

О. М. ПАСІЧНИЙ (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

РОЗРАХУНОК ТА ПЕРЕВІРКА ДЕЯКИХ НОРМАТИВІВ ГРАФІКА РУХУ ПОЇЗДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕРГАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

В статті розглядається методика побудови ергатичної моделі залізничної дільниці та визначення нормативів графіка руху поїздів з її допомогою.

Ключові слова: графік руху поїздів, нормативи, ергатична модель, моделювання.

В статье рассматривается методика построения эргатической модели железнодорожного участка и определения нормативов графика движения поездов с её помощью.

Ключевые слова: график движения поездов, нормативы, эргатическая модель, моделирование.

In the article the method of construction of the railway plot ergatic model is considered. Also the definition and verification of train schedule norms with it is proposed.

Key words: train schedule, specifications, ergatic model, modeling.

Необхідною інформацією для розробки графіка руху поїздів на будь-якій залізничній дільниці, та й на мережі залізниць в цілому, є його нормативи, а саме: перегінні часи ходу поїздів всіх категорій, станційні та міжпоїзні інтервали, додатковий час на розгін і уповільнення для кожної категорії поїздів та інші [1]. Також слід передбачати додатковий час на випадок наявності обмежень швидкості руху, який додається до перегінного часу ходу [1]. Головною умовою для нормативів графіку руху поїздів, за п. [1], є те, що всі вони мають бути реальними та обов'язково перевірятися на можливість їх виконання в умовах експлуатації.

Для визначення перегінного часу ходу поїздів, додаткового часу на розгін і уповільнення, а також міжпоїзних і станційних інтервалів у різні часи використовувалися декілька методик [5, 6]. Сучасною методикою визначення часу ходу поїздів по перегонах вважаються тягові розрахунки, які наразі виконуються на ЕОМ. Вимоги до програм тягових розрахунків на ЕОМ детально викладені у розділі [5] і враховані в усіх існуючих для цього програмних продуктах.

На сьогоднішній день на залізницях України інженерами-графістами для визначення нормативів графіків руху поїздів використовується графоаналітична система (ГАС) «Railway» [4], яка дозволяє виконувати введення даних про план і профіль колії та діючі обмеження швидкості на дільницях, проведення тягових розрахунків, визначення інтервалів (між поїздами та станційних). Ці дані потім використовуються при безпосередній розробці й побудові графіків руху в АРМ інженера-графіста. На залізницях

Росії та Білорусі аналогічні операції виконують окремі підпрограми в самих АРМ графіста [2, 3].

Однак існуючі моделі залізничних дільниць, що використовуються в зазначених програмних продуктах, за класифікацією відносяться до автоматичних. У такого підходу до визначення нормативів графіків руху поїздів є наступні недоліки:

1. Тягові розрахунки виконуються для певних, передбачених [5] режимів. Разом з тим, відомо, що в реальних умовах водіння поїздів з різних причин виконується на інших режимах. Як правило, через значну зношеність тягового рухомого складу вітчизняних залізниць, машиністами виконується розгін поїздів та ведення їх (особливо на важких за профілем дільницях) зі значно меншими, ніж вказано у [5], пусковими струмами, що призводить до збільшення тривалості руху.

2. Інструкція [1] регламентує рекомендовані значення додаткового часу (на розгін, уповільнення, на випадок наявності обмежень швидкості), проте ці значення можуть бути реалізовані не на будь-якому профілі колії та не при будь-яких обмеженнях швидкості (наприклад, на станційних коліях та по окремих стрілочних переводах).

3. Існуюча методика не може врахувати вплив так званого «людського фактору».

Для того, щоб перевірити на реальність нормативи графіку руху поїздів, можливо виконувати дослідні поїздки по відповідних дільницях, проте з розвитком обчислювальної техніки та комп'ютерних технологій стає можливим

застосувати з цією ж метою ергатичне моделювання руху поїздів.

Серед існуючих комп'ютерних тренажерів та симуляторів, за допомогою яких можливо змоделювати рух поїзда й керування ним, найбільш досконалим вбачається вітчизняний тренажер «ZDSimulator», розроблений інженером Усовим В. М. (ТЧ-1 Південно-Західної залізниці) та запроваджений у програмно-апаратних тренажерах з підготовки машиністів локомотивів у декількох депо України [7, 8]. Він містить в собі дві ключові складові: моделі, що описують фізику руху локомотивів і моторвагонного рухомого складу, та моделі залізничних дільниць (маршрутів). Серед переваг даного програмного продукту, окрім реалістичної фізики руху і роботи гальмівного обладнання, є «гнучкість» вибору вихідних даних для виконання поїздки – можливо обрати локомотив чи моторвагонний рухомий склад певної серії, тип поїзда (пасажирський чи вантажний) і його масу, кількість вагонів (у разі вибору пасажирського поїзда можна також задати кількість вагонів з кондиціонерами, що теж впливає на величину питомого опору руху [5]), дільницю і напрям руху по ній (рис. 1). Також можливо (за допомогою окремо розробленого редактора, що показано на рис. 2) створити сценарії, в яких вказати додаткові тимчасові обмеження швидкості, передбачити певні позаштатні ситуації, імітувати їзду по віддаленню за поїздом, що слідує попереду (зазначені фактори також можуть вплинути на час ходу поїзда, розгін й уповільнення). Моделі залізничних дільниць теж можливо будувати самостійно в окремому редакторі (рис. 3).

Для порівняння нормативів графіка руху поїздів, що були отримані за традиційною методикою, з тими, що можливо отримати в результаті ергатичного моделювання, проведено дослідження. Початкові умови, прийняті для його проведення, наступні:

- дільниця – Ім. Т. Шевченка – П'ятихатки-Стикова (модель побудована автором)
- довжина дільниці – 195 км
- керівний ухил – 9,1 ‰ в непарному та 8,9 ‰ в парному напрямку
- серія поїзного локомотива – ЧС4 (пасажирський), ВЛ80Т (вантажний)
- розрахункова маса бруто пасажирського поїзда – 1100 т
- маса вантажного поїзда – 4600 т (уніфікована), 5000 т (критична).

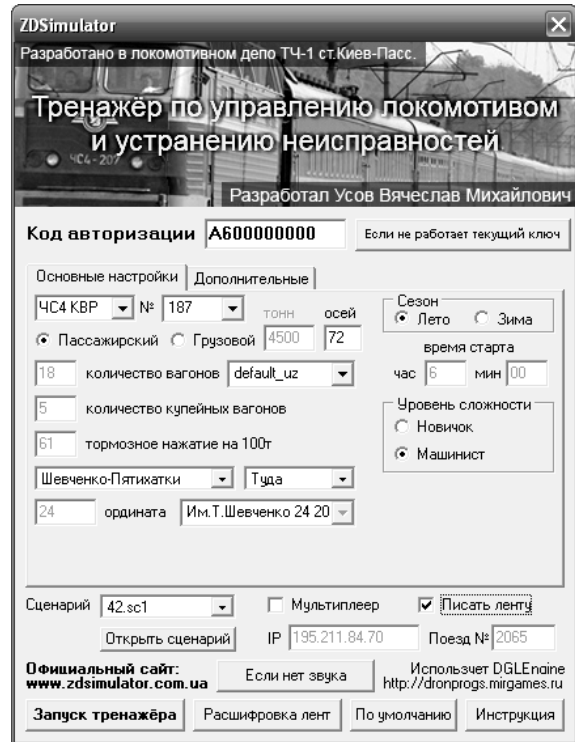


Рис. 1. Стартове вікно програми ZDSimulator, вибір параметрів руху

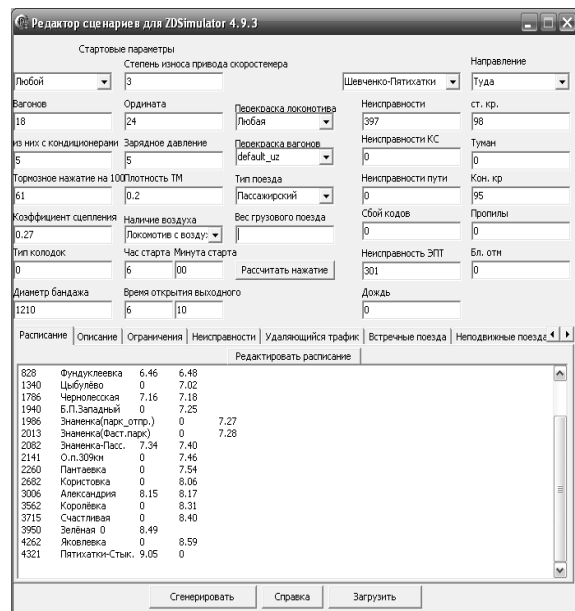


Рис. 2. Створення сценарію з умовами поїздки у Редакторі сценаріїв для ZDSimulator

Перегінні часи ходу пасажирських поїздів для порівняння були взяті із службових розкладів руху поїздів 1983/1984 та 2009/2010 років [9, 10]. Моделювання виконувалося за умови розгону з пусковим струмом в межах 800-1100 А (ЧС4), що найчастіше застосовується машиністами в сучасних умовах, за умови підтримання по можливості максимально допустимої швидкості руху, без додаткових тимчасових обмежень швидкості. Максимальна швид-

кість руху поїзда при цьому не перевищувала 120 км/год, що відповідає діючим на залізницях України вимогам інструкції [11] щодо пасажирських поїздів. Усього на моделі виконано 50 дослідних поїздок. Порівняння результатів наведено у табл. 1.

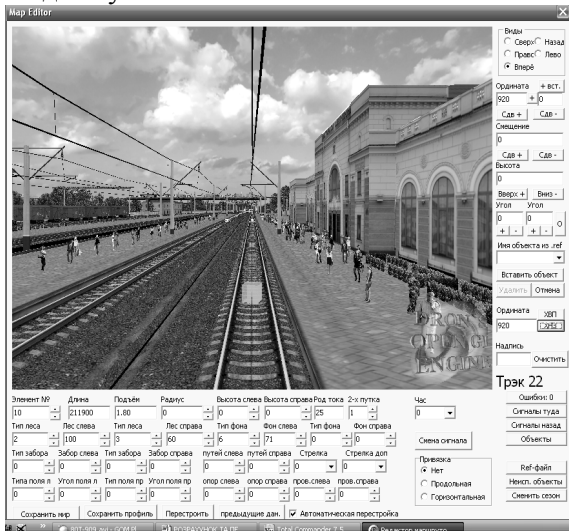


Рис. 3. Редактор маршрутів, створення ергатичної моделі дільниці

Таблиця 1

Порівняння перегінних часів ходу пасажирських поїздів, одержаних з допомогою тягових розрахунків та ергатичного моделювання

Час ходу (парний напрям), хв.			Роздільні пункти	Час ходу (непарний напрям), хв.		
1983 р.	2009 р.	моделювання		1983 р.	2009 р.	моделювання
-	-	-	Ім. Т. Шевченка	11	11	13*
12	13	14*	Райгород	6	6	6
6	6	6	Кам'янка	6	6	6
6	6	5	Косарі	5	5	5
5	5	5	Фундуклівка	13	13	12
13	13	13	Цибулеве	12	12	12
13	13	12	Чорноліська	6	7	7
6*	5	5	Пост Західний	3	3	2
2	3	3	Знам'янка-Сорт.	6	6	7*
4	4	5*	Знам'янка-Пас.	5	5	6*
6*	5	6*	Пост 309 км	6	6	6
6	6	6	Пантаївка	14	13	13
13	12	11	Користівка	9	9	9
9	8	7	Олександрія	11	11	11
11	11	12	Королівка	9	9	8
9	9	7	Щаслива	9	9	8
10	9	8	Зелена	9	9	9
10	9	9	Яковлівка	4	4	6*
4	4	6*	П'ятихатки-Стикова	-	-	-
145	141	139	Разом	143	143	146

Примітка: * – з урахуванням часу на розгін і уповільнення, інакше – чистий час ходу

У окремих дослідах було визначено додатковий час на розгін та гальмування поїзда. В якості характерних були обрані такі станції:

1. Ім. Т. Шевченка – розгін від 0 до 40 км/год, після виходу останнього вагона за стрілку, що веде з бокової колії, розгін до 60 км/год на підйомі змінної крутизни від 1,3 до 9,7 ‰ (до проби гальм) і до 110 км/год по ухилу.

2. П'ятихатки-Стикова – розгін від 0 до 60 км/год (до проби гальм), уповільнення зі 100 км/год (встановлена швидкість по перегону Яковлівка – П'ятихатки-Стикова, що примикає) до 80 км/год (від вхідного сигналу Ч до маршрутного ЧМ12), далі до 40 км/год (по колії II станції) і до 0 км/год згідно з установленим інструкцією [11] порядку наближення до світлофору із забороняючим показанням.

3. Олександрія – уповільнення від 100 до 0 км/год (при пропуску поїзда з зупинкою по головній колії), розгін від 0 до 70 км/год.

4. Знам'янка-Пасажирська – розгін від 0 до 40 км/год (до виходу останнього вагона за стрілку, що веде з бокової колії) і надалі від 40 до 120 км/год (встановлена швидкість по перегону Знам'янка – пост 309 км, що примикає), уповільнення – в аналогічних умовах (120→40→0 км/год).

Одержані результати наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Визначення додаткового часу на розгін та уповільнення пасажирського поїзда за допомогою ергатичного моделювання

Роздільний пункт	Умови	Час розгону (в середньому), хв.	Час уповільнення (в середньому), хв.
Ім. Т. Шевченка	Розгін 0→40→60 км/год	2,44	-
	Розгін 60→110 км/год	13,11	-
П'ятихатки-Стикова	Розгін 0→60 км/год	1,97	-
	Уповільнення 80→40→0 км/год	-	4,9
Олександрія	Розгін 0→70 км/год	2,38	-
	Уповільнення 100→0 км/год	-	1,48
Знам'янка-Пас.	Розгін 0→40→120 км/год	1,77+ 9,62	-
	Уповільнення 120→40→0 км/год	-	5,22

Аналогічні досліди проводилися і з вантажними поїздами уніфікованої маси (4600 т) та критичної маси (5000 т) [10]. Максимальна швидкість при цьому була не більшою 80 км/год, що відповідає встановленій для ванта-

жних поїздів на зазначеній дільниці. Результати дослідів зведені до табл. 3.

Таблиця 3

Порівняння перегінних часів ходу вантажних поїздів, одержаних з допомогою тягових розрахунків та ергатичного моделювання

Час ходу (парний напрям), хв.			Роздільні пункти	Час ходу (непарний напрям), хв.		
2009 р.	Моделювання при масі, т			2009 р.	Моделювання при масі, т	
	4600	5000	4600		5000	
-	-	-	Ім. Т. Шевченка	18	17	18
21	22	22	Райгород	10	9	10
10	9	10	Кам'янка	9	9	10
9	9	10	Косарі	8	8	8
8	7	8	Фундукліївка	20	19	19
20	20	20	Цибулеве	20	19	19
21	20	21	Чорноліська	9	9	9
8	8	8	Пост Західний	9	9	9
7	7	8	Знам'янка-Сорт.	12	12	13
8	7	8	Знам'янка-Пас.	8	8	8
8	7	8	Пост 309 км	10	9	10
8	8	8	Пантаївка	22	22	23
20	19	19	Користівка	10	10	11
12	12	12	Олександрія	18	17	18
16	16	16	Королівка	13	12	12
13	14	15	Щаслива	15	12	13
12	12	13	Зелена	17	17	18
14	13	14	Яковлівка	8	8	9
9	9	9	П'ятихатки-Стикова	-	-	-
224	219	229	Разом	236	226	237

Змодельовано також розгін і уповільнення приміського поїзда (при цьому використано існуючу в тренажері модель електропоїзда ЕД9М) масою брутто 600 т. Витрати часу на розгін з 0 до 80 км/год на площадці склали 0,76 хв., на уповільнення з цієї ж швидкості – 0,51 хв.

Згідно з [1], у якості додаткового часу на розгін вантажного поїзда рекомендується приймати значення 2 хв., пасажирського – 1 хв., приміського – 0,5 хв.; на уповільнення – 1 хв. для вантажних та пасажирських поїздів і 0,5 хв. – приміських.

Порівнюючи одержані в результаті моделювання значення часу на розгін і уповільнення з вище наведеними, можна зробити висновок про те, що для вантажних і пасажирських поїздів в умовах реальної експлуатації доцільно виконувати моделювання розгону і уповільнення поїзда за допомогою ергатичної моделі, аби ці нормативи графіка руху були реальними для конкретних станцій.

Загальні ж висновки з викладеного наступні:

1. Існуюча методика визначення перегінного часу ходу поїздів є достатньо адекватною умовам експлуатації, однак ергатичне моделювання руху поїзда дозволяє отримувати більш точні значення часу ходу в деяких випадках.

2. Для визначення додаткового часу на розгін і уповільнення поїздів, в першу чергу вантажних і пасажирських, ергатичне моделювання руху поїзда є значно точнішим методом, ніж застосування певних усереднених нормативів, так як воно дозволяє врахувати особливості конкретної станції.

3. Ергатичне моделювання руху поїзда дозволяє врахувати вплив «людського фактору».

4. За допомогою ергатичного моделювання можливо достатньо точно визначити час руху поїзда по перегонах у випадку наявності будь-яких обмежень швидкості руху (попереджень) для варіантного графіка.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Інструкція зі складання графіків руху поїздів на залізницях України [Текст]: Затв. Наказом Укрзалізниці від 05.05.2002 № 170-Ц / Розроб.: О. Ф. Вергун, В. І. Науменко, М. Й. Семенюк та ін. – К.: Транспорт України, 2002. – 164 с.

2. Кузнецов, В. Г. Комплекс прикладних програм для розробки графіка движения поездов [Текст] / В. Г. Кузнецов, Н. В. Шапель, А. А. Ерофеев, Е. А. Ерофеева // Вестник ВНИИЖТ. – 2007. – № 4. – С. 25 – 31.

3. Централизованная разработка графика движения поездов на основе компьютерных технологий. [Текст] // Железнодорожный транспорт. – 2003. – № 5. – С. 48 – 55.

4. Інструкція з користування програмним продуктом «ГАС-Railway» [Текст]. – Львів, 2008. – 19 с.

5. Правила тяговых расчётов для поездной работы [Текст]. – М.: Транспорт, 1985.

6. Каретников, А. Д. График движения поездов. [Текст] / А. Д. Каретников, М. А. Воробьев – М.: Транспорт, 1979. – 301 с.

7. Кумайгородська, Н. Класний досвід та гарантія [Текст] / Н. Кумайгородська // Магістраль. – 2012. – 18 лип. – С. 7.

8. Удосконаленню «електронного розумника» немає меж [Текст] // Рабочее слово. – 2010. – № 27 (10704). – С. 2.

9. Служебное расписание движения пассажирских поездов по Одесской ж.д. на 1983-1984 гг. [Текст] – Одесса: Транспорт, 1983. – 528 с.

10. Службовий розклад руху поїздів Одеської залізниці на 2009-2010 рр. [Текст] – Одеса: ДВЦ «Південний експрес» Од. зал., 2009. – 477 с.

11. Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України № ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015 [Текст]: Затв. Наказом Укрзалізниці від 28.10.1997 № 264-Ц / Мін-во трансп. України. – К.: Транспорт України, 2002. – 100 с.

Надійшла до редколегії 18.11.2012.

Прийнята до друку 28.11.2012.

