

ОСНОВИ ТЕОРІЇ ТРАНСПОРТНИХ
ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ

**Тема 14 Пропускна, провізна та переробна спроможності
транспортних ліній**

Мацюк Вячеслав Іванович,
д.т.н., професор

План теми

1. **Наявна пропускна спроможність та принципи її визначення**
2. **Потрібна пропускна спроможність. Резерв пропускної спроможності.**
3. **Провізна та переробна спроможність**
4. **Прикладні моделі встановлення пропускної спроможності для стохастичних потоків.**

1. Наявна пропускна спроможність та принципи її визначення

Наявною пропускною спроможністю смуги автомобільної дороги називають максимальну кількість автомобілів, що може проїхати смугою в одиницю часу (зазвичай за годину).

Наявною пропускна спроможність визначається за умови прямої та горизонтальної ділянки дороги з жорстким покриттям, на якій здійснюється колонний рух автомобілів без обгонів у сприятливих дорожніх умовах.

1. Наявна пропускна спроможність та принципи її визначення

Загальний **принцип** визначення наявної пропускної спроможності:

$$N_H = \frac{T_{зв}}{T_{тр.зас.}},$$

де $T_{зв}$ - звітний період, за який здійснюється розрахунок пропускної спроможності, доба, година;

$T_{тр.зас.}$ - середній інтервал часу між транспортними засобами, що рухаються послідовно, хвилина, сек.

1. Наявна пропускна спроможність та принципи її визначення

Для автомобільного транспорту пропускну спроможність зазвичай визначають у розрахунку на годину. Враховуючи, що середній інтервал руху вимірюється в секундах, загальноприйнята формула має такий вигляд:

$$N_H = \frac{3600}{I_a},$$

де 3600 – кількість секунд у годині;

I_a - середній інтервал часу між автомобілями, що рухаються послідовно, хвилина, сек.

1. Наявна пропускна спроможність та принципи її визначення

Середній інтервал часу між автомобілями
 I_a визначається як:

$$I_a = \frac{3,6L_a}{v},$$

де L_a – довжина ділянки дороги, що припадає на один автомобіль, м;

v – розрахункова (максимально допустима) швидкість руху автомобілів, км/год.

1. Наявна пропускна спроможність та принципи її визначення

Довжина ділянки дороги L_a , що припадає на один автомобіль визначається як сума довжин:

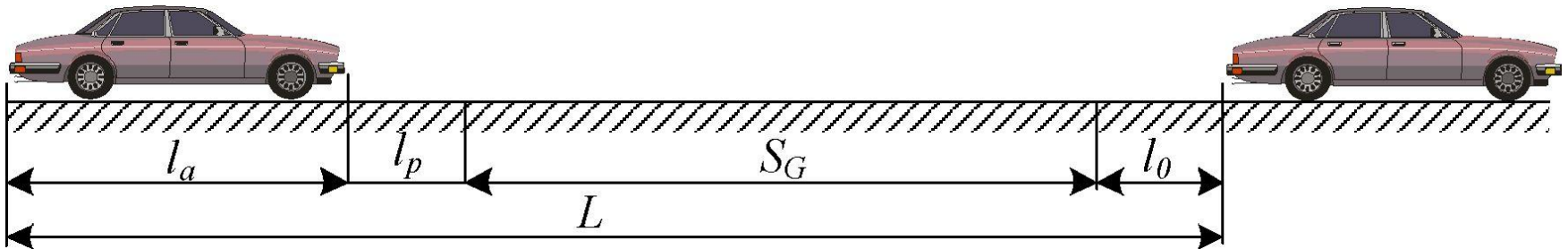
$$L_a = l_a + l_p + S_G + l_0;$$

де l_a - довжина автомобіля, м

l_p - відстань, яку проходить автомобіль за час реакції водія, м;

S_G - різниця гальмівного шляху між заднього та переднього автомобіля, м;

l_0 - зазор безпеки до автомобіля попереду, м



1. Наявна пропускна спроможність та принципи її визначення

S_G - різниця гальмівного шляху між заднього та переднього автомобіля залежить від багатьох факторів і визначається як різниця між гальмівним шляхом першого та другого автомобілів:

$$S_G = l_{г1} - l_{г2}.$$

За однаковою довжиною гальмівного шляху першого і другого автомобіля $S_G = 0$.

1. Наявна пропускна спроможність та принципи її визначення

У свою чергу гальмівний шлях визначається як:

$$l_{\Gamma} = \frac{v^2}{2g(\varphi_{1,2} \pm i + f)}$$

,

де g - прискорення вільного падіння, м/с²;

$\varphi_{1,2}$ - коефіцієнт повздовжнього зчеплення шин з покриттям для відповідно першого або другого автомобіля;

$\pm i$ повздовжній ухил ділянки дороги;

f - коефіцієнт опору руху.

1. Наявна пропускна спроможність та принципи її визначення

Розрахункова швидкість руху є нормативним показником відповідно до існуючих ДСТУ:

Категорія дороги	Розрахункова швидкість, км/год	
	основна	у складних умовах*
I	150	120 / 80
II	120	100 / 60
III	100	80 / 50
IV	80	60 / 40
V	60	40 / 30

* Чисельник – для пересічної місцевості, знаменник – для гірської місцевості

2. Потрібна пропускна спроможність. Резерв пропускної спроможності

Потрібна пропускна спроможність – потреба у пропуску запланованої на прогностичний (або проєктний) період кількості транспортних засобів (автомобілів), що виражається у уніфікованих (за умовами пропуску) транспортними засобами.

На автомобільному транспорті за уніфікований автомобіль прийнято розглядати **легковий** автомобіль.

2. Потрібна пропускна спроможність. Резерв пропускної спроможності

Протягом року, двічі (цілодобово) на місяць, здійснюється облік структури автомобільного потоку. Приведення різних типів автомобілів до уніфікованої одиниці (легкового автомобіля) здійснюється через коефіцієнт відповідності:

$$N_{\Pi} = \sum N_i k_i$$

де N_i — інтенсивність руху окремих типів транспортних засобів;

k_i — коефіцієнти приведення інтенсивності руху різних транспортних засобів до легкового автомобіля, приймаються згідно з ДБН В.2.3-4:2007 «Споруди транспорту. Автомобільні дороги»

2. Потрібна пропускна спроможність. Резерв пропускної спроможності

Коефіцієнти приведення ТЗ до легкового автомобіля

Тип транспортного засобу	Коефіцієнт приведення
1 Мотоцикл без коляски та мопед	0,5
2 Мотоцикл з коляскою	0,75
3 Легковий автомобіль	1,0
4 Вантажний автомобіль вантажопідйомністю, т:	
до 1	1,0
від 1 до 2	1,5
від 2 до 6	2,0
від 6 до 8	2,5
від 8 до 14	3,0
понад 14	3,5
5 Автопоїзд вантажопідйомністю, т:	
до 12	3,5
від 12 до 20	4,0
від 20 до 30	5,0
понад 30	6,0
6 Колісний трактор з причепами вантажопідйомністю, т:	
до 10	3,5
понад 10	5,0
7 Автобус	3,0
8 Автобус зчеплений (здвоєний)	5,0

2. Потрібна пропускна спроможність. Резерв пропускної спроможності

Резерв пропускної спроможності:

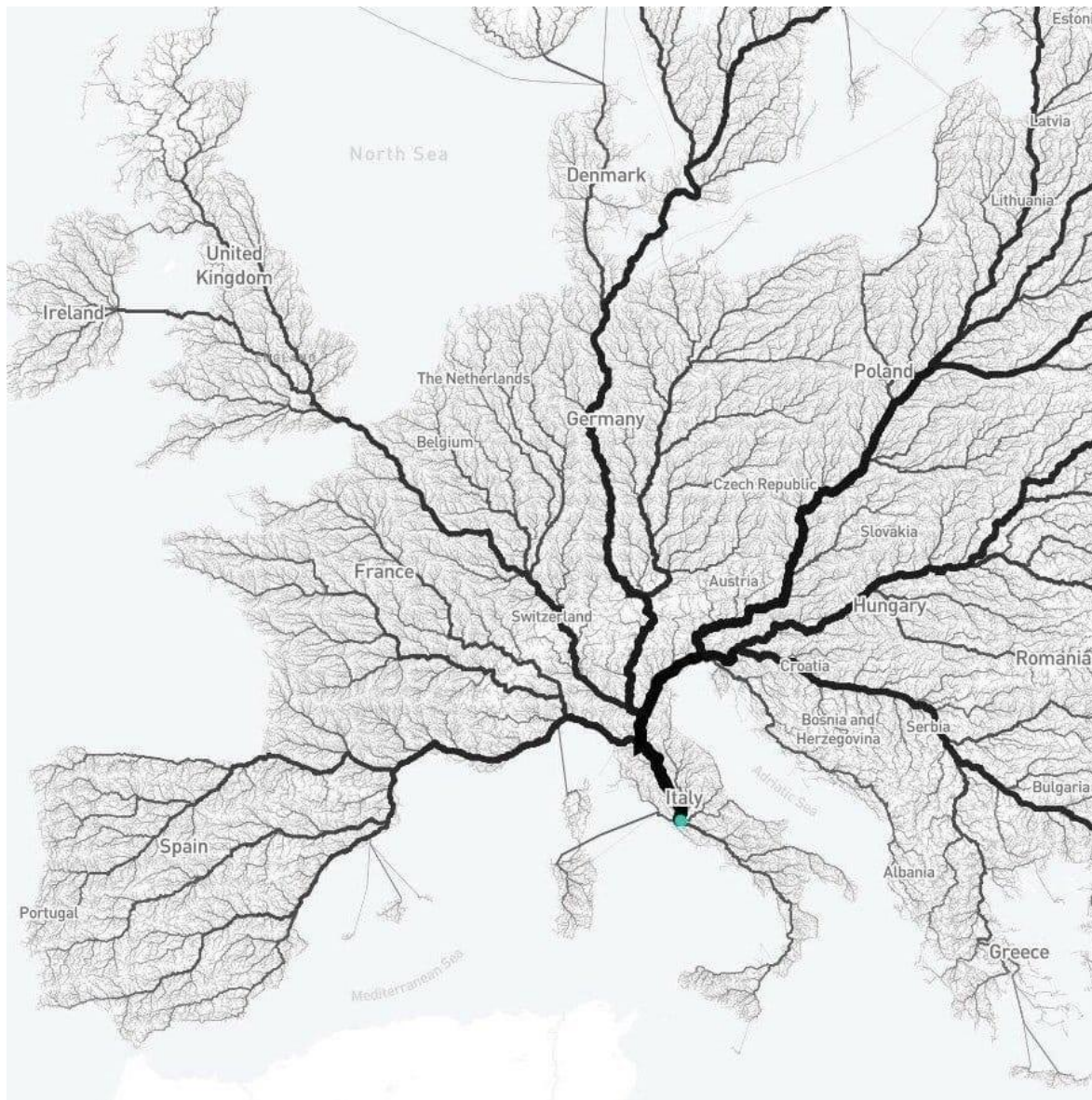
абсолютний:

$$\Delta N_a = N_H - N_{\Pi},$$

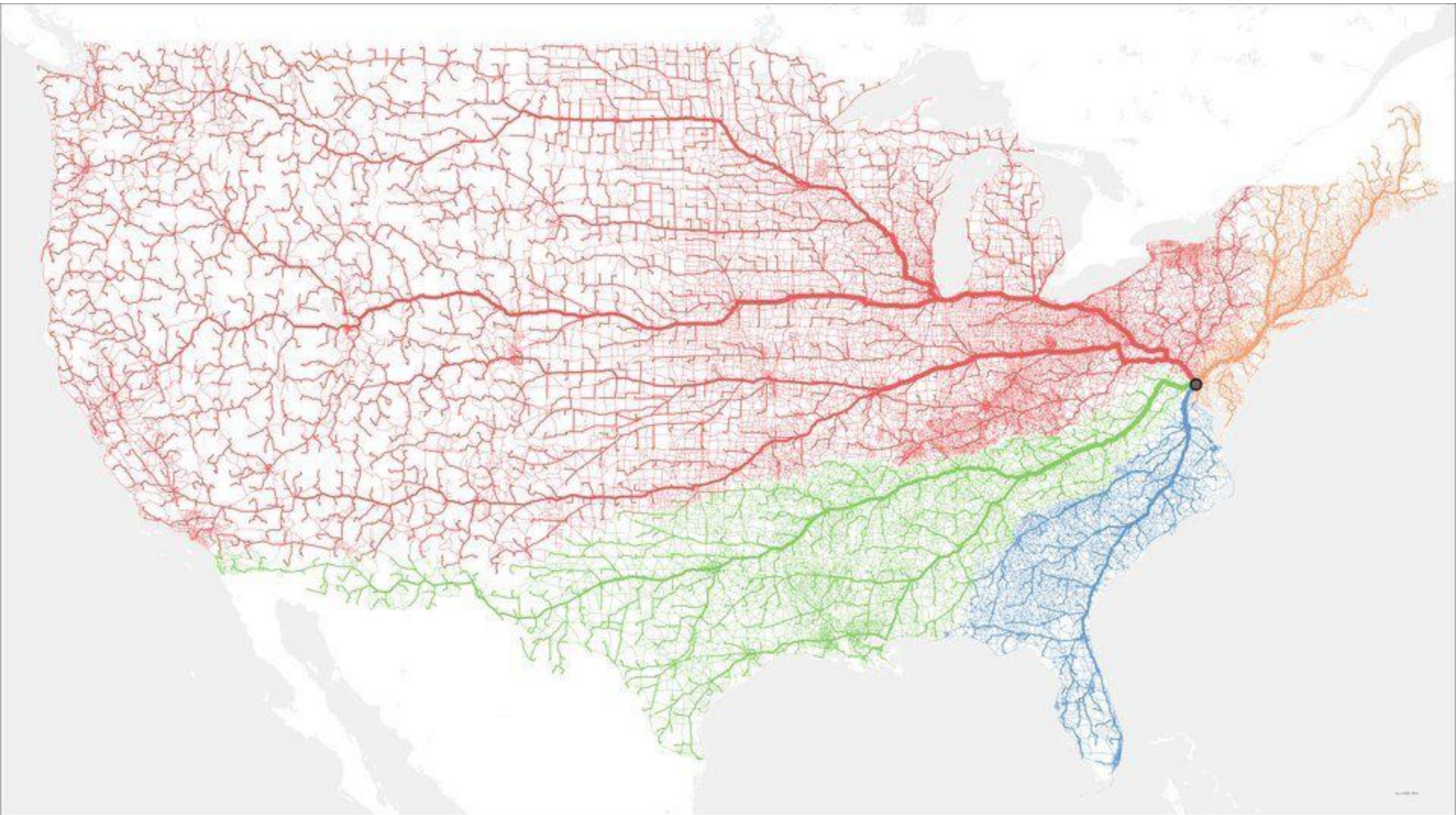
відносний:

$$\Delta N_B = 100\% \frac{\Delta N_a}{N_H}.$$

2. Потрібна пропускна спроможність. Резерв пропускної спроможності



2. Потрібна пропускна спроможність. Резерв пропускної спроможності



2. Потрібна пропускна спроможність. Резерв пропускної спроможності

Парадокс Бресса

Суть парадоксу Бресса:

Уперше описаний математиком **Дітером Брессом** (Braess) у 1968 році.

Уявімо транспортну мережу з кількома маршрутами з точки А до точки В. Припустимо, у мережі є рівновага: кожен водій вибирає найшвидший для себе маршрут, і в результаті всі шляхи більш-менш завантажені рівномірно.



А тепер уявімо, що **додається нова дорога**, яка, на перший погляд, повинна зменшити загальний час у дорозі. Але, оскільки всі водії прагнуть обрати для себе найвигідніший маршрут, **всі починають використовувати нову дорогу**, і в результаті — **утворюється надмірне навантаження, яке збільшує час у дорозі для всіх.**

2. Потрібна пропускна спроможність. Резерв пропускної спроможності

Згідно з парадоксом Бреса, якщо додати до дороги більше смуг руху, затори збільшаться.

Наприклад, у 2008 році автострада Х'юстона була розширена до 26 смуг, а час у дорозі збільшився на 30%.

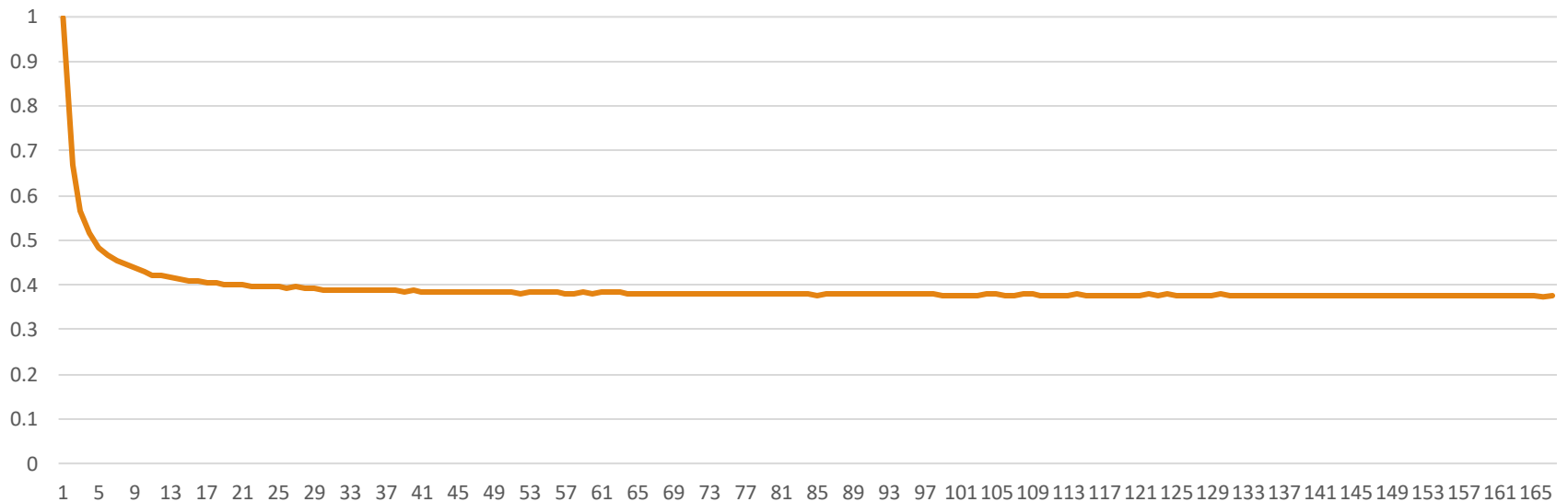


2. Потрібна пропускна спроможність. Резерв пропускної спроможності

Стохастичний потік



Зниження пропускної спроможності (при варіації 100%)



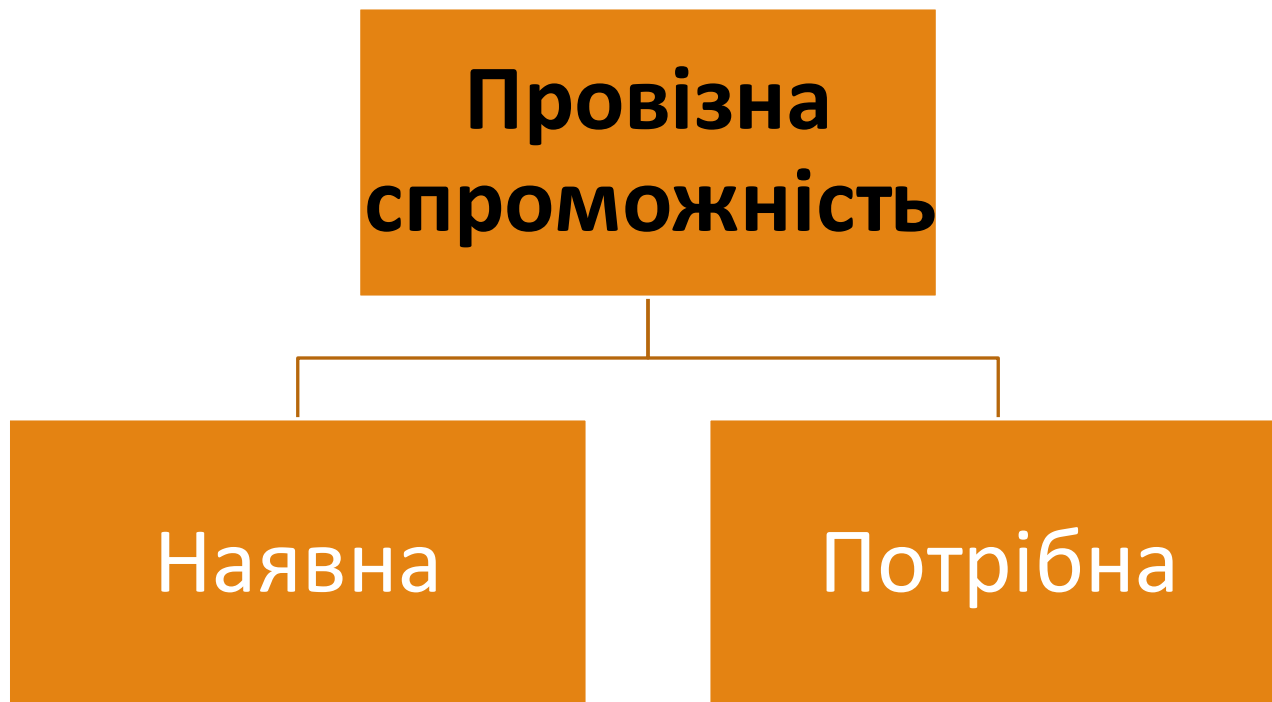
3. Провізна та переробна спроможність

Наявною провізна спроможністю максимальна кількість вантажів або пасажирів що може бути освоєна транспортною системою.

$$N_{\text{Пср}} = N_{\text{наявна}} Q$$

Q – середній обсяг вантажів (пасажирів), що може бути перевезений уніфікованою транспортною одиницею.

3. Провізна та переробна спроможність



3. Провізна та переробна спроможність

Наявною переробна спроможністю максимальна кількість операцій, що може бути виконана у відповідній виробничій системі.

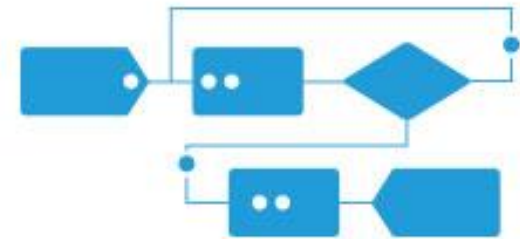
$$N_H = \frac{T_{зв}}{T_{опер.}},$$

$T_{опер.}$ — середня тривалість циклу виконання виробничих операцій, за які здійснюється виробництво одиниці продукції.

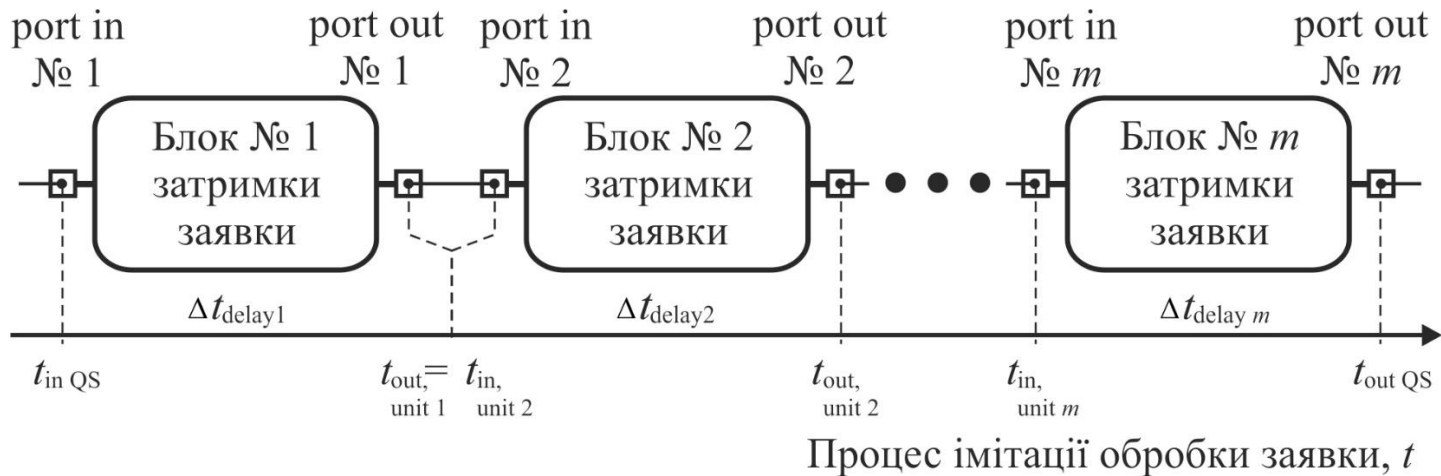
4. Прикладні моделі встановлення пропускної спроможності для стохастичних потоків.

Сутність та значення Discrete-event метода

Дискретно-подієвого моделювання (англ. Discrete-event simulation, DES) - це вид імітаційного моделювання. У дискретно-подієвому моделюванні функціонування системи представляється як хронологічна послідовність подій. Подія відбувається в певний момент часу і знаменує собою зміну стану системи.

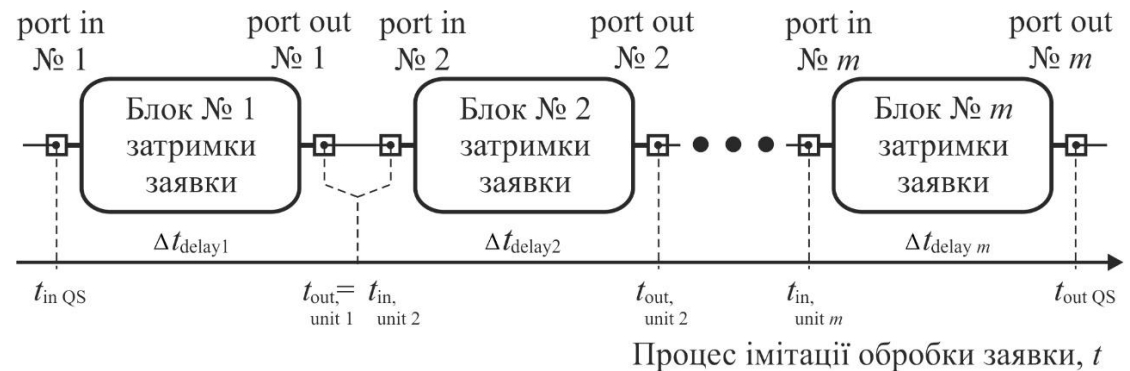


4. Прикладні моделі встановлення пропускної спроможності для стохастичних потоків.



Будь-яку послідовність операцій можна представити як дискретно-подієвий процес. Кожна заявка, що обслуговується у системі дискретно, перебуває на обслуговуванні у тому чи іншому технологічному елементі. Перехід через етапи обробки являє собою умовну межу, і не має власної тривалості. Імітація, відповідно до технологічного процесу обробки заявок, буде відображувати поступовий перехід заявки через програмні блоки одного з вільних каналів. Кожний з блоків програмно здійснює затримку заявки на час, що відповідає встановленому або розрахованому часу тривалості відповідної технологічної операції. Умовна межа переходу між технологічними операціями відповідатиме моменту переходу заявки із одного блока в інший.

4. Прикладні моделі встановлення пропускної спроможності для стохастичних потоків.

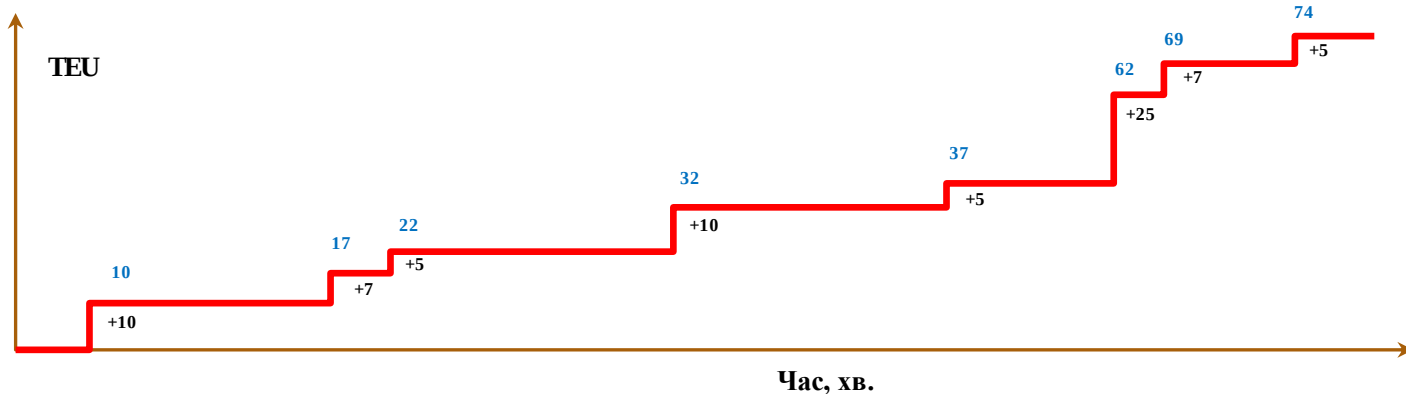
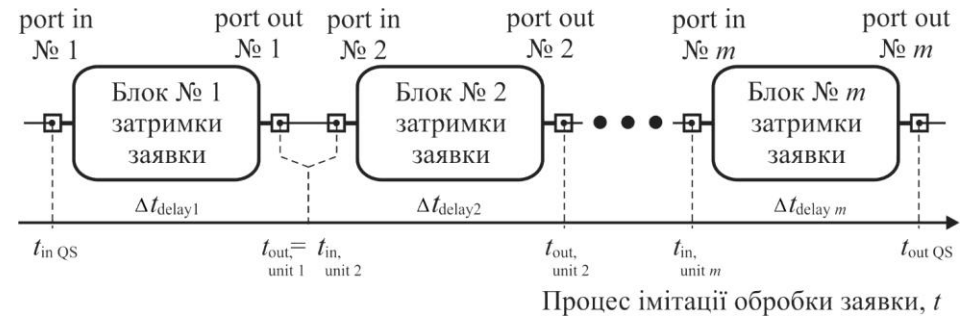


Такий принцип дозволяє програмно фіксувати момент входу заявки у блок програми, що відповідатиме початку відповідної технологічної операції, і момент виходу заявки з блока, що відповідатиме завершенню технологічної операції. По суті збір результатів і полягає у фіксуванні моментів переходу заявок між певними блоками (між фазами обробки складів поїздів), що у подальшому дозволить обробити дані, визначити імовірність відмови та безвідмовність функціонування ЗТС. Тривалість знаходження заявки у певному блоці визначається як різниця моментів входження у наступний блок та моменту входження заявки у розрахунковий блок:

$$\Delta t_{\text{delay } z} = t_{\text{in,unit } z+1} - t_{\text{in,unit } z},$$

4. Прикладні моделі встановлення пропускної спроможності для стохастичних потоків.

1. Перехід через етапи обробки являє собою умовну межу, і не має власної тривалості.
2. Умовна межа переходу між технологічними операціями відповідатиме моменту переходу заявки із одного блока в інший.
3. Такий принцип дозволяє програмно фіксувати момент входу заявки у блок програми, що відповідатиме початку відповідної технологічної операції, і момент виходу заявки з блока, що відповідатиме завершенню технологічної операції.



4. Прикладні моделі встановлення пропускної спроможності для стохастичних потоків.

2. Основні функціональні блоки моделей Discrete-event simulation

Вигляд агрегату у середовищі розробки	Функція та умови використання
	блок типу Source – генератор заявок. Генерує вхідний потік заявок за встановленими параметрами
	блок типу Queue – черга. Імітує очікування заявок у черзі. Заявки зорганізуються за принципом FIFO (first in – first out) – обслуговується у першу чергу та заявка, яка знаходиться у черзі найдовше
	блок типу Delay – блок затримки. Імітує затримку часу при виконанні операцій та обробці заявок
	блок типу Sink. Імітує закінчення процесу

4. Прикладні моделі встановлення пропускної спроможності для стохастичних потоків.

3. Приклади транспортних процесів для імітації Discrete-event simulation

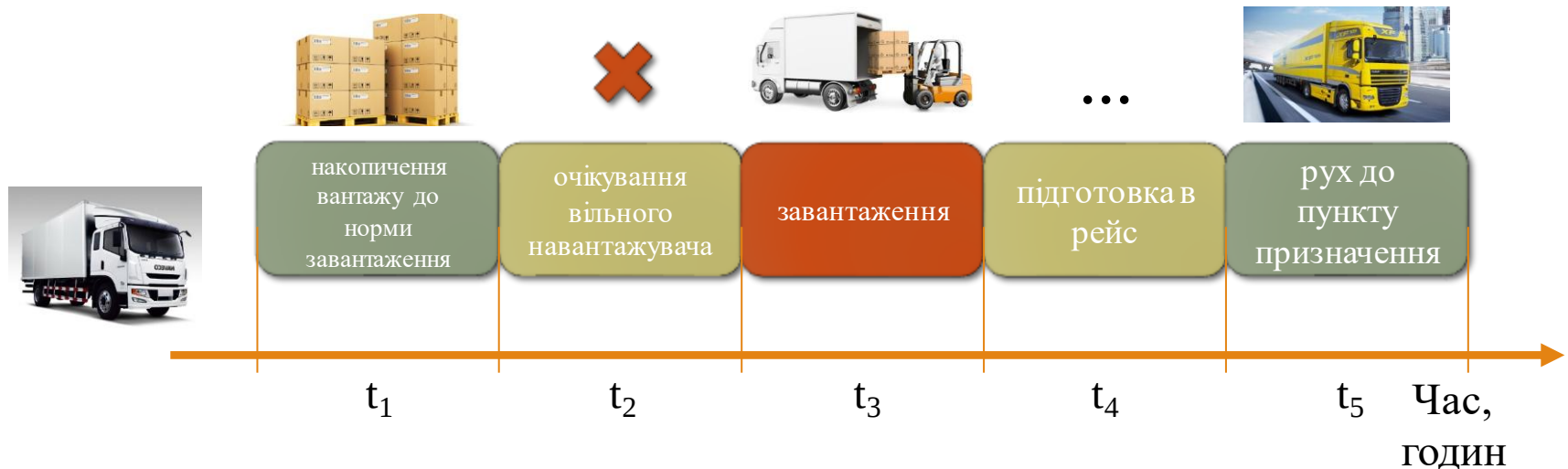
Дуже зручно моделювати будь-які системи масового обслуговування (СМО)



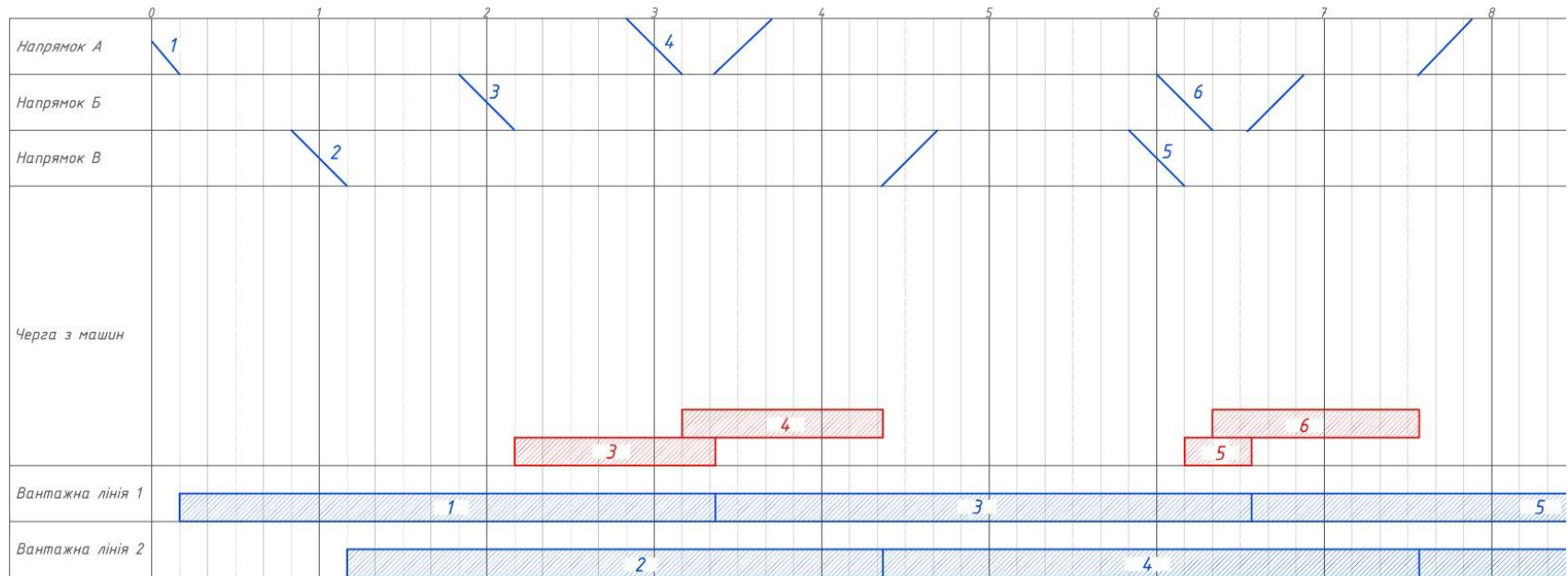
4. Прикладні моделі встановлення пропускної спроможності для стохастичних потоків.

3. Приклади транспортних процесів для імітації Discrete-event simulation

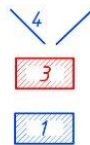
Дуже зручно моделювати транспортні, логістичні, виробничі та інші процеси, де момент завершення кожної операції є моментом початку наступної операції:



4. Прикладні моделі встановлення пропускної спроможності для стохастичних потоків.



Умовні позначки:



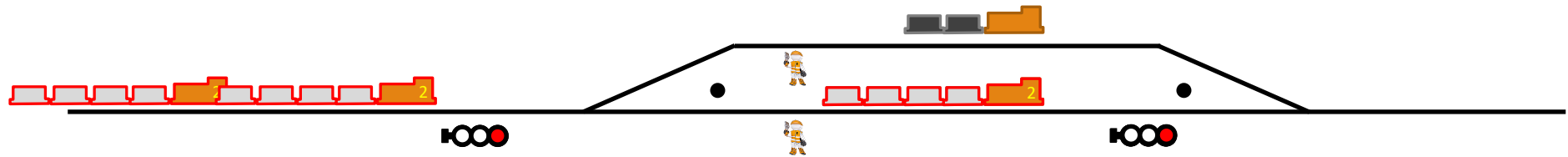
- графік руху автомобілів та номер автомобіля;

- простій автомобіля в очікуванні операції;

- операція із завантаження автомобіля.

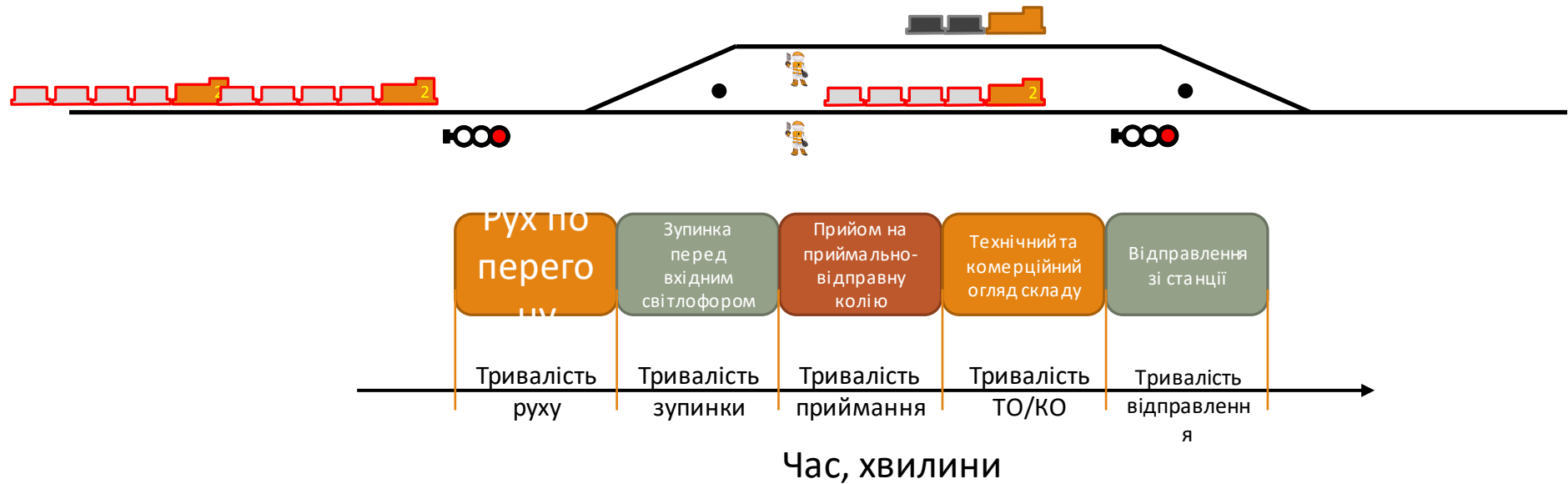
4. Прикладні моделі встановлення пропускної спроможності для стохастичних потоків.

Розробка імітаційної моделі функціонування технологічної лінії з обробки транзитних вантажних поїздів дискретно-подієвим способом в середовищі AnyLogic



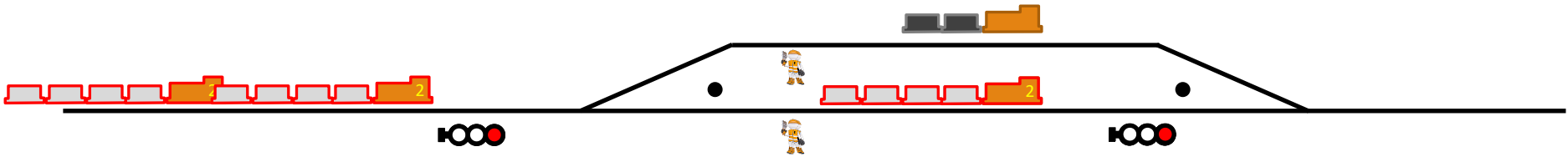
4. Прикладні моделі встановлення пропускної спроможності для стохастичних потоків.

Дискретні події, що виникають із вантажним поїздом № 2



4. Прикладні моделі встановлення пропускної спроможності для стохастичних потоків.

Дискретні події займання елементів залізничної інфраструктури



Колія перегону прийма	[Red bar]		
Вхідна горловина		[Red bar]	
Приймально-відправна	[Blue bar]		[Red bar]
Вихідна горловина		[Blue bar]	[Red bar]
Колія перегону відправлення		[Blue bar]	[Red bar]
Оглядачі ТО/КО	[Blue bar]		[Blue bar]

Дякую за увагу!