив гнучкої тарифної політики на збільшення пасажиропотоків.

При побудові логістичної моделі освоєння пасажиропотоків пасажирськими

поїздами за певний період часу проводиться економічний аналіз існуючої технології обороту пасажирських поїздів. Застосування логістичних методів потребує вивчення розподілу кореспонденції пасажиропотоків по поїздах у взаємозв'язку один з одним. Економічно вигідна відміна обороту одного поїзда повинна бути визначена з урахуванням змін розподілу пасажиропотоків за іншими призначеннями швидкісних поїздів. Для цього повинна бути розроблена модель розподілу існуючих пасажиропотоків за категоріями поїздів та змін величини кореспонденції пасажиропотоків з урахуванням відміни та зміни складу поїздів. У результаті проведено економічну оцінку варіанта (або варіантів) курсування пасажирських поїздів дальнього слідування та визначаються суми втрачених доходів через несвоєчасне корегування плану формування пасажирських поїздів (ПФПП) у силу різних факторів. Також формується перелік пропозицій щодо корегування ПФПП дальнього слідування швидкісного сполучення на запланований період.

Аналіз, вивчення та контроль за існуючою структурою та конфігурацією пасажиропотоків за принципом їх зародження, слідування та погашення необхідно здійснювати на основі створення та автоматизованого ведення бази даних про кореспонденцію пасажиропотоків кожного поїзда та вагона за кожну добу з використанням аналітичної бази даних «Експрес-УЗ».

На майбутній період необхідна побудова моделі змін кореспонденцій з урахуванням прогнозних потоків пасажирів та результатів аналізу обороту пасажирських поїздів дальнього сполучення за минулий період. При цьому модель повинна давати розподіл кореспонденції пасажиропотоків за категоріями поїздів та вагонів у залежності від просторово-часової класифікації ситуації транспортного обслуговування населення. На основі отриманих

кореспонденцій корегується (розраховується) ПФПП дальнього швидкісного сполучення. Шляхом порівняння наявної та потрібної розрахункової пропускну, провізної та переробної спроможності інфраструктури ПК перевіряється можливість практичної реалізації ПФПП. На підставі розробленого ПФПП та його ситуаційних корегувань формується звіт технологічних документів, що визначають роботу підрозділів ПК (організація роботи вокзалів, експлуатація та ремонт вагонів пасажирського парку, поставки нового рухомого складу, матеріально-технічне забезпечення, обслуговування пасажирів у поїздах, підготовка составів у рейс та ін.).

Необхідною базою ефективного управління пасажирським транспортом є можливість прогнозувати пасажиропотоки та оцінювати вплив прийнятих рішень та зовнішніх факторів на результат роботи транспорту. При формуванні логістичних прогнозів зазвичай використовують різні математичні моделі, засновані на аналізі часових рядів. У залежності від складності процесів, що моделюються, можуть прийматися як одновимірні, так і багатовимірні (багатофакторні) моделі. В одновимірних моделях аналізується динаміка показника, що досліджується, та виявлена залежність враховується у майбутньому. Цей підхід також називають екстраполяцією. Він базується на припущенні, що виявлена закономірність поведінки показника стійка та зберігається у майбутньому. Тобто допускається, що динаміка показників взагалі не може змінюватися під впливом яких-небудь факторів, або вплив цих факторів не встигає суттєво проявитись на прогнозному періоді.

Для прогнозування пасажиропотоків, особливо на середньострокову або довгострокову перспективу, одновимірні моделі не застосовуються через вплив на пасажиропотоки великої кількості різних факторів. Прогноз пасажиропотоків

повинен базуватися на багатовимірних регресійних моделях, які описують статистично значущі взаємозв'язки між показниками, що прогноуються, і з урахуванням впливу зовнішніх факторів. Значення показників, що прогноуються, розраховуються за відомими (очікуваними та планованими) значеннями зовнішніх факторів на основі взаємозв'язків, які закладені у моделі. У теперішній час для моделювання роботи ПК успішно використовують багатофакторну модель попиту на пасажирські перевезення, що дозволяє проводити розрахунки прогнозів пасажирообігу, як основного фактора для прогнозування пасажиропотоків. Побудова моделі прогнозування пасажиропотоків включає у себе такі етапи: 1) визначення набору факторів, які можуть впливати на рухливість населення; 2) моделювання залежності пасажирообігу, як визначної характеристики рухливості населення, від різноманітних факторів у їх поєднанні. Набір логістичних факторів, що мають вплив на розміри перевезень, можна розділити на дві групи: внутрішні і зовнішні.

Як зовнішні фактори при побудові моделі розглядалися показники, які характеризують рівень соціально-економічного розвитку країни або окремих регіонів. До таких показників відносяться середня місячна заробітна плата, грошовий дохід на душу населення, мінімальний споживчий бюджет, оборот роздрібно́ї торгівлі на душу населення, рівень промислового виробництва, доходи у окремих галузях економіки та ін. Проте, багато з них сильно корельовано, тому включення у модель всієї сукупності цих факторів не підвищує її якості. У таких випадках, звичайно, проводиться кластеризація набору показників з використанням кореляційного аналізу, а потім з кожного кластеру вибирають найбільш вагомий показник.

Весь набір найбільш важливих зовнішніх показників можна розбити на три

групи (див. таблицю). До першої відносяться дохідні показники та оборот роздрібно́ї торгівлі. Всі показники в цій групі мають дуже високий ступінь кореляції між собою. Друга група складає єдиний показник – рівень промислового виробництва. І нарешті, до третьої групи відноситься тільки єдиний показник – мінімальний споживчий бюджет. Як наслідок, два показники найменш корелюють між собою та помітно відрізняються від показників першої групи. Таким чином, для побудови моделі достатньо вибрати один показник з першої групи (наприклад, середній грошовий дохід на душу населення), рівень промислового виробництва та мінімальний споживчий бюджет.

Як внутрішні фактори для створення моделі попиту були вибрані рівні тарифів у різних типах вагонів. У окремих випадках для попередніх оцінок використовувався загальний показник – розмір дохідної ставки для дальніх швидкісних залізничних перевезень. Моделюючим показником, який характеризує рухливість населення та переваги для пасажирів при виборі транспортних послуг, став пасажирообіг (у всіх видах перевезень та окремо у плацкартних, купейних, спальних (СВ) та загальних вагонах). На показники пасажирських перевезень та перераховані вище соціально-економічні показники істотний вплив має ще один неявний фактор – сезонна нерівномірність. Тому перед тим, як перейти до створення моделі пасажирських перевезень, необхідно провести приведення до порівнянних значень вихідних даних, тобто знайти та усунути вплив сезонності. Для середньодушового грошового доходу це робиться загальноприйнятим при моделюванні пасажирських перевезень дальнього швидкісного сполучення способом. Оскільки середньостатистичний пасажир здійснює всього 1-2 поїздки на рік, то планування поїздки визначається рівнем доходу не в той конкретний місяць, коли

здійснювалася поїздка, а середнім доходом за тривалий попередній період (наприклад, за рік). Тому зазвичай розглядається залежність обсягів перевезень не від вихідних грошових доходів за поточний місяць, а від їх усереднених за попередні 12 місяців значень. Таким чином, замість показника середньодушового грошового доходу в розрахунках будемо використовувати його ковзне середнє значення за рік (рис. 1).

Розрахунок середнього ковзного значення за рік проводиться за формулою

$$P_i^{cc} = \frac{1}{12} \sum_{k=0}^{11} P_{i-k}, \quad (1)$$

де i – номер поточного місяця;

P_i, P_i^{cc} – відповідно вихідне та ковзне середнє значення середньодушових грошових доходів, умов. од.

Таблиця

Коефіцієнт кореляції між різними показниками, що характеризують рівень життя в Україні

	Середній грошовий дохід на душу населення	Середня заробітна плата по країні	Середня заробітна плата у промисловості	Оборот роздрібно-торгівлі (на душу населення)	Рівень промислового виробництва	Мінімальний споживчий бюджет
Середній грошовий дохід на душу населення	1					
Середня заробітна плата по країні	0,97	1				
Середня заробітна плата у промисловості	0,97	0,997	1			
Оборот роздрібно-торгівлі (на душу населення)	0,98	0,97	0,97	1		
Рівень промислового виробництва	0,93	0,95	0,96	0,91	1	
Мінімальний споживчий бюджет	0,92	0,92	0,92	0,97	0,83	1

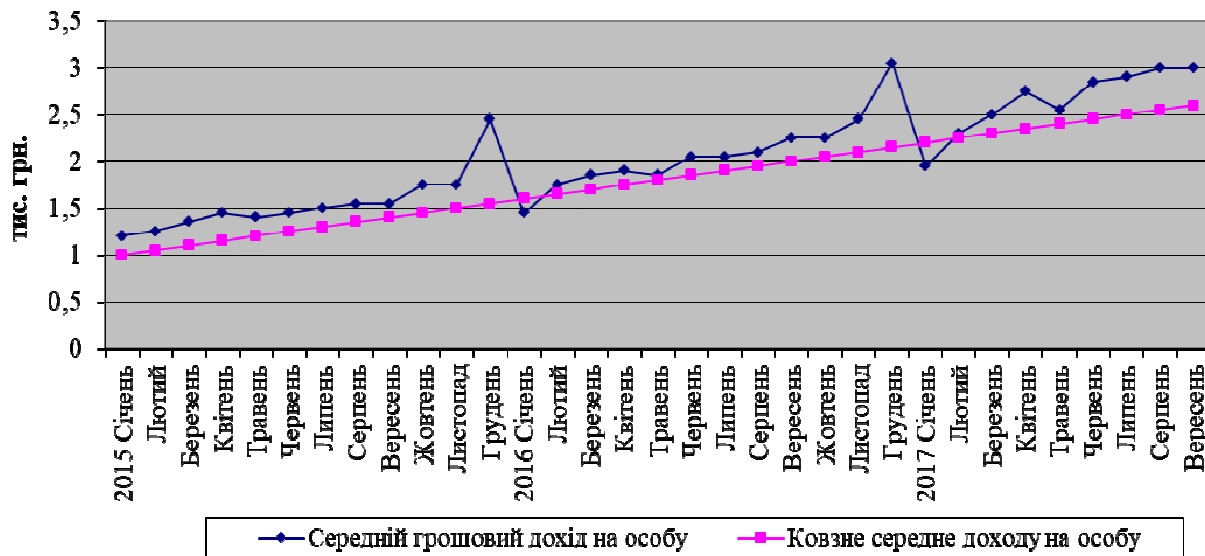


Рис. 1. Побудова ковзного середнього рівня грошових доходів на особу

На рис. 1 показано зв'язок між середнім грошовим доходом на душу населення і його ковзним середнім. Мас місце виражена тенденція до зростання. Ковзне середнє відображає загальну тенденцію зростання доходів. Ще більша сезонна нерівномірність характерна для пасажирообігу (в окремих видах сполучень, типах вагонів тощо). Розрахунки по виключенню сезонних коливань з даних пасажирообігу проводяться у два етапи. Спочатку за вибіркою за тривалий період часу (кілька років) розраховуються значення пасажирообігу за якийсь умовний

рік, так званий «еталонний», протягом якого були відсутні будь-які тенденції зростання або падіння обсягів перевезень, і динаміка пасажирообороту визначається виключно з сезонної нерівномірності, що ділиться на відповідне значення еталонного року. В результаті обчислень сформується новий показник – наведений пасажирообіг, з якого виключені сезонні коливання, а самі значення подані у порівнянних одиницях. Наведений пасажирообіг показує тенденції зростання або падіння обсягів перевезень за період, що досліджується.

Розрахунок еталонного року проводиться за допомогою такої формули:

$$P_j^{em} = P_0 \cdot \prod_{n=1}^{n=j} \exp \left[\frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \ln \frac{P_n + 12k}{P_n - 1 + 12k} - \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \ln \frac{P_{i+12k}}{P_{i-1+12k}} \right) \right], \quad (2)$$

де $j = 1, 2, \dots, 12$ – номер місяця року; N – кількість років, за які є статистичні дані; P_i – фактичні значення обсягів перевезень;

P_j^{em} – еталонне значення пасажирообігу (рис. 2).

Графіки еталонів

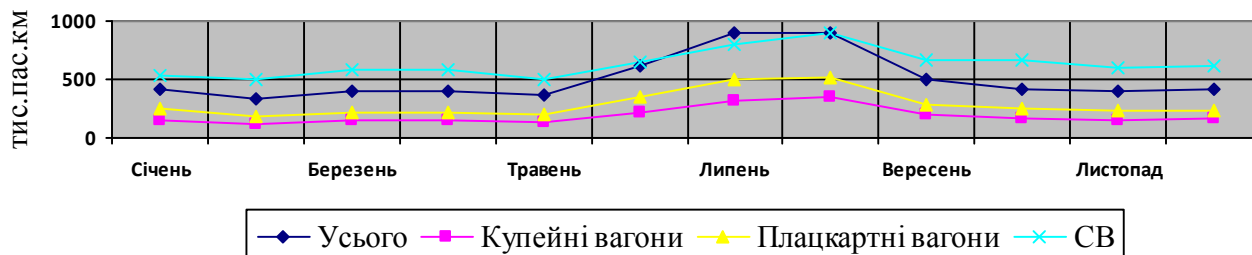


Рис. 2. Еталонний рік пасажирообігу на мережі залізничних шляхів України

Наведені значення пасажирообігу обчислюються таким чином:

$$P_i^{np} = P_i / P_{m(i)}^{em}, \quad (3)$$

де P_i , P_i^{np} – поточне значення відповідно вихідного і наведеного пасажирообігу;

i , $m(i)$ – поточний місяць і відповідний йому місяць еталонного року;

$P_{m(i)}^{em}$ – значення пасажирообігу за відповідно місяць еталонного року.

На рис. 3 показані результати розрахунків на прикладі наведеного пасажирообігу на всій мережі залізниць. Таким чином, у логістичній моделі вибору пасажиромі варіантів реалізації запланованих поїздок необхідно використовувати перераховані вище соціально-економічні фактори і рівень тарифів на залізничному транспорті. Слід, однак, мати на увазі, що реально на рішення про поїздку впливає не стільки рівень тарифів на транспортні послуги, скільки співвідношення між тарифами і доходами пасажирів. При вивченні впливу зовнішніх факторів на рішення про вибір варіанта поїздки необхідно використовувати якийсь інтегральний показник, який розраховується як відношення середньодушового грошового

доходу до мінімального споживчого бюджету. Цей новий фактор можна умовно назвати реальним рівнем доходу.

Висновки. Отже, в задачі логістичного моделювання замість показників середньодушового грошового доходу, мінімального споживчого бюджету і вихідних рівнів тарифу використано такі обчислювані на їх основі фактори: реальний рівень грошових доходів населення, який визначається відношенням середньодушового грошового доходу до мінімального споживчого бюджету (в деяких моделях використовувалося зворотне відношення); реальний рівень тарифів у плацкартних, купейних і спальних вагонах, який визначається відношенням рівня тарифу (або його узагальненої характеристики – дохідної ставки) до середньодушового грошового доходу.

Правильність вибору факторів і оцінки їх впливу на якість логістичної моделі була підтверджена попередніми дослідженнями результатів розрахунку залежності пасажирообігу в дальньому сполученні від перерахованих вище факторів. Точність моделювання визначалася ступенем наближення значень пасажирообігу, обчислених за допомогою моделі, до реальних даних пасажирообігу.

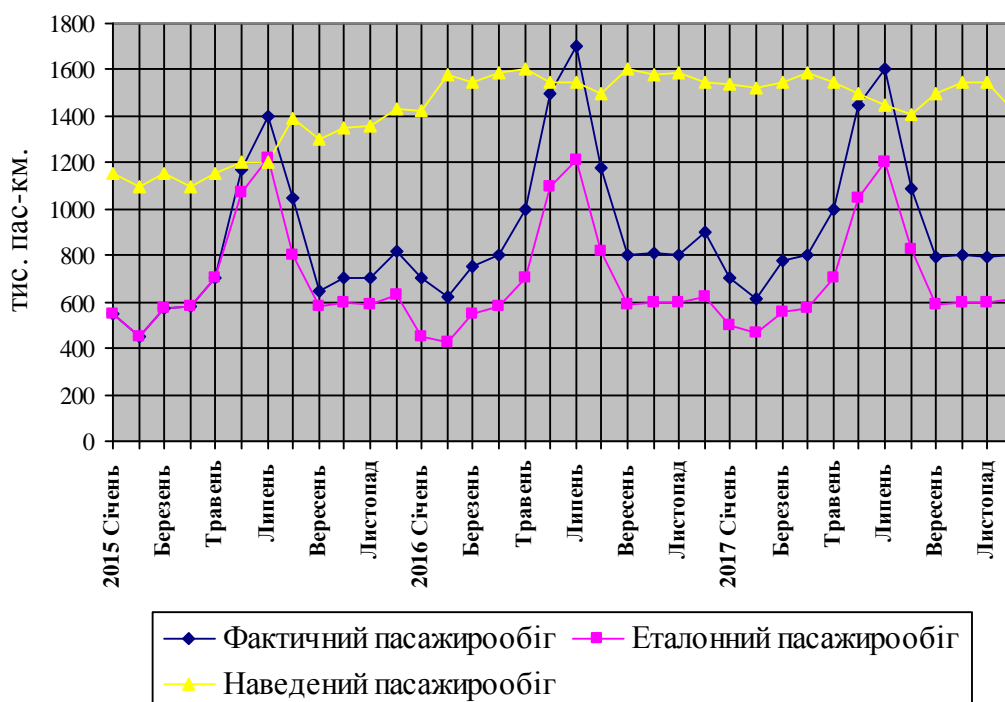


Рис. 3. Розрахунок наведеного пасажирообігу в дальньому сполученні на мережі залізничних шляхів України

Список використаних джерел

1. Lomotko, D. V. Methodological aspect of logistics technologies formation in reforming process on the railways [Text] / D. V. Lomotko, Ye. S. Aloshynskiy, H. H. Zambrybor. – Warsaw, Poland, Vol. 14, 2016. – P. 2762-2766. – Access mode: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.482>.
2. Hanne, T. Introduction to Logistics and Supply Chain Management [Text] / T. Hanne, R. Dornberger // Computational Intelligence in Logistics and Supply Chain Management. – Springer Nature, 2016. – P. 1–12 (doi:10.1007/97833194072271).
3. Aloshynskiy, Ye.S. Development of methods for increase of work indices of logistic chain within transport and logistics cluster [Text] / Ye.S. Aloshynskiy, V.V. Meshcheriakov, H.S. Rudenko. – Technology audit and production reserves, Kharkiv, 2016. - №5/2 (31). – P. 48-52.
4. Резер, С. М. Логистика пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте [Текст] / С. М. Резер. – М. : МИИТ, 2007. – 480 с.
5. Prymachenko, G. Development of intermodal transport and logistics schemes for passenger transportation by railway transport within Ukraine-Europe direction [Text] / G. Prymachenko // V International scientific and technical conference «Engineering. Technologies. Education. Security», 2017. Volume III. Management. Safety and ecology education. Public science. – Bulgaria, 2017. – P. 258-260.

Примаченко Ганна Олександрівна, канд. техн. наук, доцент кафедри транспортних систем та логістики Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (066)567-97-72.
E-mail: gannaprymachenko@gmail.com.

Ясеновська Катерина Раджабівна, магістрант, кафедра транспортних систем та логістики Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (050) 950-24-19. E-mail: katuxa1202@gmail.com.

Примаченко Анна Александровна, канд. техн. наук, доцент кафедри транспортних систем и логистики Украинского государственного университета железнодорожного транспорта. Тел.: (066)567-97-72.
E-mail: gannaprymachenko@gmail.com.

Ясеновская Екатерина Раджабовна, магистрант, кафедра транспортных систем и логистики Украинского государственного университета железнодорожного транспорта. Тел.: (050)950-24-19.
E-mail: katuxa1202@gmail.com.

Prymachenko Hanna, PhD (Tech.), associate professor, Department of Transportation Systems and Logistics, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (066) 567-97-72 E-mail: gannaprymachenko@gmail.com.
Yasenovskaya Katerina, master, Department of Transport Systems and Logistics Department, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. : (050) 950-24-19. E-mail: katuxa1202@gmail.com.

Статтю прийнято 02.11.2018 р.