



KAPITEL 10 / CHAPTER 10¹⁰
MODELING OF TRANSPORT SERVICE OF INDUSTRIAL ENTERPRISES
WITH LIMITED VEHICLE FLOW

DOI: 10.30890/2709-2313.2024-32-00-017

Вступ

На сучасному етапі важливим питанням промислових підприємств України є ресурсо – та енергозбереження. Зокрема, значення цього питання досить велике для підприємств, перевізний процес яких заснований на застосуванні залізничного виду транспорту. Транспортна технологія таких підприємств не завжди характеризується ефективністю, оскільки в цілому ряді випадків можливості тягових засобів транспорту не використовуються в повній мірі через обмеженість транспортної роботи. У зв'язку з цим для розглянутих промислових підприємств вельми важливим є розробка енергозберігаючої транспортної технології, в повній мірі відповідає виробничим вимогам.

На основі аналізу вагопотоків і показників експлуатаційної роботи підприємств з обмеженим вагопотокком встановлено, що зараз існує проблема вдосконалення їх транспортного обслуговування. Для даних Умов відпрацьовані технічні та конструктивні параметри маневрового тягача на базі колісного трактора на комбінованому пневморельсовому ходу, що забезпечує енергозберігаючу транспортну технологію. Розроблено імітаційну модель транспортного обслуговування базових підприємств з використанням існуючої та передбачуваної транспортної технології. Виконана верифікація моделі підтверджує її адекватність реальним умовам роботи розглянутих підприємств.

10.1. Сучасний стан організації маневрової роботи на промислових підприємствах

В даний час маневрова робота на промислових підприємствах з обмеженим

¹⁰*Authors: Krasulin Oleksandr Stanislavovich, Khara Maryna Volodymyrivna, Doroshenko Illia, Avramenko Tamara Volodymyrivna*



вагонопотоком має специфічні особливості: переважання маневрових операцій, пов'язаних з подачею і прибиранням вагонів, використання потужних локомотивів, короткі відстані маневрових полурейсов, низькі швидкості пересувань, значна кількість ділянок колії з кривими малих радіусів і крутими ухилами [1, 2].

Регламентация роботи маневрового району продовжує здійснюватися на основі графічних моделей – добових план-графіків. Основним засобом нормування, аналізу та оцінки роботи маневрових тепловозів служить виведений з них комплексний показник – час зайнятості тепловоза. Добові план-графіки роботи підприємств з обмеженим вагонопотоком будуються, як правило, на усереднені розміри і умови роботи. Іноді передбачається побудова декількох варіантів добових план-графіків [3].

Недоліком графічної моделі роботи підприємств з обмеженим вагонопотоком є те, що в них не враховуються реальні умови обробки змінних вагонопотоків і мінливість розкладання складів передач, що надходять з зовнішньої мережі. Крім того, розробка добового план-графіка вручну досить трудомістка і не завжди досить об'єктивна. У минулому виходили з передумови, що досить точні результати можна отримати на основі побудови моделі на одну добу (звідси і назва добовий план-графік роботи станції), але дослідження показали, що це не так. Достовірні результати виходять лише при моделюванні роботи станції на 10-15 діб.

10.2. Використання імітаційного моделювання при дослідженні процесу транспортного обслуговування підприємств

Значно точнішими та об'єктивнішими є аналітичні методи розрахунку показників роботи технічних засобів залізничного транспорту із застосуванням імітаційного моделювання. Метод імітаційного моделювання полягає в багаторазово повторюваній імітації на ЕОМ процесу транспортного



обслуговування підприємств з обмеженим вагонопотоком з більшою чи меншою мірою їх деталізації. При цьому збирається статистичний матеріал по цікавлять параметрам процесу. Формалізація досліджуваного процесу полягає в розчленуванні на елементарні акти, між якими встановлюються взаємозв'язки, що існують в реальному процесі [4]. Далі необхідно тільки відтворити в дії побудований моделює алгоритм, щоб отримати цікавлять властивості, характеристики процесу в цілому.

Використання імітаційного моделювання особливо ефективно при дослідженні таких складних систем, в яких застосування аналітичних методів створює серйозні труднощі. Воно не має обмежень на складність описуваних об'єктів – будь-який фактор функціонування системи може бути врахований в імітаційної моделі.

Оскільки моделювання дає можливість "програвати" на ЕОМ різні варіанти, легко визначити їх вигідність і встановити найбільш оптимальну послідовність впровадження. До недоліків імітаційного моделювання слід віднести складність розробки програми моделювання, її налагодження та верифікації (перевірки відповідності моделі оригіналу в імітації цікавлять властивостей об'єкта). Імітаційне моделювання прийнято вважати основним методом аналізу і розрахунку великих систем.

Моделювання транспортного обслуговування підприємств з обмеженим вагонопотоком необхідно, в першу чергу, для обґрунтування незадовільного використання, наявного тягового рухомого складу та ефективності впровадження перспективної енергозберігаючої транспортної технології з використанням маневрового тягача на базі колісного трактора.

Основним факторами, від яких залежить час роботи тягового засобу, є швидкість руху, з якою відбуваються маневрові рейси, відстань транспортування, технологія роботи і навантаження, тобто обсяг роботи з відповідним йому рівнем нерівномірності надходження вагонів на підприємства і поїздів, в цілому, на станцію маневрового району, а так само можливість додаткового використання розглянутих тягових засобів під час відсутності



роботи. Тому розробляються моделі транспортного обслуговування з використанням тепловоза і маневрового тягача мають деякі відмінності.

10.3. Модель процесу транспортного обслуговування виробничих об'єктів підприємств з обмеженим вагонопотоком

В результаті імітації транспортного обслуговування виробничих об'єктів підприємств з обмеженим вагонопотоком в якості основного вихідного параметра моделі має виступати час роботи тягового засобу.

Для того, щоб модель правильно відображала взаємозв'язки між її окремими компонентами, вона повинна включати не тільки параметричну інформацію, а й логіку побудови програм. Основна частина цієї логіки пов'язана зі знанням логічних послідовностей подій. За допомогою всіх наявних даних і документації представляється можливим складання алгоритму, наслідком якого є побудова моделі.

Процес транспортного обслуговування виробничих об'єктів промислових підприємств з обмеженими вагонопотоками з використанням традиційної транспортної технології можливо представити у формалізованій блок-схеми (рис. 1). Особливу увагу слід приділити каналам передачі об'єкта наступного об'єкту і умови здійснення цієї передачі.

Приведемо алгоритм розбитий на частини, кожна з яких відображає процес поведінки кожної підсистеми досліджуваного процесу. Такий поділ не випадково і позитивно позначається на процесі моделювання. На початкових стадіях розробки моделі слід проявляти достатню обачність і надати їй модульну структуру. Таким чином ми отримуємо можливість покращувати і в разі потреби коригувати модель на більш пізніх етапах її розробки.

Виходячи з вищевикладеного, слід зазначити блок «вхідний вагонопотік» (рис. 1 бл.1-5), що містить в собі модуль «кінець робочої зміни». Ситуація з традиційною транспортною технологією на даному етапі досить прогнозована,



що означає пасивний стан тепловоза в момент закінчення, або відсутності роботи.

Однак, для прогресивної енергозберігаючої технології, яка передбачає використання маневрового тягача на комбінованому пневмо-рейковому ходу, відсутність обсягів роботи в залізничному режимі компенсується додатковим обсягом перевезень вантажів підприємств в автомобільному режимі [3], зазначене обґрунтовує необхідність розробки додаткового блоку модулів, що характеризують роботу маневрового тягача на автомобільних перевезеннях і зображених на рисунку 2.

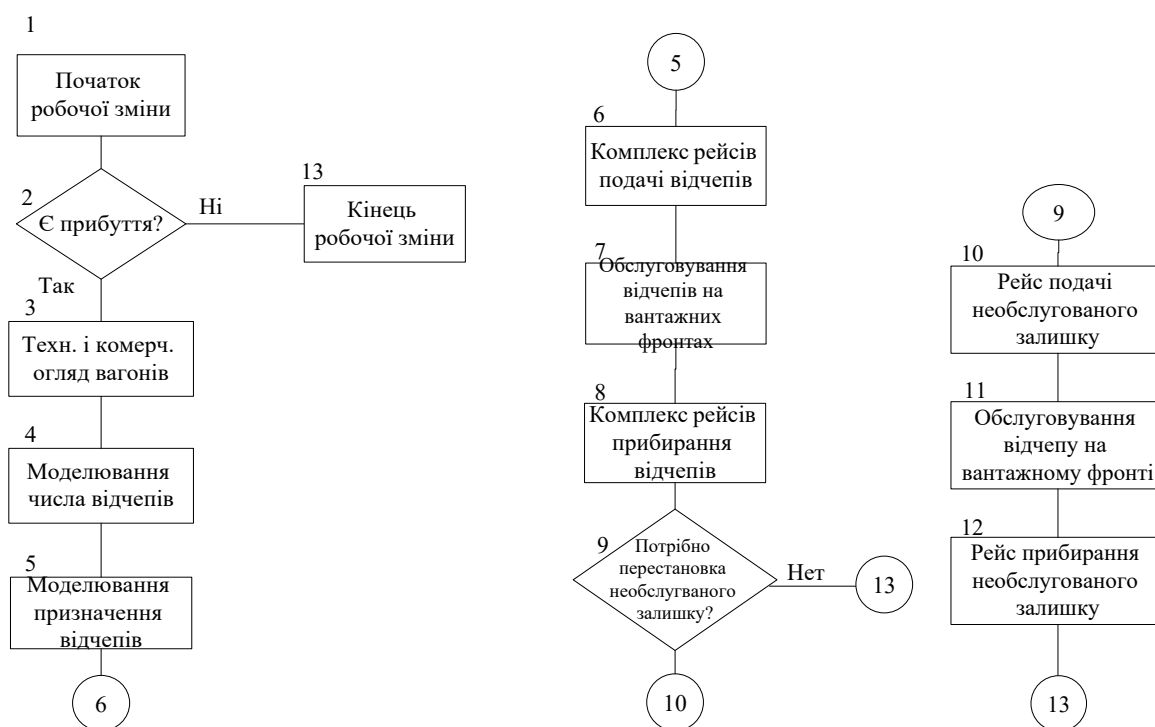


Рисунок 1 – Схема алгоритму імітації підсистеми:

1-5 – «вхідний вагонопотік»: 6-9 - «маневрова робота»: 10-12 – «обслуговування залишку»

Авторська розробка

Вихідними даними для імітаційного моделювання є техніко-експлуатаційні показники транспортного обслуговування виробничого об'єкта підприємства ТОВ «МГНС», що має обмежений вагонопотік [1, 2, 5, 6].

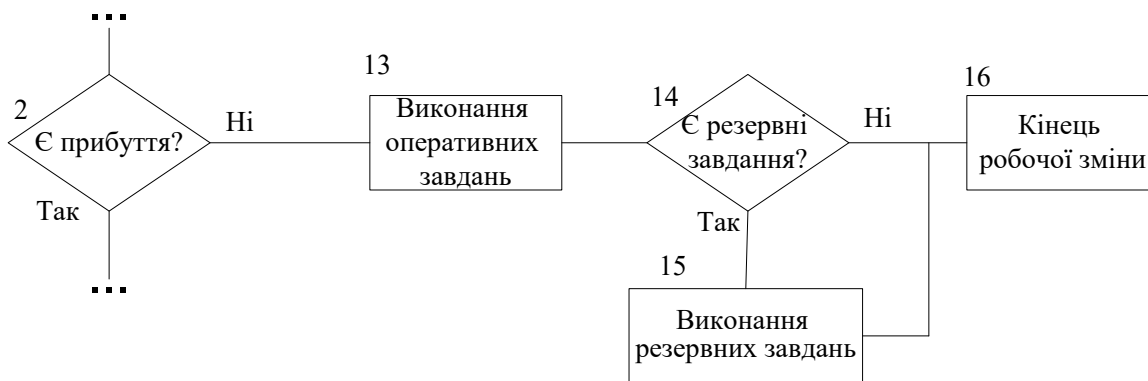


Рисунок 2 – Додатковий блок модулів роботи маневрового тягача
Авторська розробка

Імітаційна модель в повній мірі відповідає вимогам технологічних графіків, до подібності яких можна формалізувати розглядаються Транспортні технології. Приклади таких технологічних графіків, в комплексі характеризують довільний маневровий рейс, представлені на рисунках 3 і 4.

Враховуються випадкові фактори, які можуть вплинути на час обробки відчепу, при цьому, інтервали часу виконання операцій, які характеризуються деякою ймовірністю, встановлюються відповідно до індивідуальної області визначення, або характерним законом розподілу.

№	Операції		Час, хв.											
			0	5	10	15	20	25	30	35	40	45		
1	Дозвіл диспетчера на виконання маневрового рейсу	3	3											
2	Сцепка локомотива с вагонами, опробование тормозов	12		15										
3	Рух «ст. МПУ - МГНС»	7			22									
4	Постановка відчепу під вивантаження	6				28								
5	Відпуск гальм і відчеплення локомотива	12						40						
6	Рух тепловоза резервом «МГНС – ст. МПУ»	5											45	
Загальна тривалість		47	T _{заг} = 45 (хв.)											

Рисунок 3 – Технологічний графік роботи локомотива при подачі вагонів на підприємство ВАТ «МГНС»

Авторська розробка



Рисунок 4 – Технологічний графік роботи локомотива при прибиранні вагонів з підприємства ВАТ «МГНС»

Авторська розробка

Одним із завдань реалізації імітаційного моделювання є вибір мови для опису моделі. В даному випадку використовується спеціалізоване програмне забезпечення Rockwell Arena версії 12.0, що дозволяє широко візуалізувати процес побудови моделі, сам процес під час імітації і характеризується тому простотою налагодження [3].

Взаємодії фрагментів в алгоритмі, побудованому за допомогою цього додатка, відображає взаємодії в блок-схемах, побудованих раніше.

Алгоритм моделі існуючої транспортної технології починається з розробки блоку модулів, що відповідають за прийом вагонів з ЗМ (рис. 5).

Зазначені модулі виконують наступні функції:

1 – Процес Create 1 задає початок робочої доби, встановлюючи модельний час на 07:00.

2 – Модуль, що відповідає за прибуття складу в модельовані добу. Даний модуль визначає прибуття, або відсутність вагонів на ст.МПУ відповідно до раніше встановленої ймовірності, що в подальшому дозволить відокремити добу цілочисельних простоїв локомотива.

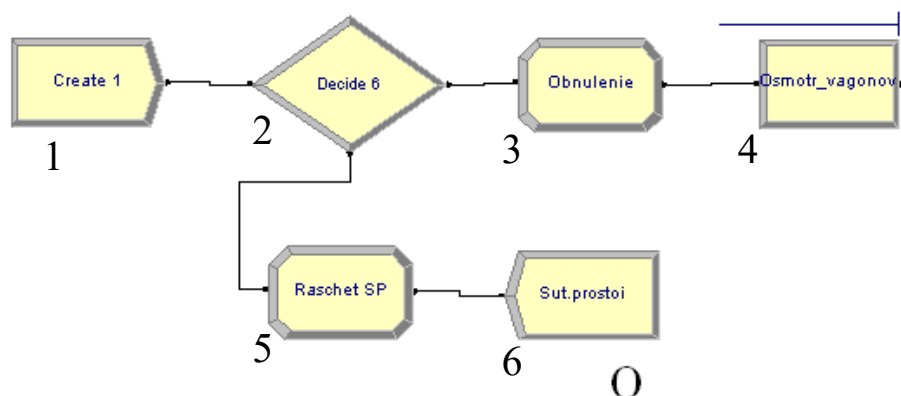


Рисунок 5 – Імітація підсистеми «прийом вагонів».

Авторська розробка

3 – Модуль, обнуляє ряд експлуатаційних показників на кожні модельовані добу. Завдяки цьому модулю кожні модельовані в подальшому добу будуть характеризуватися коректними індивідуальними показниками, такими як кількість вагонів в відчепі, час подачі відчепу на вантажно-розвантажувальний фронт, кількість обслужених вагонів і т. д.

4 – Модуль, що визначає час технічного та комерційного огляду вагонів у складі.

5 – Модуль необхідний для обліку цілодобових простоїв. При проходженні об'єкта через модуль реєструється відсутність складу, яке у вигляді одиниці додається до загальної кількості цілодобових простоєм.

6 – Модуль, що визначає кінець модельованих доби. Лічильник, встановлений під модулем, накопичує значення цілих простоїв.

Далі слід блок модулів, що відповідають за визначення кількості відчепів в прибулому складі і їх призначення певним підприємствам (рис. 6).

Зазначені модулі виконують наступні функції:

1 – Модуль, що визначає кількість відчепів в надійшов складі. В якості вихідних даних виступає залежність кількості робочих діб за календарний період часу від числа обслуговуваних на добу вантажних фронтів підприємств.

2, 3, 4 – Блоки модулів, що визначають кількість відчепів у поїзді, відповідно 1, 2 або 3 відчепи.

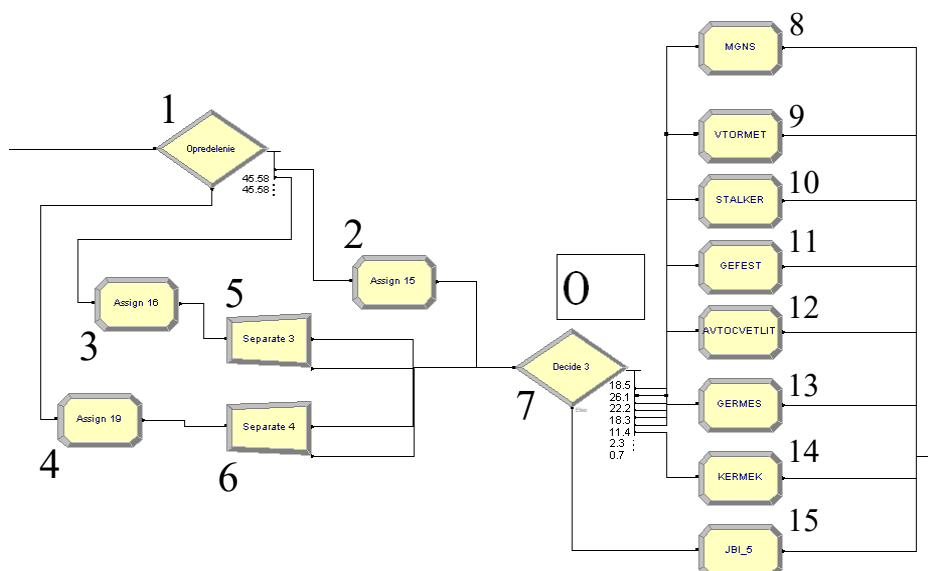


Рисунок 6 – Імітація підсистеми «поділ поїзду»

Авторська розробка

5, 6 – Блоки модулів, що розбивають поїзд на відчепи, відповідно на 2, або на 3 відчепи.

7 – Модуль, що визначає підприємство-одержувача. Вибір проводиться відповідно до статистичних характеристик можливого добового надходження вагонів на підприємство. Лічильник, розташований над модулем, в порядку проходження об'єктів через модулі 8–15 показує кількість вагонів, що надходять на підприємство.

8 – 15 – Блоки модулів, що представляють обслуговувані підприємства. Блок містить тимчасові характеристики роботи вантажно-розвантажувальних засобів, що функціонують на конкретних підприємствах.

Завантаження локомотива за часом при виконанні маневрової роботи характеризується наступним блоком модулів, який визначає значення часу, що витрачається на виконання конкретних операцій (рис. 7).

Зазначені модулі мають наступні властивості:

1 – Модуль, що визначає час, який витратив локомотив на маневрову подачу вагонів на вантажно-розвантажувальний фронт обслуговуваного підприємства протягом модельованих діб. Лічильник, встановлений нижче, показує отримане

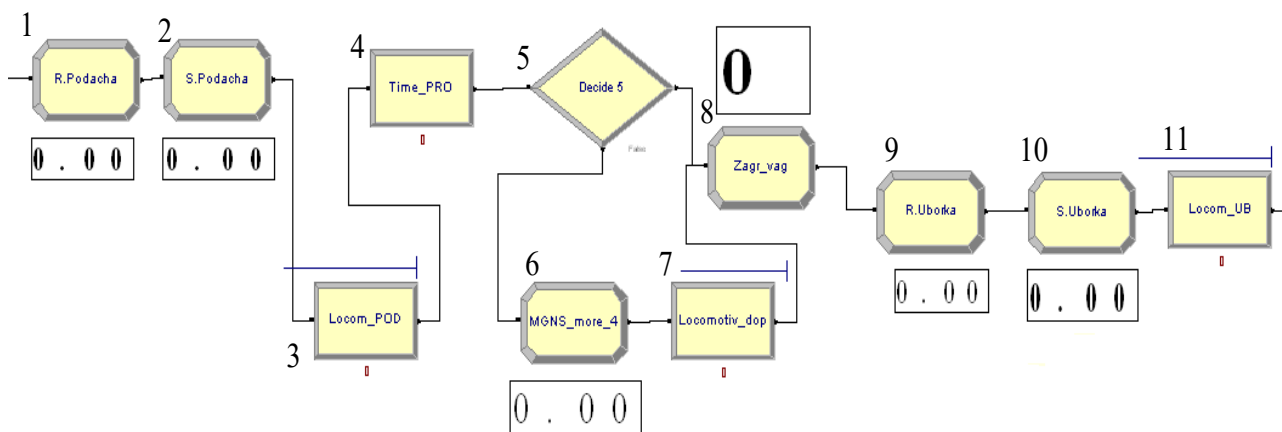


Рисунок 7 – Блоки модулів розрахунку тимчасових показників маневрової роботи

значення часу. При обслуговуванні підприємства даний показник індивідуальний для кожного з них.

2 – Модуль, що визначає сумарний час рейсів подачі при обслуговуванні конкретних підприємств в модельовані добу. Лічильник, розташований під модулем, показує отримане сумарне значення часу.

3 – Модуль, що імітує роботу локомотива з виконання завдань розподілу відчепів вантажним фронтам. Даний модуль надає можливість займати локомотив для виконання конкретної подачі, до моменту його повернення на станцію маневрового району. Таким чином локомотив займається стільки разів, якою кількістю подач характеризуються конкретні модельовані добу. Час конкретної маневрової подачі визначається модулем 1.

4 – Тут визначається час, витрачений на вантажно-розвантажувальні операції при обслуговуванні відчепів. Кожен вантажний фронт характеризується індивідуальними тимчасовими показниками обслуговування поданих відчепів, тому, відповідно від характеристики вантажно-розвантажувальних комплексів представляється можливим спрощене моделювання вантажної роботи. Розглянутий модуль визначає задіяні вантажно-розвантажувальні фронти і виробляє для них розрахунок часу виконання вантажних операцій.

5 – Вагонопотік підприємства ТОВ «МГНС» може досягати 8 вагонів/добу. Однак, можливості вантажного фронту даного підприємства не здатні виконати



розвантаження всього відчепу, в зв'язку з чим відчеп може бути додатково розділений на частини, але не більше 4 вагонів в кожній, наслідком чого є додаткові операції поділу і перестановки частини відчепу на вільну колію станції маневрового району, додаткові маневрові рейси для переміщення необслуженого залишку. Розглянутий модуль визначає необхідність поділу відчепу, призначеного ТОВ «МГНС» за умови, якщо величина відчепу більш 4-х вагонів, і проведення додаткових маневрових операцій.

6 – Модуль, що визначає витрати часу на маневрову роботу з частиною відчепу, що призначається ТОВ «МГНС», включаючи перестановку на вільну колію станції маневрового району. Лічильник, розташований під модулем, показує значення витрачається часу.

7 – Модуль, що імітує роботу локомотива з виконання маневрової роботи з частиною відчепу. Даний модуль надає можливість займати локомотив для виконання перестановки частини відчепу на вільну колію станції, а так само для виконання подачі необслугованої частини відчепу.

8 – Модуль, що визначає загальну кількість обслужених на вантажних фронтах вагонів. Лічильник накопичення, розміщений над модулем, показує значення визначається показника.

9 – Модуль, що визначає час, який витратив локомотив на маневрову роботу з прибирання вагонів з вантажно-розвантажувального фронту обслуговуваного підприємства протягом модельованих діб. Лічильник, встановлений нижче, показує отримане значення часу. При обслуговуванні підприємства даний показник індивідуальний для кожного з них.

6 – Модуль, що визначає сумарний час рейсів прибирання при обслуговуванні конкретних підприємств в модельовані добу. Лічильник, розташований під модулем, показує отримане сумарне значення часу.

7 – Модуль, що імітує роботу локомотива з виконання завдань збору відчепів з вантажних фронтів. Даний модуль надає можливість займати локомотив для виконання конкретної прибирання. Відчепи в даному випадку обслуговуються локомотивом по черзі, за правилом «перший звільнений -



перший обслугований». Час конкретної маневрової прибирання визначається модулем 9.

Завершальним для даної моделі є блок модулів, що визначають вихідні дані (рис. 8). Основним вихідним параметром даної моделі є модельний час роботи локомотива. Разом з цим модель виконує розрахунок річного вагонопотоку, як додаткового вихідного параметра.

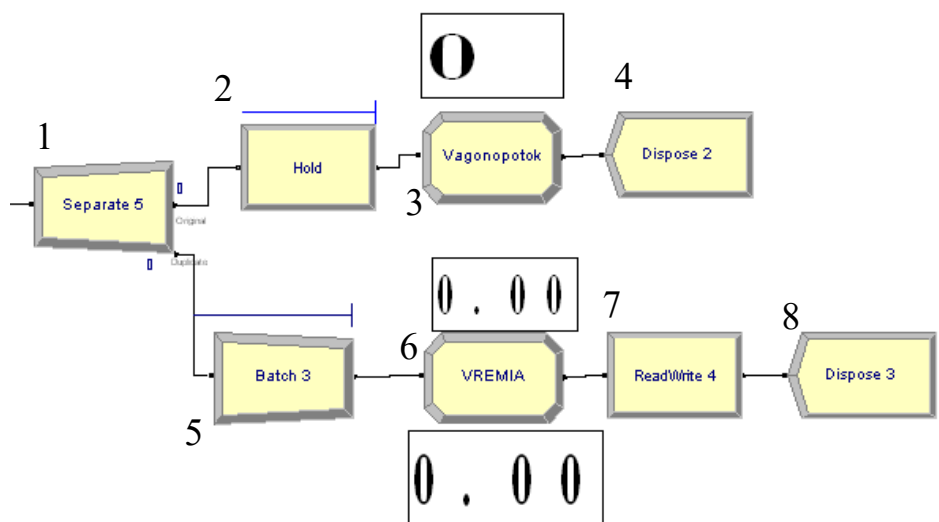


Рисунок 8 – Блок модулів визначення вихідних даних

Авторська розробка

Модулі, позначені порядковими числами, позначають наступне:

1 – Після обслуговування відчепів на вантажних фронтах промислових підприємств необхідним є маневровий рейс прибирання для кожного відчепу. При цьому маневровий локомотив виставляє обслужені відчепи на призначену колію станції маневрового району. Розглянутий модуль визначає момент відчепу локомотива на зазначених коліях. Даний підхід надалі надасть можливість враховувати параметри роботи локомотива окремо від накопичуваних на виставковому шляху станції вагонів.

2 – Модуль Hold затримує обслужені відчепи на виставкових коліях до тих пір, поки загальна кількість вагонів, що надійшли в модельовані добу не досягне значення загальної кількості обслужених вагонів, поданих на виставкову колію.

3 – Модуль накопичує значення обслужених вагонів, тим самим формує



модельований річний вагонопотік.

4 – Модуль виводить з системи склад обслужених відчепів.

5 – Модуль об'єднує відчепи до складу для коректного розрахунку добового часу роботи локомотива.

6 – Модуль, що визначає загальне завантаження локомотива за часом. лічильник, встановлений над модулем, показує модельний добовий час роботи локомотива, а лічильник, розташований під модулем – модельний річний час роботи локомотива.

7 – Модуль, який здійснює збір статистичних даних і виконує запис основних вихідних параметрів в файл.

8 – Модуль завершує модель.

Таким чином, в процесі моделювання календарного року роботи розглянутого базового підприємства дотримана послідовність основних технологічних операцій обслуговування відчепів, витримані тимчасові показники технологічних процесів з урахуванням затримок, викликаних випадковими обставинами, а так само отримані наступні статистичні характеристики:

- мінімальний час зайнятості тепловоза на добу – 1,13 години;
- максимальний час зайнятості тепловоза на добу – 5,64 години;
- середній час зайнятості тепловоза на добу – 2,33 години;
- модельний річний час роботи локомотива – 645,19 год; в тому числі рух «резервом» – 52,43 год;
- середній час руху «резервом» – 0,188 год/добу;
- рух «з вагонами» – 101,96 год;
- середній час руху «з вагонами» – 0,365 год/добу;
- час технологічних операцій – 491,66 год;
- середній час технологічних операцій – 1,76 год/добу;
- кількість днів цілодобового простою – 86 днів.

Побудова моделі передбачає її наділення характеристиками, близьким до характеристик досліджуваної реальної системи. Тому цілком обґрунтованою є



оцінка якості виконання моделі. Зазначена оцінка надасть можливість зробити висновки про збіжність підсумків виконаної моделі з реальною системою. Поняття «збіжність моделі» не має двійковий сенс типу «так-ні». Зазвичай можливість побудови абсолютно адекватної, точної моделі буває далеко не ясна навіть теоретично, а в разі, коли це можливо, ніколи не буде достатньо для цього ресурсів та інформації. Точність моделі можна представити у вигляді числа від 0 до 1, де 0 означає абсолютно неточну модель, а 1 – абсолютно точну. Зі зростанням точності моделі зростає її цінність для дослідника.

Імітаційна модель в найпростішому сенсі є перетворювачем вхідних змінних у вихідні. Один з найбільш очевидних підходів до перевірки точності моделі полягає в порівнянні виходів моделі і реальної системи при однакових (якщо це можливо) вхідних параметрах.

Першим і найбільш очевидним показником є річний час роботи локомотива, який за підсумками моделювання становить 643,92 години, а за аналітичними розрахунками для базових підприємств 639,4 години. Таким чином відхилення становить:

$$\Delta_1 = \frac{(643,92 - 639,4)}{639,4} = 0,7\%$$

, що є досить високим показником з точки зору міри якості моделювання.

Середній час завантаження локомотива на добу за підсумками моделювання становить 2,33 години, а за виконаними аналітичними розрахунками 2,3 години. Відхилення для досліджуваного часу становить:

$$\Delta_2 = \frac{(2,33 - 2,3)}{2,3} = 1,3\%$$

, що також є відмінним показником якості моделювання.

Моделювання на ЕОМ процесу транспортного обслуговування базових підприємств з використанням традиційної транспортної технології показало задовільну збіжність з аналітичним розрахунком (рівень збіжності 99 %).

Висока збіжність підсумків моделювання обґрунтовує виконання імітаційної моделі транспортного обслуговування базових підприємств із застосуванням маневрового тягача на комбінованому пневморейковому ходу



(локомотива), що забезпечує перспективну енергозберігаючу транспортну технологію, на основі створеної моделі існуючої транспортної технології.

Можливість роботи маневрового тягача на автоперевезеннях виникає в разі цілодобового простою, або в разі відсутності роботи в залізничному режимі. Додатково розроблений блок модулів (рис. 9) враховує обидві умови (два входи в модуль 1) і виробляє моделювання роботи маневрового тягача в автомобільному режимі відповідно до умов автоперевезень. Моделювання роботи маневрового тягача в залізничному режимі аналогічно раніше розглянутої моделі роботи локомотива.

Параметри роботи маневрового тягача в автомобільному режимі визначаються наступними модулями:

1 – Модуль, що виконує розрахунок часу, витраченого на виконання оперативних перевезень.

2 – Модуль, що імітує роботу маневрового тягача при виконанні оперативних перевезень. Даний модуль займає маневровий тягач для виконання зазначеної роботи на час, що визначається модулем 1.

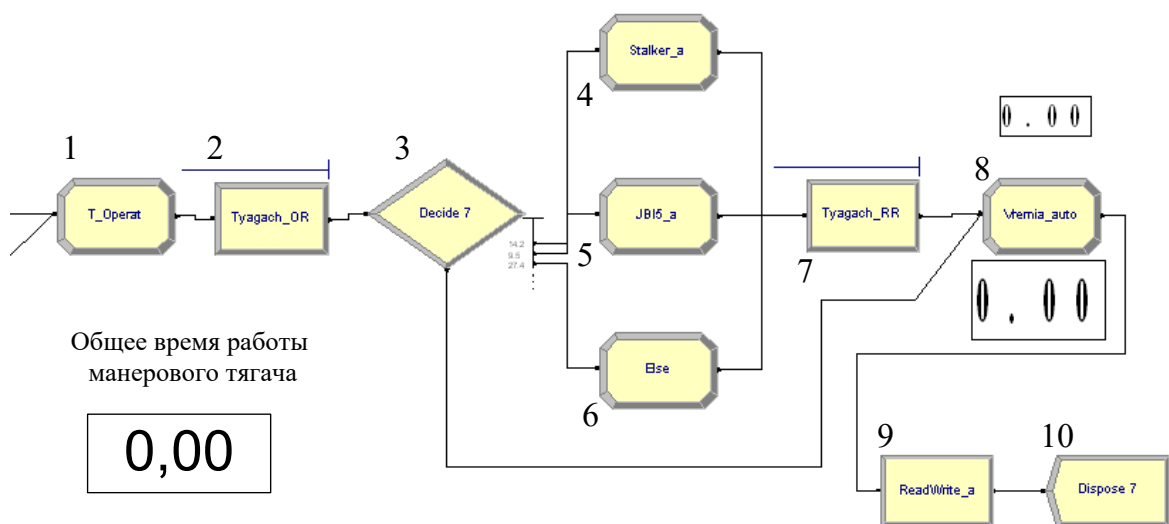


Рисунок 9 – Блок модулів імітації роботи маневрового тягача в автотранспортному режимі.

Авторська розробка

3 – Деякі базові підприємства потребують резервних перевезень. Як



правило, такі перевезення носять випадковий характер, і виконуються в міру потреби в них підприємств. Даний модуль визначає необхідність підприємств в розглянутому автотранспортному обслуговуванні, або відсутність перевезень подібного роду в модельовані добу.

4, 5, 6 – Модулі, що визначають час зайнятості маневрового тягача на резервних автоперевезеннях для кожного із зазначених підприємств.

7 – Модуль, що імітує роботу маневрового тягача при виконанні резервних перевезень. Даний модуль займає маневровий тягач для виконання зазначеної роботи на час, що визначається модулем 4, 5 або 6.

8 – Модуль, що визначає завантаження маневрового тягача за часом при виконанні завдань на автоперевезення. Лічильник, встановлений над модулем, показує модельне добове час роботи маневрового тягача, а лічильник, розташований під модулем – модельне річний час роботи на автоперевезеннях.

9 – Модуль, який здійснює збір статистичних даних і виконує запис основних вихідних параметрів в файл.

10 – Модуль завершує модель.

В результаті моделювання календарного року роботи маневрового тягача при транспортному обслуговуванні базових підприємств отримані наступні статистичні характеристики:

- мінімальний час зайнятості маневрового тягача на добу – 2,91 год;
- максимальний час зайнятості маневрового тягача на добу – 8,54 год;
- середній час зайнятості маневрового тягача на добу – 5,06 год;

Річний час роботи маневрового тягача для виконання моделювання:

- загальне – 1859,4 год;
- як локомотив – 643,92 год; в тому числі рух «резервом» - 52,43 год;
- середній час руху «резервом» – 0,188 год/добу;
- рух «з вагонами» – 101,96 год;
- середній час руху «з вагонами» – 0,365 год/добу;
- час технологічних операцій – 491,66 год;
- середній час технологічних операцій – 1,76 год/добу;



- в якості автотягача – 1215,48 год;
- середній час роботи в якості автотягач-3,33 год/добу;
- кількість днів цілодобового простою – 0.

Загальним для розглянутих моделей є значення річного вагонопотоку, $N_r = 1017$ ваг/рік. При цьому можливим є визначення питомих витрат часу на обслуговування 1-го вагона в умовах розглянутих базових підприємств.

Виділимо три режими роботи тягових засобів в якості локомотива:

- рух з вагонами ($t_1 = 101,96$ год);
- рух резервом ($t_2 = 52,43$ год);
- технологічні простої ($t_3 = 491,66$ ч).

Враховуючи величину модельного річного вагонопотоку, визначимо відповідні значення питомих витрат часу на обслуговування 1-го вагона:

- рух з вагонами ($P_1 = t_1 / N_r = 0,1$ ч);
- рух резервом ($P_2 = t_2 / N_r = 0,0516$ ч);
- технологічні простої ($P_3 = t_3 / N_r = 0,483$ ч).

На підставі отриманих результатів моделювання транспортних технологій із застосуванням різних тягових засобів представляється можливим скласти порівняльну таблицю основних підсумків виконаних моделей (табл. 1).

Підсумки імітаційного моделювання енергозберігаючої транспортної технології із застосуванням маневрового тягача, а так само економіко-математичні розрахунки показали його високу ефективність в умовах підприємств і виробничо складських об'єктів з обмеженим обсягом перевезень

Таблиця 1 – Порівняльні дані підсумків моделювання

№ п/п	Показник	Використовуваний тяговий засіб	
		Тепловоз	Маневровий тягач
1	MIN час зайнятості, годин	1,13	2,91
2	MAX час зайнятості, годин	5,64	8,54
3	Середній час зайнятості, годин	2,33	5,06
4	Моделюваний річний час роботи, годин	645,19	1859,4
5	Кількість днів цілодобового простою	86	0



Висновки

Таким чином, відповідно до виконаного імітаційного моделювання транспортного обслуговування базових підприємств, слід звернути увагу на незадовільне використання маневрового тепловоза за часом, що так само підтверджується аналітичними розрахунками. Вирішенням даного питання є застосування в умовах базових підприємств енергозберігаючої транспортної технології з використанням маневрового тягача на комбінованому пневморейковому ходу. Даний підхід дозволить принципово по-новому вирішити питання транспортного обслуговування підприємств з обмеженим вантажопотоком, значно поліпшити технологію маневрових робіт, забезпечити підприємства оперативними автоперевезеннями, а також істотно знизити витрату енергетичних ресурсів.