

*Проведено аналіз напрямків інвестиційної стратегії розвитку системи міжнародних залізничних перевезень в Україні. Запропонована макрорівнева модель обслуговування вантажних поїздів на прикордонних залізничних станціях. Розроблено імітаційні моделі функціонування всіх підсистем обробки поїздів на прикордонних передавальних залізничних станціях*

# РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ НА ПРИКОРДОННИХ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЯХ

**Є. С. Альошинський**

Доцент кафедри "Залізничні станції та вузли", кандидат технічних наук, докторант, УкрДАЗТ

**Д.С. Лючков**

Ст. викладач кафедрли «Залізничні станції та вузли», УкрДАЗТ  
 Заступник декана факультету УПП

## 1. Вступ

Впровадження будь-яких нових технологій, у тому числі в сфері міжнародних перевезень, має цілком стратегічний характер. В більшості випадків лише розробка інвестиційних стратегій, що засновані на застосуванні імітаційних моделей керування, дають можливість передбачати динаміку розвитку галузі.

в банківській сфері, для якої з ростом очікування прибутковості, зростають також і потенційні ризики [1].

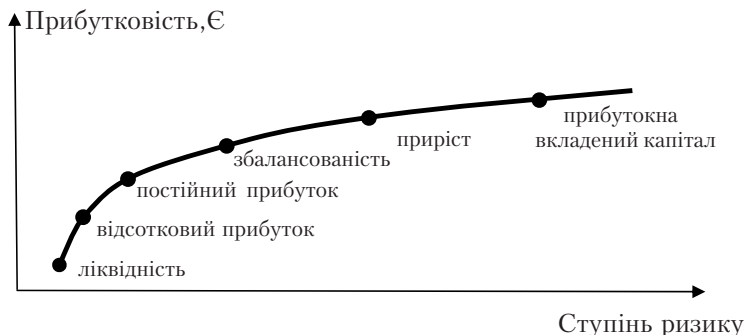
В графічному вигляді ступінь ризику при виборі оптимальної стратегії виглядає наступним чином

Як видно з рисунку, найбільш раціональним є варіант збалансованості, бо в інших випадках або значно менші перспективні прибутки, або, при зростанні прибутковості, ступінь ризику зростає в значно більшій ступені.

## 2. Напрямки розвитку системи міжнародних залізничних перевезень

Для розвитку системи міжнародних перевезень можна застосувати п'ять основних інвестиційних стратегій, кожна з яких має свою мету та ступінь ризику (див. табл. 1).

Мета стратегії, що обирається, стосується таких факторів, як безпека та ризик, доходність та перспективи розвитку, а також ліквідність та гнучкість системи міжнародних перевезень. Характер інвестиційної стратегії розвитку транспортної галузі України дещо схожий з інвестиційною стратегією, що існує



**Рисунок 1.** Залежність очікування прибутковості від потенційного ризику.

**Таблиця 1.**

Напрямки інвестиційної стратегії розвитку системи міжнародних залізничних перевезень.

Інвестиційна стратегія	Мета	Ступінь ризику
Відсотковий доход (збереження існуючих технологій та відсутність капітальних вкладень)	Твердий відсотковий доход	Мінімальний ризик
Постійний доход (незначні зміни технології без капітальних вкладень в технічне оснащення)	Збереження вартості при постійному доході	Невеликий ризик
Збалансованість (удосконалення технології роботи та спрямовані «цільові» капітальні вкладення)	Поточні доходи за відсотками, а також прибуток на вкладений капітал	Середній ризик
Приріст (великі капітальні вкладення, тому числі в розробку нових технологій)	Отримання більш високих доходів, в основному, за рахунок прибутків на вкладений капітал	Ризик вищий за середній
Прибуток на вкладений капітал (повна перебудова разом із загальною заміною технологічних підходів)	Довгостроковий доход за рахунок прибутків на вкладений капітал	Високий ризик

Але вибрана точка збалансованості не носить чіткий характер та не має чіткої функції приналежності. Тому, перед прийняттям конкретних рішень по зміні технології або для капітальних вкладень в технічне оснащення, необхідно промодельювати можливі напрямки оптимізації виробничої ситуації в системі міжнародних перевезень. В першу чергу необхідно виконати розробку імітаційної моделі системи обслуговування вантажних поїздів на прикордонних передавальних залізничних станціях.

### 3. Макрорівнева модель обслуговування вантажних поїздів на прикордонній станції

Головною причиною складності задач проектування і створення моделей залізничних прикордонних станцій є проблеми вже не стільки пов'язані з великою кількістю елементів, що входять у проектувану систему, скільки в ускладненні причинно–наслідкових зв'язків у комплексі взаємодіючих та взаємозалежних компонентів.

До рішення цієї задачі дозволяють прийти системи рівнобіжної обробки інформації і системи паралельно діючих об'єктів. Однією з найбільш передових і сучасних систем цього профілю є теорія мереж Петрі, що являє собою графічний і математичний засіб моделювання, застосовний до систем усіляких типів.

Будь–яка залізнична станція являє собою складну логістичну систему, що складається як з макрорівнів, так і мікрорівнів функціонування. Прикордонна станція не є виключенням.

Тому для того, щоб розробити детальну модель функціонування прикордонної станції з використанням мереж Петрі, спочатку необхідно відокремити основні блоки технологічних операцій (так звані, макрорівні). На наступних етапах розробки моделі кожен з макрорівнів треба розглянути окремо (детально), а потім об'єднати всі мікрорівневі моделі в один комплекс. Створюючи модель комплексу і його технологічних ліній вагонопотоків, необхідно враховувати функціональні зв'язки між ними, крім того функціонально обґрунтовувати композицію всіх елементів комплексу в лініях, системах і підсистемах.

На рисунку 2 наведена макрорівнева модель обслуговування вантажних поїздів на прикордонній станції. Кожен перехід (Т) являє собою якусь технологічну операцію (а в даному випадку вкладену окрему модель). При цьому кожна позиція (Р) – це проміжний стан моделі між операціями, що крім всього дозволяє контролювати в режимі реального часу стан системи, тобто яка кількість поїздів (составів та навіть вагонів) перебуває під тією, чи іншою операціями. На рисунку 2:

Т1 – вкладена модель функціонування прилеглих дільниць (дозволяє задавати інтенсивність надходження поїздопотоків з різних напрямків);

Т2 – модель обробки поїздів по прибуттю на

станцію (технічний огляд, комерційний огляд, митний контроль та т.і.). Рекомендовано цей перехід зробити ТХ–типу, що дозволяє враховувати ймовірність впливу відмов системи (наприклад, не проходження митного контролю);

Т3 – вкладена модель виконання операцій по виправленню недоліків, якщо такі виникли при проходженні циклу операцій в Т2;

Т4 – вкладена модель технічного обслуговування составів, що прямують через кордон (перестановка візків, розсунення колісних пар, перевантаження вантажів тощо);

Т5 – вкладена модель обслуговування поїзних локомотивів (з урахуванням всіх видів технічного обслуговування, технічного та капітального ремонтів, якщо в них є потреба);

Т6 – вкладена модель обробки поїздів по відправленню.

Кожна прикордонна станція працює приблизно за схемою наведеною на рисунку 2. Однак, слід відрізняти, обробку поїздів за митними режимами (експорт, імпорт, транзит та інші). Крім того, потрібно враховувати особливості та спеціалізацію кожної станції (наприклад тип залізничної станції та пріоритетні вантажі, що вона перероблює).

### 4. Імітаційна модель роботи прикордонної передавальної станції

Як визначалося вище, кожен перехід макрорівневої моделі (див. рис. 2) – це вкладена більш складна модель, що описує окремі цикл операцій, пов'язаних з обробкою рухомого складу та вантажів.

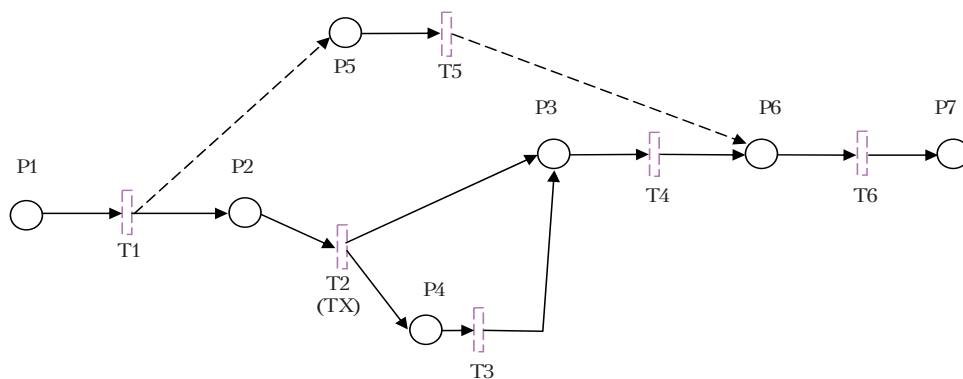
Пропонується розглянути ці моделі окремо, потім об'єднавши їх між собою за ознакою “Обробка поїздів по прибуттю” та “Обробка поїздів по відправленню”. При розробці моделі функціонування підсистеми “Обробка поїздів по прибуттю” (рисунком 3) об'єднано три вкладені моделі:

Т1 – блок моделі функціонування підсистеми “Прилеглі дільниці”;

Т2 – блок моделі обробки поїздів по прибуттю на станцію;

Т5 – блок моделі обслуговування поїзних локомотивів.

Для більш легкого сприйняття на рисунках 3 та 4 наведено трохи спрощені моделі. Проставлено нумерацію не для всіх позицій та переходів, а лише для



Рисунком 2. Макрорівнева модель обслуговування вантажних поїздів на прикордонній станції.

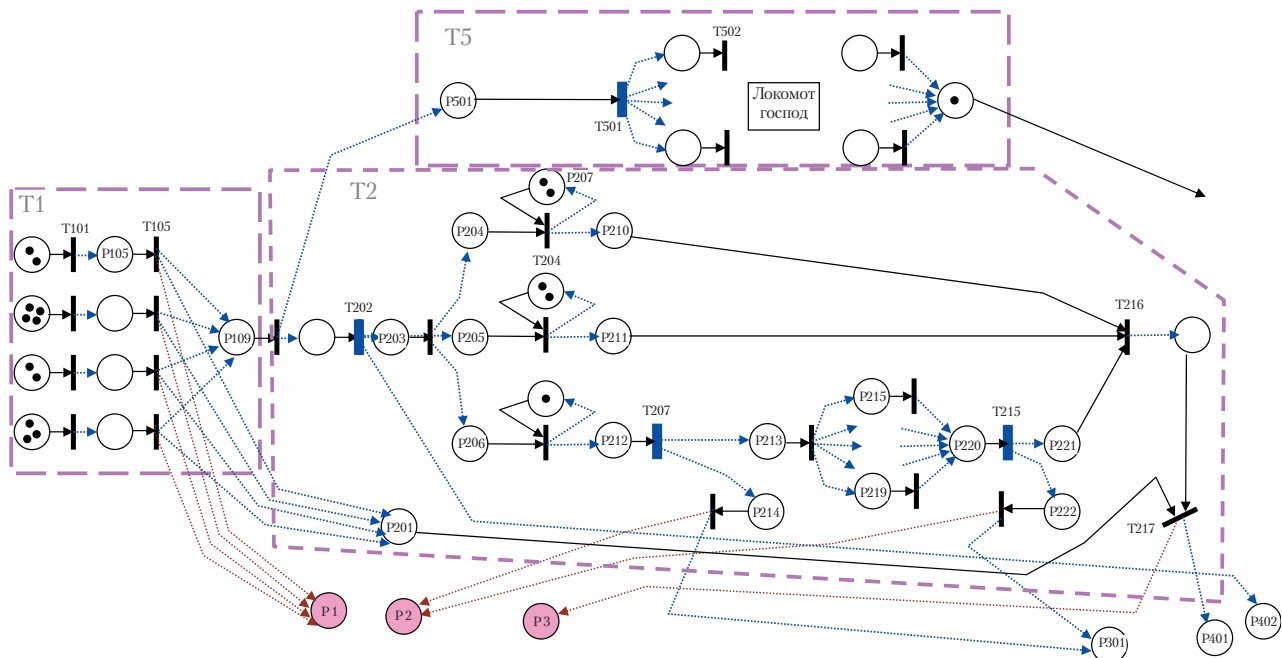


Рисунок 3. Модель функціонування підсистеми “Обробка поїздів по прибуттю”.

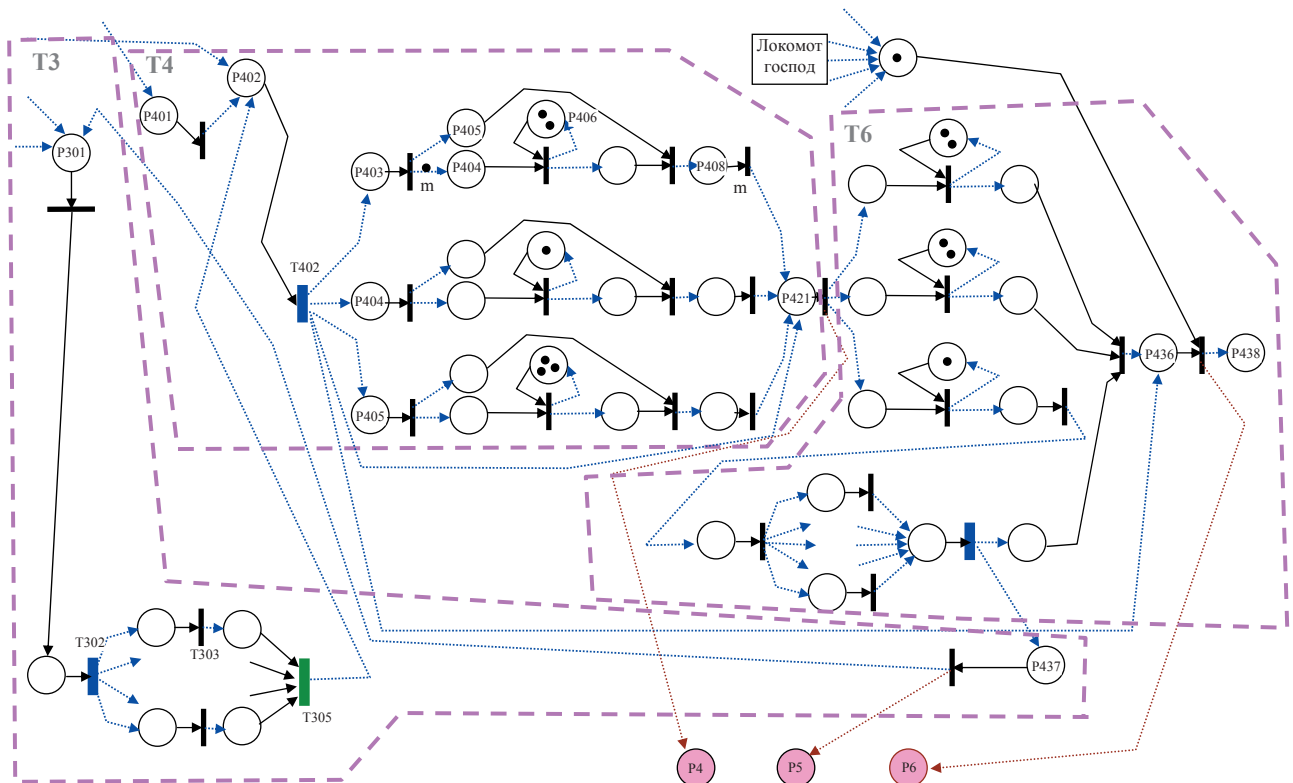


Рисунок 4. Модель функціонування підсистеми “Обробка поїздів по відправленню”.

більш важливих при описанні моделі. На цих рисунках нумерація позицій та переходів введена по принципу врахування номера блока та нумерації в середині самого блока. Наприклад: P109 – це позиція з першого блоку № 09, а T201 – це перехід № 1 з другого блоку.

В даній моделі підсистема “Прилеглі дільниці” потрібна лише для того, щоб задавати інтенсивність підходу поїздів на прикордонну станцію зі всіх напрямків. При цьому кількість підходів не обмежена. На рисунку зображено 4 підходи, при меншій їх кількості

зайві можна виключити з моделювання шляхом не виставлення “фішок” (в даному випадку кожна “фішка” – це окремий поїзд) в початкові позиції. Кількість поїздів виставляється згідно статистичних спостережень та задається в відповідності від того, який період необхідно промодельовати (1, 2, 3, ..., 10 діб тощо)

Перед тим як поїзд попаде на станцію (P109), проводиться аналіз вільності колій прийому. Це можна зробити, якщо задати граничну місткість в позиції P201. Так наприклад, якщо гранична місткість цієї

позиції дорівнює 4 (колії), а в ній вже знаходиться 4 фішки (поїзди), то перехід Т105 за властивістю звичайних переходів (перехід ТЕ-типу) не спрацює та не пропустить фішку (поїзд) з першої дільниці (Р105) на колії прийому станції (Р109).

Після попадання поїзда на станцію (Р109), проводиться відчеплення локомотива, який вирушає в локомотивне господарство (Р501), де з ним за необхідності проводиться один з видів технічного обслуговування (ТО), технічного ремонту (ТР) або капітального ремонту (КР). Вибір типу обслуговування задається завдяки переходу ТХ-типу (Т501), що враховує вірогідність тієї чи іншої операції. Якщо на даній станції не проводяться якісь види ремонтів рухомого складу, то в переході задається нульова вірогідність цієї події. Кожен з переходів (Т502 та інші в блоці локомотивного господарства) являє собою більш складну модель, в якій, крім часу обслуговування, враховується число вільних ремонтних стійл та кількість вільних робітників тощо.

На станції більшість поїздів підлягає обробці по прибуттю (попадання в Р203), але частка прямує безпосередньо на спеціальний технічний пункт (СТП) (Р402). Вірогідність цієї події (на підставі статистичних спостережень) можна задати переходом ТХ-типу (Т202).

Далі состави поїздів підлягають технічному огляду (ТО), комерційному огляду (КО) та митному контролю (МК) (відповідно позиції Р204, Р205 та Р206), які проводяться паралельно. Тривалість кожної операції задається переходом (наприклад тривалість ТО – переходом Т204). При цьому огляд почнеться лише при наявності вільної бригади робітників ТО (фішки в позиції Р207). По завершенні ТО та КО (позиції Р210 та Р211 відповідно) очікується завершення митного контролю та контролю інших служб. Крім митного на прикордонних станціях проводяться наступні види контролю: санітарний (Р215), фітосанітарний, радіологічний, епідеміологічний та ветеринарний (Р219). Якщо суттєвих причин для затримки не існує, то “фішка” переходить в позицію Р221, що дозволяє відкрити перехід Т216 та переставити маневровим локомотивом (Т217) состав з колій парку приймання (Р401).

Але в випадку затримки митницею (Р214) чи іншими службами (Р222), вірогідність чого задається на підставі статистичних спостережень переходами ТХ-типу (Т207 та Т215), “фішка” в позицію Р221 не попаде. Состав (або група вагонів) переставляється на колії пункту митного контролю (ПМК) для усунення всіх зауважень (Р301).

При розробці моделі функціонування підсистеми “Обробка поїздів по відправленню” (рисунок 4) об’єднано три наступні вкладені моделі:

Т3 – блок моделі виконання операцій по виправленню недоліків, що виникли при проходженні митного контролю та контролю інших служб;

Т4 – блок моделі технічного обслуговування составів, що прямують через кордон;

Т6 – блок моделі обробки поїздів по відправленню.

Як було описано вище состав (або група вагонів) при наявності зауважень з боку митних чи інших органів та служб, переставляють на колії ПМК (Р301). На ПМК уточнюється з яких саме причин затримано вагони (невірно заповнена вантажна митна декларація

(ВМД), невідповідність маси вантажу в вагоні та в документах та т.і. (всього біля 20 основних причин)). Вірогідність тієї чи іншої проблеми задається переходом ТХ-типу (Т302) [2].

Далі проводиться виправлення та усунення зауважень (Т303 та інші). Ці переходи, кожен окремо, являють собою складні вкладені моделі, в яких враховується не лише час виконання всіх операцій, а ще й технічні та технологічні резерви ПМК, а також можливості відмов. При виправленні зауважень “фішки” через перехід Т305 попадають в блок моделі технічного обслуговування составів, що прямують через кордон (Р402). Далі вагони подаються на спеціальний технічний пункт (СТП), звідки через перехід Т401 розподіляються за видами технічного обслуговування, що пов’язано з необхідністю перетинати кордон та прямувати далі по іншій ширині колії: зміна візків (Р403), прямування на колію для розсунення колісної пари (Р404), перевантаження з вагону в інший вагон або на інші види транспорту (Р405). Це можливо врахувати завдяки переходу ТХ-типу (Т401), в якому задається вірогідність кожної з технічних операцій. В тому числі можна задати і нульову вірогідність попадання в позиції Р403, Р404 та Р405 для вищенаведеного випадку (кордон України з Росією), коли на прикордонній станції не існує, наприклад, колій для розсунення колісних пар 1435–1520 мм.

Після проходження технічного обслуговування составів, що прямують через кордон (блок Т4), состави підготовлюють до відправлення (блок Т6). В цьому блоці промодельовані операції ідентичні операціям в блоці Т2: технічний огляд (ТО), комерційний огляд (КО), митний контроль (МК) та огляд інших служб. Якщо состав повністю готовий до відправлення та не існує будь-яких зауважень з боку митниці (Р436), то з локомотивного господарства (блок Т5) подається поїзний локомотив. Після опробування гальмівної системи поїзд вирушає за кордон (позиція Р438).

## 5. Висновки

На основі інформації, отриманої при моделюванні та аналізу результатів, можливо отримати оцінки не тільки системи, що моделюється, а й оцінки її структури і поведінки. Моделювання транспортних комплексів (у тому числі і прикордонної залізничної станції) за допомогою мереж Петрі дозволить знайти нові рекомендації по удосконаленню, зміні й оптимізації системи обслуговування міжнародних транспортних перевезень.

## Література

1. Управление имуществом. Инвестиции с целью оптимизации налогов. – Лихтенштейн: Нуро Investment Bank Liechtenstein, 2006.
2. Альошинський Є.С., Кіхтева Ю.В. Принципи логістичного дослідження роботи прикордонних передавальних станцій// Восточно-європейський журнал передових технологій. № 1/2 (25) – Харьков. – 2007. – с. 96–99.