УДК 656.254.5 DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.164.2016.92511

УДОСКОНАЛЕННЯ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХУ НА ЗАЛІЗНИЧНІЙ ДІЛЬНИЦІ В УМОВАХ ДИСПЕТЧЕРСЬКОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ

Канд. техн. наук П. В. Долгополов, Д. В. Суховецька

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ УЧАСТКЕ В УСЛОВИЯХ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ

Канд. техн. наук П. В. Долгополов, Д. В. Суховецкая

IMPROVEMENT OF HIGH-SPEED TRAFFIC ON THE RAILWAY SECTOR IN CONDITIONS OF DISPATCHER CENTRALIZATION

Cand. of techn. sciences P. V. Dolgopolov, D. V. Suhovetskaya

Розроблено заходи з розширення складу функціональних завдань мікропроцесорної системи диспетчерської централізації на дільниці з високошвидкісним рухом поїздів. Запропоновані розширення дозволяють автоматично формувати прогнозний графік руху поїздів з урахуванням оперативних змін на дільниці, діючих попереджень та інших факторів. Це оптимізує перевізний процес та підвищує рівень безпеки руху поїздів.

Ключові слова: *диспетчерська централізація, високошвидкісний рух, графік руху поїздів, прогнозний графік руху, безпека руху.*

Разработаны меры по расширению состава функциональных задач микропроцессорной системы диспетчерской централизации на участке с высокоскоростным движением поездов. Предложенные расширения позволяют автоматически формировать прогнозный график движения с учетом оперативных изменений на участке, действующих предупреждений и других факторов. Это оптимизирует перевозочный процесс и повышает уровень безопасности движения поездов.

Ключевые слова: *диспетчерская централизация, высокоскоростное движение, график движения поездов, прогнозный график движения, безопасность движения.*

The organization of the transportation process in areas with high-speed trains with the help of microprocessor systems of centralized traffic control should be based on the use of adequate forecasted train schedule.

Therefore in the article it was developed measures for the expansion of functional tasks of microprocessing system of centralized traffic control on the site from high-speed trains. Upgrades allow us to automatically generate predictive schedules taking into account the operational changes on the railway site, for example, of current warnings and other factors.

It was propose a model in which the forecasted train schedules are calculated based on the speed of every train depending on the distance from the previous train.

The proposed technology of the railway junction allows to create more uniform load stations, reducing unproductive downtime of vagons and locomotives, as well as increase the efficiency of interaction of railway transport with clients.

This will optimize the transportation process and increases the level of security of trains.

Keywords: *centralized traffic control, high-speed traffic, train schedule, forecasted train schedule, traffic safety.*

Вступ. Сучасні конкурентні умови світового транспортного ринку вимагають від вітчизняних залізниць радикальних удосконалень системи обслуговування пасажирів. В рамках цього залізниці повинні забезпечувати безпеку і необхідні зручності пасажирам, високу якість обслуговування, а також своєчасне перевезення і схоронність багажу та ручної поклажі.

На попиті послуг залізничного транспорту в цей час негативно позначається ряд чинників, але головним з них є економічна криза, яка призвела до значного падіння платоспроможності населення, а звідси до його низької рухомості.

Сучасний стан галузі і аналіз перспектив її розвитку показують необхідність здійснення неординарних заходів, які направлені на подальший розвиток залізничного транспорту й адаптації його до умов ринкової економіки. Одним з таких рішень є перехід на маркетингові принципи управління.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Завдання з оптимізації маршрутів прямування швидкісних поїздів, а також диспетчерського управління на дільницях, у тому числі в умовах швидкісного руху вирішувалися у ряді наукових робіт, серед яких варто виділити роботи [1-4]. Однак в них не приділено достатньої уваги удосконаленню високошвидкісного руху на основі застосування прогнозного графіка руху поїздів. Певні розробки у цьому напрямку проводилися у роботах [5-7], проте у них не враховано ряд змінних експлуатаційних факторів на формування прогнозного графіка руху поїздів.

Мета та завдання дослідження. Метою статті є удосконалення диспетчерського управління швидкісною дільницею на основі математичної моделі формування прогнозного графіка руху поїздів (ГРП), яка дозволить оптимізувати маршрути прямування поїздів та безперервного контролю за безпекою руху.

Основна частина дослідження. Результати наукових досліджень вказують на доцільність організації на вітчизняних залізницях високошвидкісного руху в умовах змішаного руху поїздів на дільницях [8, 9]. Організація перевізного процесу на таких дільницях за допомогою мікропроцесорних систем диспетчерської централізації (МСДЦ) повинна ґрунтуватися на застосуванні адекватного прогнозного ГРП. Це означає, що всі прогнозні нитки поїздів повинні враховувати основні змінні фактори перевізного процесу, такі як маса поїзда, обмеження швидкості та інші.

Сучасні МСДЦ дозволяють управління дільницями у режимі прогнозного управління, при якому система самостійно формує маршрути по прогнозних нитках і передає їх до списку накопичених маршрутів станції, де вони очікують реалізації. Система безупинно розраховує прогнозний ГРП, причому враховується категорія поїзда, спеціалізація і довжина приймально-відправних колій.

Однак у даний час при розрахунку прогнозного ГРП не враховуються деякі важливі фактори, зокрема маса состава, відстань між поїздами, діючі на даний час попередження та інші обмеження швидкості поїздів. Все це потрібно враховувати для ефективного управління швидкісними та іншими потягами, що прямують по дільниці.

При попутному русі відстань між сусідніми поїздами (міжпоїзний інтервал) безперервно змінюється. Так, при підході першого поїзда якої-небудь пари сусідніх поїздів до станційної платформи, де він повинен зупинитися, його швидкість зменшується, другий поїзд починає наздоганяти його і, як наслідок, відстань між поїздами скорочується.

Аналогічна ситуація має місце і при позапланових змінах швидкостей поїздів через відмови елементів колії, рухомого складу та інших технічних засобів. Міжпоїзні відстані змінюються також тому,

що поїзди переміщуються досить часто по ділянках з різними планами і профілями. Разом з тим у всіх випадках вони повинні бути достатніми для запобігання зіткнень поїздів, особливо це актуально в умовах високошвидкісного руху [5,7].

На рис. 1 показано траєкторії руху, коли перший поїзд зменшує швидкість до нуля внаслідок необхідності зупинки, а другий змушений знижувати швидкість для виключення зіткнення з ним, при цьому вважається, що гальмівний шлях другого поїзда N_{T2} більше гальмівного шляху першого N_{T1}.

Другий поїзд встигне знизити швидкість і його локомотив зупиниться перед хвостовим вагоном першого тільки у випадку, якщо в момент початку гальмування першого поїзда відстань L_X між його хвостовим вагоном і локомотивом другого поїзда буде не менше різниці гальмівних шляхів поїздів N_{T1}, N_{T2}. Отже, для виключення зіткнення двох сусідніх попутних поїздів система управління рухом повинна забезпечити виконання умови

$$L_X > N_{T1} - N_{T2}. \qquad (1)$$

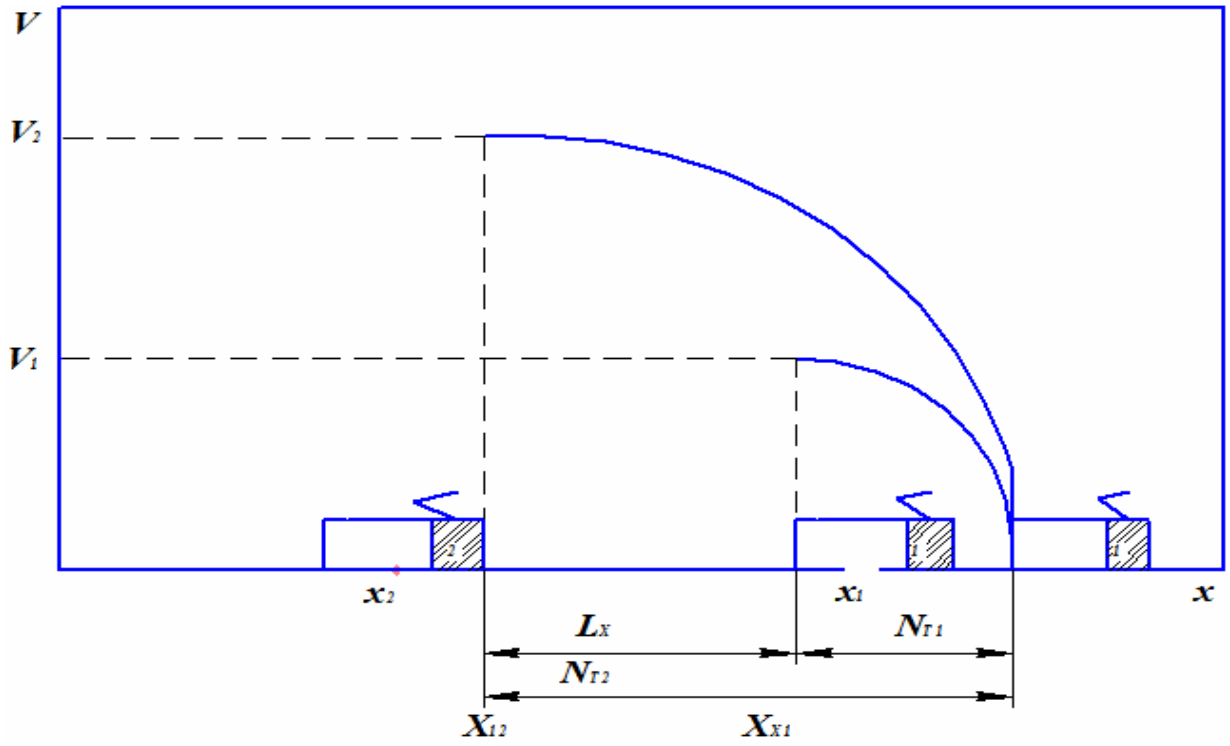

Рис. 1. Графіки швидкостей поїздів при зупинці поїзда 1

При цьому L_{XT} розраховується як

$$L_X = x_{x1} - x_{T2}, \qquad (2)$$

де x_{x1} – координата хвостового вагона першого поїзда;

x_{x2} – координата локомотива другого поїзда.

Забезпечення нерівності (1) є першою найважливішою задачею управління рухом поїздів.

Відстань між поїздами визначено через координати середин поїздів, чому відповідає вираз

$$L = x_1 - x_2 = (x_{x1} + 0.5l_{П1}) - (x_{Г2} - 0.5l_{П2}). \quad (3)$$

Через те, що завжди мають місце похибки вимірювань координат поїздів, довжин їх складів і розрахунків гальмівних шляхів, мінімальна за умовами безпеки руху відстань між поїздами, яку прийнято називати розрахунковою, визначається за виразом

$$L_Р = S_2 - S_1 + 0.5(l_{П1} + l_{П2} + \Delta l_{П1} + \Delta l_{П2}) + \sum_{i=1} \Delta l_{Пi}, \quad (4)$$

де $L_Р$ – розрахункова відстань між поїздами, м;

$l_{П1}$, $l_{П2}$ – довжина поїздів, м;

$\Delta l_{П1}$, $\Delta l_{П2}$ – похибки визначень довжин составів, м.

Таким чином, завдання запобігання зіткнення попутних поїздів зводиться до завдання забезпечення рівняння

$$L > L_p. \quad (5)$$

Для виключення зіткнення поїзда з транспортним засобом іншого виду на переїзді система управління повинна своєчасно сформувати команду пристроям, які огороджують переїзд, на заняття положень, при яких був би виключений в'їзд транспортного засобу на залізничний переїзд перед самим поїздом. Це є третім завданням системи управління [10].

Таким чином, завданнями забезпечення безпеки при управлінні рухом поїздів є запобігання:

- зближення поїздів на відстань менше допустимого за умовами безпеки руху (запобігання зіткнення поїздів);
- руху поїздів зі швидкостями вище допустимих за умовами безпеки (запобігання сходу поїзда);
- заняття залізничного переїзду транспортним засобом будь-якого виду, якщо він не зможе його звільнити до входу на переїзд поїзда.

Час ходу по кожному перегону доцільно визначати на АРМ ДНЦ за даними тягових розрахунків окремо в парному і непарному напрямках для кожної категорії вантажних і пасажирських поїздів, а також для окремих локомотивів з урахуванням допустимих швидкостей руху за станом колії залежно від наявності зупинок на роздільних пунктах, що обмежують перегін.

На підставі довжини дільниць і ходової швидкості час ходу поїздів по перегонах визначається за виразом

$$t_x = 60 \cdot \frac{l_{діл}}{V_x}, \quad (6)$$

де $l_{діл}$ – довжина перегону між станціями, км;

V_x – ходова швидкість поїзда, км/год.

При тягових розрахунках розглядається рух поїзда як рух матеріальної точки, у якій маса зосереджена в центрі її ваги (умовно в середині складу), тому час ходу поїзда по перегону визначають за моментами збігу середини поїзда з віссю роздільних пунктів, що обмежують даний перегін.

Успішність вирішення цих завдань залежить від функціональних властивостей і технічних параметрів систем управління рухом.

Загальний час знаходження поїзда на ділянці у хвилинах визначається як

$$T_{дв} = \frac{60 \cdot S_j}{v_j} + \sum t_{ст} + \sum t_{раз} + \sum t_{зам}, \quad (7)$$

де S_j – довжина j-го елемента, км;

v_j – рівномірна швидкість на j-му елементі, км/год;

$\sum t_{ст}$ – сумарний час простою на проміжних станціях ділянки, хв;

$\sum t_{раз}$ – сумарний час на розгін поїзда після зупинок на проміжних станціях, хв;

$\sum t_{зам}$ – сумарний час на гальмування поїзда при зупинках на проміжних станціях, год.

У роботі запропоновано інтегрувати подану модель до МСДЦ. Це дозволить в автоматичному режимі формувати та видавати на автоматизоване робоче місце поїзного диспетчера (ДНЦ) адекватний прогнозний ГРП, на якому всі прогнозні нитки поїздів прокладено з урахуванням такого важливого змінного фактора перевізного процесу, як швидкість руху кожного поїзда залежно від відстані до попереднього поїзда.

Ці інновації дуже необхідні залізничному транспорту, особливо в умовах швидкісного руху, оскільки мова йде в першу чергу про безпеку пасажирів. Будь-яка помилка може стати трагедією.

Крім того, запропоновані розширення функціонального складу МСДЦ дозволяють створити максимально комфортні умови для роботи ДНЦ і максимально зменшенити вплив людського фактора для забезпечення стабільної та безпечної роботи залізничних дільниць в умовах високошвидкісних перевезень.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. У статті запропоновано заходи з розширення складу функціональних завдань МСДЦ на дільниці з високошвидкісним рухом поїздів. Зважаючи на подані заходи в умовах високошвидкісного руху на дільниці, МСДЦ розраховує і пропонує поїзному диспетчеру план поїзної роботи з урахуванням діючих попереджень та інших обмежень швидкості на дільницях.

Список використаних джерел

1. Krasemann, J. Computational decision-support for railway traffic management and associated configuration challenges: An experimental study [Text] / J. Krasemann // Journal of Rail Transport Planning & Management. – 2015. – Vol. 5. – № 3. – P. 95-109.

2. Implementation and validation of an Angle of Arrival (AoA) determination system for real-time on-board train positioning [Text] / M. Arenas, A. Podhorski, S. Arrizabalaga, J. Goya, B. Sedano, J. Mendizabal // Transportation Research Procedia. – 2016. – № 14. – P. 1950-1956.

3. Малахова, О. А. Удосконалення перевезення пасажирів на основі застосування логістичних принципів [Текст] / О.А. Малахова, О.В. Макарова // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 131. – С. 100-104.

4. Talebian, A., Zou, B. Integrated modeling of high performance passenger and freight train planning on shared-use corridors in the US [Text] / A. Talebian, B. Zou // Transportation Research Part B: Methodological. – 2015. – Vol. 82. – P. 114-140.

5. Удосконалення диспетчерського керівництва дільниці на основі прогнозного моделювання перевізного процесу [Текст] / П.В. Долгополов, Т.В. Головко, Т.В. Галишинець [та ін.] // Вісник НТУ «ХПІ». – 2015. – Вип. 49(1158). – С. 36–39.

6. Егоров, О. И. Процедура идентификации поездов с использованием информации АСК ВП УЗ – Е [Текст] / И.В. Жуковицкий, О.И. Егоров // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2015. – Вип. 6(115). – С.61–66.

7. Долгополов, П. В. Удосконалення диспетчерського управління на дільниці в умовах швидкісного руху [Текст] / П. В. Долгополов, Р. В. Чікаров // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2015. – Вип. 154. – С. 53-57.

8. Калашнікова, Т. Ю. Визначення найкращої моделі використання високошвидкісних магістралей для залізниць України [Текст] / Т.Ю. Калашнікова, Ю.М. Чередніченко // Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – Вип. 162. – С. 177-182.

9. Розсоха, О. В. Моделювання пасажирських поїздопотоків високошвидкісних залізничних магістралей [Текст] / О. В. Розсоха, В.М. Солонець // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2015. – Вип. 154. – С. 5-13.

10. Інформаційні системи та технології при управлінні залізничними перевезеннями [Текст]: навч. посібник / О.В. Лаврухін, П.В. Долгополов, В.В. Петрушов, О.М. Ходаківський. – Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2011. – 118 с.

Долгополов Петро Віталійович, канд. техн. наук, доцент кафедри управління експлуатаційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. 730-10-88. E-mail: pit2013@mail.ru.
Суховецька Діана Володимирівна, слухач магістратури ІППК Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (099) 615-33-67.

Dolgopolov Peter, PhD. Of tehn. Sciences, Associate Professor of Management of operational work of the Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. 730-10-88. E-mail: pit2013@mail.ru.
Suhovetskaya Dianna, Listener IPPK of the Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. (099) 615-33-67.

Стаття прийнята 19.09.2016 р.