

## ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЙ ОБРОБКИ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЯХ

*Представив д-р техн. наук, професор Є.С. Альошинський*

**Вступ.** У сучасних умовах до залізничного пасажирського транспорту України ставляться високі вимоги щодо якості, регулярності й надійності надання транспортних послуг. За умов ринкової економіки одним із визначальних факторів, що сприяє встановленню та закріпленню позиції лідера на транспортному ринку, є конкурентоспроможність залізничного транспорту. До того ж, стан транспортної інфраструктури має відповідати вимогам європейських країн. При існуючому стані технічного оснащення, яке потребує оновлення майже на 80 %, постає задача оптимізації технологічної роботи пасажирських комплексів для ефективної організації процесу перевезень. Це необхідно для отримання економічного ефекту, результати якого стануть поступово використовувати для оновлення рухомого складу [1].

**Аналіз досліджень і публікацій.** У сучасних дослідженнях теорії та принципів функціонування пасажирського комплексу особлива увага приділяється вдосконаленню економічних методів, розвитку відносин між залізницями, споживачами їх послуг і органами виконавчої влади всіх рівнів в Україні, створенню оптимальної тарифної політики. Питаннями ефективності пасажирських перевезень займалися вчені Російської Федерації і Білорусії – А.П. Абрамов, М.Н. Беленький, Н.П. Бещева, Б.Є. Марчук та ін., вчені України – Ю.Ф. Кулаєв, В.К. Загорулько, А.І. Воркут, Т.В. Буцько та ін. Останніми роками дослідження з питань

оптимізації пасажирських перевезень проводилися Аксьоновим І.М. стосовно створення економічного механізму управління пасажирським комплексом [2], Прохорченко А.В. стосовно удосконалення роботи пасажирських технічних станцій [3], Єр'оміною М.О. стосовно забезпечення конкурентоспроможності пасажирського транспорту за рахунок впровадження швидкісного руху [4] та ін.

**Мета статті:** дослідження технології обробки пасажирських поїздів на пасажирських станціях за допомогою імітаційного моделювання для виявлення і усунення вузьких місць.

**Актуальність.** При аналізі роботи пасажирських станцій (ПС) попередні дослідники зазвичай звертали увагу на проблеми збільшення пропускної спроможності, виконання графіка руху поїздів, планових показників роботи. Але на сучасному етапі розвитку залізничного транспорту виникла тенденція нестачі пасажирських вагонів, незадовільного технічного стану існуючого рухомого складу, більшість технічних пристроїв на ПС потребують оновлення. Тому необхідно в першу чергу звертати увагу на можливість забезпечення скорочення витрат з метою вивільнення коштів для подальшого оновлення технічного оснащення станцій та рухомого складу. Тому питання розроблення раціональної технології процесу обслуговування пасажирських поїздів різних категорій на ПС, визначення оптимального станційного колійного розвитку, кількості необхідних

працівників, раціоналізації технічного оснащення особливо актуальні.

### **Виклад основного матеріалу.**

Пасажи́рська станція – це один з елементів залізничного транспорту України, який є складною соціально-економічною системою, де існує чітко регламентований порядок виконання робіт. Як технологічна система ПС складається з ряду постійно взаємодіючих елементів: вхідної горловини, парку приймання, транзитних парків, парку відправлення, вихідної горловини, ранжирного парку, пунктів технічного огляду та екіпірування, вокзалу, пасажирських пристроїв, службових приміщень та ін. При розробленні раціональної технології роботи окремі елементи ПС не можна виділяти із загальної системної сукупності. Ситуація в кожній підсистемі постійно змінюється, окрім цього функціонування підсистем характеризується нерівномірністю, ймовірнісним характером надходження поїздів, вагонів, локомотивів. Суттєвою особливістю пасажирських станцій є різноманітність і строга послідовність виконання технологічних операцій.

На залізничних ПС України у сучасних умовах необхідно визначити раціональну технологію обробки пасажирських поїздів різних категорій для мінімізації часу знаходження составів на території станції.

Для вирішення цієї задачі було розроблено моделі технологічних ліній обробки різних категорій пасажирських поїздів за допомогою мереж Петрі. Саме цей метод було використано, тому що більшість процесів при обробці поїздів на станції відбуваються паралельно (згідно з технологічними графіками: технічний огляд, екіпірування, вивантаження/завантаження пошти і багажу, висадка/посадка пасажирів, зміна локомотивної бригади, випробування гальм, причеплення/відчеплення вагонів, зміна локомотива та ін.) [5]. Особливістю мереж Петрі є те, що вони базуються на певній технології, яка

дозволяє органічно поєднувати аналітичні розрахунки для окремих елементів системи з імітаційним моделюванням міжелементної взаємодії, і таким чином, одержувати нові знання про поведінку всієї сукупності елементів, що утворюють систему. Саме ця особливість дозволяє використовувати їх як засіб моделювання паралельних структур [6]. Це дозволить визначити завантаження того чи іншого технологічного елемента, потребу в технічних засобах, а також зробити аналіз керування виробничим процесом на станції.

В поставлених задачах моделювання використовуються поняття умов та подій, умови позначаються позиціями ( $p_i$ ), а події – переходами ( $t_i$ ).

Макрорівневу модель обробки транзитного пасажирського поїзда зі зміною локомотива і зміною складу показано на рис. 1. Прибуття поїзда відображено переходом  $t_1$ , позиціями  $p_2$  – готовність до зміни локомотива, який подається з локомотивного депо ( $p_{10}$ ) та за необхідністю локомотивної бригади ( $t_2$ - $t_6$ );  $p_3$  – готовність до причеплення груп вагонів, які подаються з пасажирської технічної станції (ПТС,  $p_{11}$ ), або відчеплення від состава і забирання на ПТС чи вільні станційні колії ( $t_3$ - $t_7$ );  $p_4$  – готовність до технічного огляду та екіпірування ( $t_4$ - $t_8$ ) бригадою пункту технічного огляду ( $p_{20}$ );  $p_5$  – готовність до навантаження/вивантаження пошти та багажу ( $t_5$ - $t_9$ ) працівниками пошти та багажу ( $p_{21}$ );  $p_{22}$  – готовність до проведення посадки/висадки пасажирів ( $t_{13}$ - $t_{14}$ ). Після зміни локомотива та складу, звільнення робітників пункту технічного огляду проводиться випробування гальм ( $t_{11}$ - $t_{12}$ ), після чого поїзд готовий до відправлення ( $t_{10}$ ).

Макрорівневі моделі технологічних ліній обробки транзитних поїздів без зміни локомотива і зміни складу, зі зміною локомотива побудовані аналогічно.

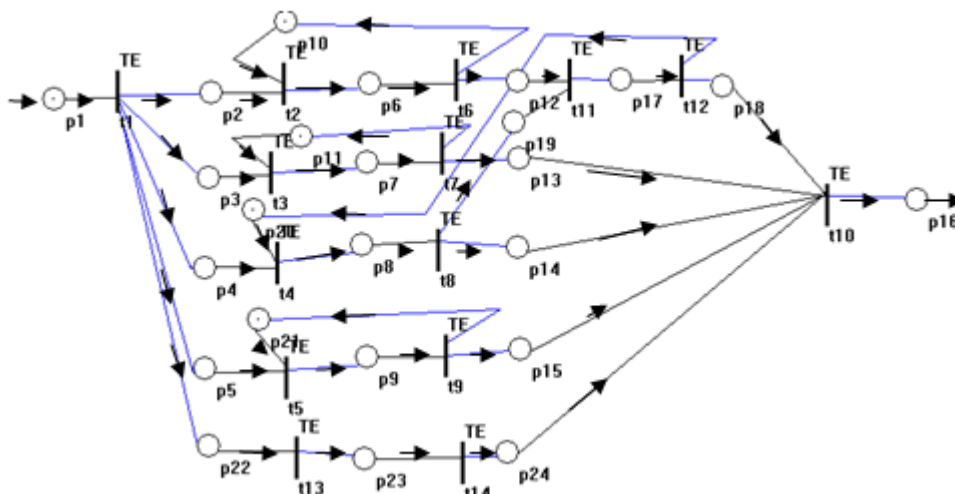


Рис. 1. Макрорівнева модель технологічної лінії обробки транзитного поїзда зі зміною локомотива і зміною складу

Для прибуття на станцію поїзда свого формування було розроблено модель, зображену на рис. 2. Після прибуття поїзда на станцію (t1) паралельно виконуються такі операції: подавання маневрового локомотива з ПТС (p19), відчеплення поїзного локомотива (t6) та його пересування до локомотивного депо (p20), вивантаження пошти та багажу (t3-t7) працівниками пошти та багажу (p10), проведення технічного огляду (t4-t8) робітниками пункту технічного огляду

(p18), висадка пасажирів (t5-t9). Після звільнення бригади пункту технічного огляду (p18) та причеплення маневрового локомотива (p11) проводиться випробування гальм (t11-t12) та переставлення складу до ПТС.

При відправленні поїзда свого формування відбувається подача складу з ПТС вивізним локомотивом, який потім відчіпляється і слідує знов на ПТС, до парку приймання ПС, інші операції подібні наведеним на рис. 2.

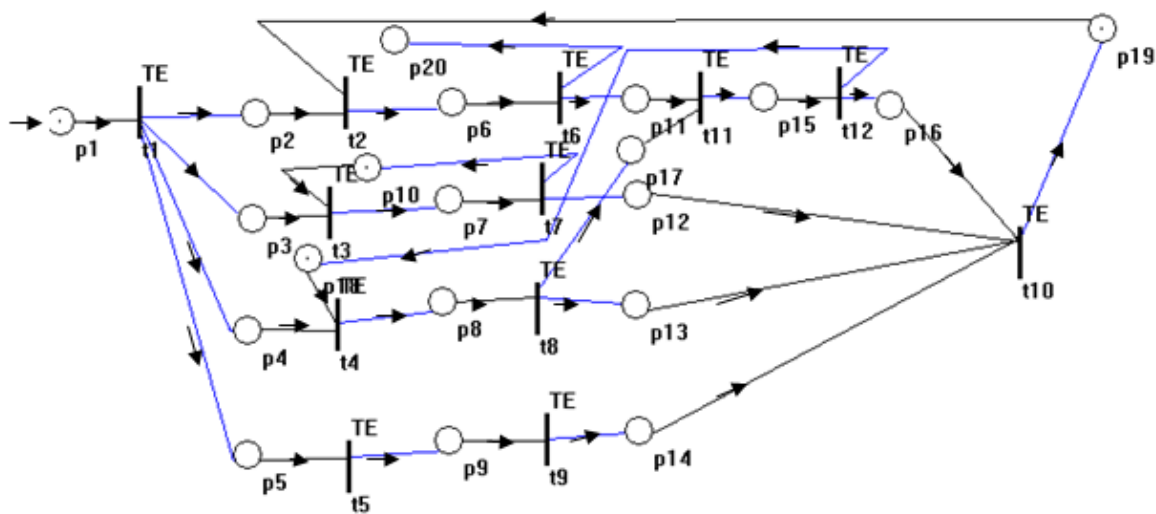


Рис. 2. Макрорівнева модель технологічної лінії обробки поїзда свого формування по прибутті

## Організація перевезень і управління на транспорті

При об'єднанні цих моделей технології обробки пасажирських поїздів різних категорій було сформовано універсальну модель роботи ПС разом з ПТС, в якій можна просліджувати динаміку обробки поїздів, підбирати необхідну кількість бригад технічного огляду, робітників пошти та багажу при заданих розмірах руху за результатами часу затримок на тому чи іншому елементі будь якої підсистеми ПС. До початку моделювання всі елементи приймаються вільними, потім вноситься відповідне маркування, яке являє собою вхідні параметри. З метою проведення кількісного аналізу вводять часові параметри, які

відповідають тривалості кожної технологічної операції.

Фрагмент моделі пасажирського комплексу наведено на рис. 3, де позиціями p1-p8 позначені прилеглі перегони, кількість яких можна змінювати, перехід t9 означає зайнятість вхідної горловини станції, позиція p11 відображає кількість зайнятих станційних колій, перехід t10 розподіляє поїзди за категоріями: транзитні без зміни локомотива і зміни складу (p13), транзитні зі зміною локомотива (p27) і т. д., відповідно до розглянутих вище категорій.

При формуванні моделі пасажирського комплексу ПТС було промодельовано більш детально (рис. 4).

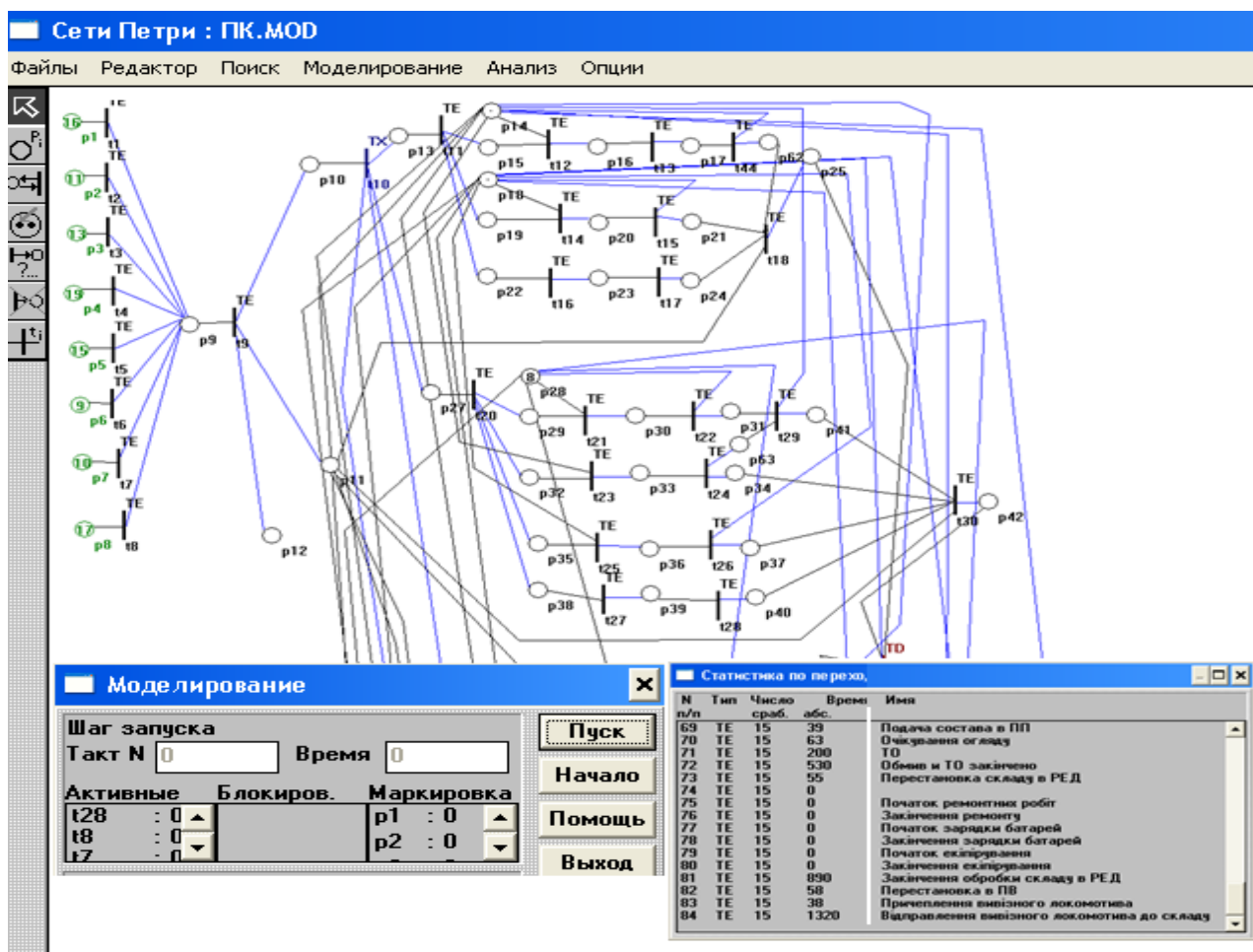


Рис. 3. Фрагмент віконного інтерфейсу макрорівневої моделі пасажирського комплексу

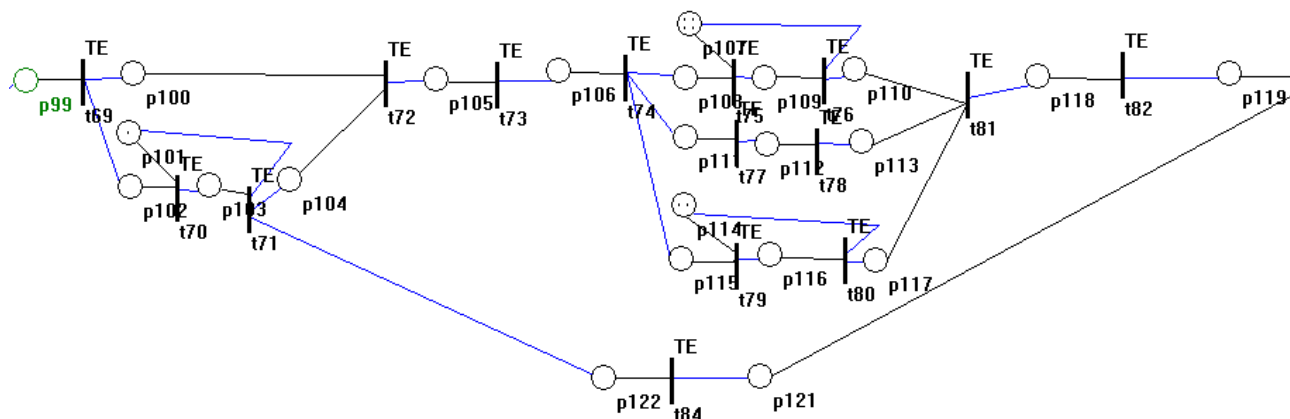


Рис. 4. Макрорівнева модель роботи ПТС як фрагмент моделі пасажирського комплексу

Як видно з рис. 3, за добу (1440 хв) через горловину парку приймання заданої ПС прослідувало 110 поїздів. Зайнятість горловини склала 300 хв., тобто завантаження склало 20,83 % часу моделювання. Рівно 501 хв (34,79 %) перехід  $t_9$  було заблоковано через неможливість прийняття в парк приймання більше  $k$  поїздів (для наведеного прикладу  $k=7$ ). Було прийнято 10 транзитних поїздів без зміни локомотива та складу, 30 транзитних поїздів без зміни локомотиву і зміни складу, 22 – транзитні зі зміною локомотива та складу, прийнято 26 поїздів свого формування і відправлено 12 поїздів свого формування. У процесі моделювання у будь-який момент можна зафіксувати стан системи, змінити окремі її елементи. За допомогою імітаційної моделі пасажирського комплексу можна визначати оптимальну кількість бригад пункту технічного огляду, робітників пошти та багажу, кількість зайнятих колій на станції, час на кожну операцію. Модель є універсальною, бо її можна використовувати для дослідження технології роботи будь якої станції задаючи вхідні дані та навіть досліджувати взаємодію станцій на обраному напрямку. Особливо актуальним є використання розробленої макрорівневої моделі при обслуговуванні туристичних поїздів [8], що дасть змогу визначити час знаходження на

заданій станції і більш доречно спланувати маршрут. Для використання залізничної інфраструктури у якості перевізника туристів при взаємодії з туристичними операторами застосування макрорівневої моделі пасажирського комплексу допоможе скорегувати час на перевезення і скласти чіткий графік руху для обраного туристичного поїзду.

**Висновки.** Оскільки технологічні лінії обробки пасажирських поїздів є лімітуючими ланками часу знаходження поїзда на території станції, що прямо пропорційно впливає на час обороту рухомого складу, то після вивчення й аналізу цих процесів можливо скорегувати час знаходження поїздів на станціях з урахуванням графіка руху та плану формування. Аналіз запропонованих моделей у мережі Петрі допоможе одержати важливу інформацію про структуру та динамічне поведіння системи, що моделюється. За допомогою розроблених моделей доцільно досліджувати технологічні лінії обробки поїздів при зміні кількості поїздів, локомотивів, чисельності робітників, вільних станційних колій, пропускної спроможності ПТС. Існує можливість визначення черг і затримок системи, врахування різних ймовірнісних факторів, що дозволяє моделювати процеси не за середніми або технологічними нормами

часу, а за нормами, що відповідають конкретній ситуації. Це надасть можливість провести дослідження динаміки роботи системи, допоможе найбільш повно і точно враховувати час на обробку поїздів для ліквідації вузьких місць, для подальшого підвищення ефективності і якості

функціонування пасажирських станцій; допоможе скорегувати орендні відносини між залізницею та туристичними операторами при наданні туристичних послуг, що особливо актуально в умовах відродження залізничного туризму в Україні.

### *Список літератури*

1. Гузенко, Н. Железнодорожающая [Текст] / Н. Гузенко // Фокус. – 2011. – № 11. – С. 20-22.
2. Аксенов, И.М. Эффективность пассажирских железнодорожных перевозок [Текст] / И.М. Аксенов. – К.: Транспорт Украины, 2004. – 284 с.
3. Прохорченко, А.В. Удосконалення роботи пасажирської технічної станції на основі технічних операцій регулювання составоутворення [Текст]: дис.... канд. техн. наук / А.В. Прохорченко. – Харків, 2008.
4. Єрьоміна, М.О. Забезпечення конкурентоспроможності залізничних пасажирських перевезень за рахунок впровадження швидкісного руху [Текст]: дис.... канд. екон. наук / М.О. Єрьоміна. – Харків, 2009. – 229 с.
5. Технологічний процес роботи пасажирської станції Харків-Пасажирський Південної залізниці [Текст]. – К.: Укрзалізниця, 2005. – 60 с.
6. Нестеренко, Б.Б. Моделирование паралельних процесів: від мереж Петрі до нейронних мереж [Текст] / Б.Б. Нестеренко, М.А. Новотарський. – К., 2004. – 66 с.
7. Кочнев, Ф.П. Управление эксплуатационной работой железных дорог [Текст] / Ф.П. Кочнев, И.Б. Сотников. – М.: Транспорт, 1990. – 424 с.
8. Альошинський, Є.С. Аналіз транспортної мобільності населення під час проведення Євро-2012 та перспективи розвитку залізничного туризму в Україні [Текст] / Є.С. Альошинський, Г.О. Сіваконева, О.О. Іванько // Вагонний парк. – 2011. – № 4. – С. 15-18.

**Ключові слова:** пасажирська станція, пасажирська технічна станція, мережі Петрі, математична модель, система, технологічна лінія.

### *Анотації*

Розглянуто вплив часу знаходження пасажирських поїздів на станціях обороту рухомого складу. Виконано огляд сучасних джерел досліджень, враховуючи сприяння підвищенню рівня ефективності використання пасажирського рухомого складу. Досліджено та побудовано макrorівневі імітаційні моделі технологічних ліній обробки поїздів різних категорій на пасажирських станціях та пасажирських технічних станціях. Обґрунтована необхідність перегляду існуючих технологій обслуговування поїздів з метою раціоналізації роботи пасажирського комплексу.

Рассмотрено влияние времени нахождения пассажирских поездов на станциях оборота подвижного состава. Выполнен обзор современных источников исследований, учитывая повышение уровня эффективности использования пассажирского подвижного состава.

Исследованы и построены макроуровневые имитационные модели технологических линий обработки поездов различных категорий на пассажирских станциях и пассажирских технических станциях. Обоснована необходимость пересмотра существующих технологий обслуживания поездов с целью рационализации работы пассажирского комплекса.

The influence of time finding the passenger trains at stations circulation of rolling stock has been. The review of current research sources, including the promotion of efficiency level of passenger rolling stock has been. Researched and constructed macro-level simulation models of production lines handling trains on the different categories of passenger stations and passenger technical stations have been. The necessity of revision of existing technology service trains to optimize passenger complex have been.