

УДК 004.89+519.216.3+656.2

РОЗРОБКА ПІДХОДІВ ДО НЕСТАТИСТИЧНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ФІЗИЧНОГО СТАНУ ВАНТАЖУ ПОТЯГА

Т. О. Савчук, О. Н. Романюк, А. В. Козачук

Вінницький національний технічний університет

вул. Хмельницьке шосе, 95, 21021, м. Вінниця, Україна. E-mail: kozachuk35@rambler.ru

Г.Ю. Сисюк

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна. E-mail: velsinil@gmail.com

Розглянуто вплив параметрів навколишнього середовища на фізичний стан вантажу, що перевозиться залізничним транспортом. Обговорюються різні методи прогнозування стану вантажу системи потяга, а також особливості емпіричного методу, використаного в роботі. Визначені співвідношення, що дозволяють проводити прогнозування стану вантажу потяга за відсутності потужної множини статистичної інформації. Отримані результати можуть бути використані у системі прогнозування виникнення небезпечних ситуацій на залізничному транспорті.

Ключові слова: прогнозування виникнення надзвичайних ситуацій, аналіз надзвичайної ситуації на небезпечність, надзвичайні ситуації на залізничному транспорті, емпіричні методи прогнозування.

DEVELOPMENT OF APPROACH OF THE NONSTATISTICAL TRAIN CARGO PHYSICAL STATE PROGNOSTICATION

T. Savchuk, O. Romanyuk, A. Kozachuk

Vinnitsia National Technical University

вул. Khmelnytsk shose, 95, 21021, Vinnitsia, Ukraine, E-mail: kozachuk35@rambler.ru

G. Sisyuk

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University

вул. Pershotravneva, 20, 39600, Kremenchuk, Ukraine. E-mail: velsinil@gmail.com

The problem of forecasting of physical state of the train cargo was described in this article. Discusses various prediction methods of the train cargo system, that are used on railways in different countries for the prediction of the load and especially the empirical method used in this work. Relations are obtained that enable prediction of the cargo train in the absence of a representative sample of statistical information. The results can be used in the prediction of dangerous situations on the rail.

Key words: forecasting of railroad accidents, analyzes of dangerous of situation, railroad accidents, empirical forecasting methods.

РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К НЕСТАТИСТИЧЕСКОМУ ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГРУЗА ПОЕЗДА

Т. А. Савчук, А. Н. Рюманюк, А. В. Козачук

Винницкий национальный технический университет,

ул. Хмельницкое шоссе, 95, 21021, г. Винница, Украина. E-mail: kozachuk35@rambler.ru

Г. Ю. Сисюк

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина. E-mail: velsinil@gmail.com

Рассмотрено влияние параметров окружающей среды на физическое состояние груза, перевозимого железнодорожным транспортом. Обсуждаются различные методы прогнозирования состояния груза системы поезда, а также особенности эмпирического метода, использованного в работе. Выведены соотношения, позволяющие проводить прогнозирование состояния груза поезда при отсутствии представительной выборки статистической информации. Полученные результаты могут быть использованы в системе прогнозирования возникновения опасных ситуаций на железнодорожном транспорте.

Ключевые слова: прогнозирование возникновения чрезвычайных ситуаций, анализ опасности чрезвычайной ситуации, чрезвычайные ситуации на железнодорожном транспорте, эмпирические методы прогнозирования.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Однією з найважливіших задач, що виникають при прогнозуванні виникнення надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті, є прогнозування стану вантажу, що перевозиться. Таке прогнозування дозволяє передбачити значення окремих параметрів системи потяга і провести аналіз стану цієї системи.

Надзвичайні ситуації на залізничному транспорті відбуваються досить рідко, що не дає можливості

зібрати потужну множину статистичної інформації і ускладнює навчання інтелектуальних методів, що проводять прогнозування стану системи потяга. Тому для підвищення точності прогнозу доцільно розробити нестатистичні методи прогнозування окремих параметрів системи такої системи. До таких параметрів відносять фізичний стан вантажу, що перевозиться потягом [1]. Таким чином, можна зробити висновок, що розв'язання задачі емпірич-

ного прогнозування фізичного стану вантажу потяга є актуальним.

Метою дослідження є розробка співвідношень, за якими буде проводитись прогнозування фізичних параметрів системи потяга. Отримані співвідношення будуть використані у системі прогнозування виникнення надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Задача, що вирішується, формулюється наступним чином. Розробити співвідношення $S(t, s_0, L, w)$, що на основі повного опису початкового стану вантажу s_0 та інформації про маршрут L і зовнішні умови W дозволить визначити фізичний стан вантажу потяга через заданий проміжок часу t .

Серед основних методів, що використовуються для прогнозування стану об'єкта найбільшого поширення набули такі, що можуть бути використані для прогнозування фізичного стану вантажу потягу (табл. 1).

Таблиця 1 – Існуючі методи прогнозування фізичного стану вантажу потяга

Назва	Переваги	Недоліки
Чисельне моделювання стану термодинамічного стану вантажу	Висока точність, теоретично доведена стабільність роботи	Значні затрати системних ресурсів
Моделювання стану складових вантажу за обраним рівнем узагальнення	Висока точність, швидкодія	Необхідність виведення нетривіальних формул взаємодії складових для кожного типу вантажу
Прогнозування на основі статистичних методів	Висока швидкодія, висока точність і надійність при потужній множині статистичних даних	Значна інерційність, потреба у потужній навчальній вибірці

Для прогнозування розвитку надзвичайних ситуацій використовуються чисельні методи, що дозволяють промоделювати стан вантажу. Зокрема, такі методи описані у [3]. Ці методи можуть бути застосовані і для прогнозування стану вантажу в неекстремальних ситуаціях, при цьому їх точність та стабільність збільшиться за рахунок більш рівномірного розподілу температур. Недоліком такого підходу є ресурсоємність задачі прогнозування, перевагою – висока точність.

Канадська державна компанія "Transort Canada" розробила підхід прогнозування стану рідинних вантажів, що перевозяться в цистернах [2]. Підхід базується на поданні цистерни як сукупності складо-

вих системи, що взаємодіють між собою за законами термодинаміки. Такий підхід є емпіричним, так як розподіл температури та тиску всередині кожної частини вважається рівномірним, що не відповідає дійсності. Перевагою підходу є висока швидкість розрахунків, а як недолік слід відзначити те, що введені співвідношення справедливі лише для обмеженого набору вантажів.

Статистичні методи прогнозування дозволяють отримати точні результати, але потребують потужної множини статистичної інформації, яка не завжди є доступною, тому область їх застосування обмежена.

У роботі [4] також описано, як умови навколишнього середовища впливають на внутрішній вміст потяга (вважається, що вантаж не містить внутрішніх джерел тепла), але описані співвідношення можна застосовувати лише до нафтопродуктів.

Емпіричне прогнозування стану вантажу системи потяга проводиться на основі даних про початковий стан системи, а також на основі прогнозу погоди, речовин, що перевозяться та шляху, яким буде рухатись потяг. Основною властивістю даного емпіричного прогнозування є повна незалежність від наявної статистичної інформації, що визначає його основні переваги і недоліки (табл. 2).

Таблиця 2 – Переваги і недоліки нестатистичного прогнозування

Переваги	Недоліки
Працює із максимальною ефективністю одразу після установки системи	Можливі помилки у емпіричних формулах
Низька інерційність	Можливість неврахування важливих факторів прогнозу
Легкість створення та розсортування системи	Потужні апаратні витрати

До переваг такого прогнозування слід віднести максимальну ефективність роботи системи при обмеженій кількості статистичної інформації. Ще одна перевага – можлива швидка зміна алгоритму прогнозування при зміні математичної моделі предметної області (наприклад, при введенні системи автоматизованого аварійного гальмування на потягах). Отже, основною перевагою емпіричного прогнозування ситуацій є відсутність інерційності.

Недолік емпіричного прогнозування – можливі помилки у емпіричних формулах, а також потенційне неврахування важливих факторів прогнозу, тому використання лише емпіричного прогнозу є небезпечним.

Процес прогнозування розбивається на прогнозування найімовірніших базових ситуацій для кожної точки час-простору та на генерацію менш імовірних ситуацій на основі базових.

Розглянемо основні співвідношення, на основі яких буде відбуватися генерація базових ситуацій:

Температура речовини, що перевозиться змінюється, в залежності від зовнішньої температури,

згідно із співвідношенням, отриманим з [5], та адаптованим до умов залізничного перевезення шляхом введення коефіцієнта a :

$$t = 2(t_z - t_0) \left(\frac{1}{1 + e^{\frac{-a \cdot t}{f \cdot m_{\max}}}} - \frac{1}{2} \right) + t_0, \quad (1)$$

де t – температура речовини, що перевозиться;

t_z – температура зовнішнього середовища;

t_0 – початкова температура речовини, що перевозиться;

f – наповненість цистерни;

m_{\max} – вантажопідйомність цистерни;

t – час від початку руху;

a – коефіцієнт залежності внутрішньої температури від зовнішньої.

Коефіцієнт a залежить від питомої теплоємності речовини, що перевозиться та від інтенсивності обміну тепла між речовиною, що перевозиться та стінками цистерни.

Для полегшення розрахунків зроблено припущення про те, що речовина однаково взаємодіє з усіма цистернами, в яких вона може перевозитись [5, 6].

На рис. 1 показано приклад зміни температури речовини, обчисленої за формулою (1) при наступних умовах: $t_z = 30$, $t_0 = 20$, $f = 0.9$, $m_{\max} = 60000$, $a = 10$.

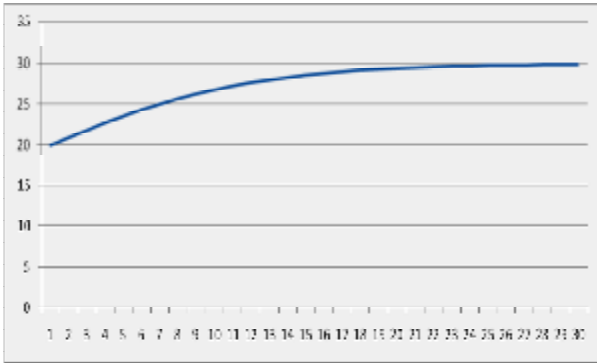


Рисунок 1 – Залежність внутрішньої температури речовини від часу

На температуру деяких видів речовин також впливає тертя, яке виникає внаслідок тряски, що супроводжує рух потягу [4]. У [5] описана залежність температури речовини, що перевозиться від швидкості руху потяга:

$$t = t_0 + kv^b, \quad (2)$$

де k – коефіцієнт, що показує, яка кількість кінетичної енергії потягу переходить у тертя;

b – коефіцієнт, що пов'язує зміну температури із швидкістю руху потяга;

v – швидкість руху потяга.

Для врахування у широких межах впливу швидкості на зміну температури речовини, що перевозиться, взаємодії цієї речовини зі стінками

цистерни та фізичних процесів, характерних для речовини, що аналізується, була введена степенева залежність (2) температури від швидкості руху [6, 7].

Температура речовини, що перевозиться також суттєво залежить від освітленості. Так як передачу тепла від речовини, що перевозиться до навколишнього середовища, враховано у співвідношенні (1), достатньо ввести лінійну залежність приросту температури від освітленості, таке співвідношення описане в [7]:

$$t = t_0 + gE, \quad (3)$$

де E – значення освітленості,

g – коефіцієнт залежності приросту температури від освітленості.

Коефіцієнт g залежить від таких характеристик, як альbedo поверхні цистерни та її теплопровідності цієї поверхні, площі освітленої поверхні цистерни та від ступеню взаємодії речовини, що перевозиться зі стінками цистерни. Величина освітленості визначається за співвідношенням:

$$E = E_{\max} \left(\frac{1}{100} + (1 - clouds) \right) \sin \left(\frac{P}{t_{cx} - t_{cx}} (t - t_{cx}) \right), \quad (4)$$

де E_{\max} – максимальне значення освітленості за добу (залежить від пори року, в середньому – 750 Вт/м²); $clouds$ – хмарність,

t_{cx} і t_{cx} – час сходу і заходу Сонця.

У співвідношенні (4) знехтувано зміною товщини шару атмосфери, через який проходить сонячне світло, залежно від часу доби. Коефіцієнт 1/100 є наближенням [7].

До інших параметрів, що впливають на температуру речовини, яка перевозиться можна віднести дощ і швидкість вітру. Нехай перелічені фактори, а саме дощ і швидкість вітру, безпосередньо впливають на коефіцієнт a , що фігурує в рівнянні (1), тоді:

$$\begin{aligned} a &= a_0(1 + 0,5 \cdot r), \\ a &= a_0 + v \cdot 0,02 \end{aligned} \quad (5)$$

де $r=1$, якщо іде дощ, $r=0$ – в протилежному випадку;

v – швидкість вітру.

Оскільки об'єм вантажу V не змінюється з часом, при перевезенні газоподібних речовин тиск p визначається з рівняння Менделєєва–Клайперона для ізохорного процесу [8] :

$$p = \frac{mRT}{MV}, \quad (6)$$

де T – значення температури,

M – молярна маса вантажу,

m – маса вантажу,

R – константа.

Рівняння (6) є неточним, оскільки воно справедливе лише для ідеальних газів, в той час як більшість газоподібних вантажів транспортуються у зрідженому стані, далекому від стану ідеального

газу. Тому для розрахунку температури реальних газів буде використовуватись формула (1), а для визначення інших параметрів речовини – декларативні знання, отримані з [9].

Співвідношення (1)–(6) дозволять розв'язати задачу прогнозування фізичного стану вантажу потяга у будь-який момент часу після початку руху потяга на основі даних про початковий стан вантажу, інформації про маршрут і зовнішні умови.

ВИСНОВКИ. На підставі отриманих результатів проведеного аналізу впливу параметрів навколишнього середовища на фізичний стан вантажу, що перевозиться залізничним транспортом, запропоновано співвідношення, що дозволяють проводити прогнозування стану вантажу потяга та можуть бути використані у системі прогнозування виникнення надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті, які дають можливість швидко проводити точне прогнозування стану вантажу потяга при відсутності потужної множини статистичної інформації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Савчук Т.О., Козачук А.В. Аналіз підходів до прогнозування виникнення надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті. // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – Вінниця: Юніверсум. – 2010. – № 1(17). – 102 с.
2. Валидность компьютерной модели теплового воздействия очага пожара на резервуар с горючей жидкостью. / Р.Ш. Хабибулин. – Режим доступу: <http://narod.yandex.ru/100.xhtml?agps-2006.narod.ru/ttb/2008-1/06-01-08.ttb.pdf>
3. Джонсон М.Р. Термічний аналіз цистерни. Т. 2 // Звіт технічної документації для програми аналізу.
4. Михеев М.А., Михеева Л.С. Основы теплопередачи // Энергия. – М., 1977. – 343 с.
5. Козачук А.В., Невідомий В.П. Моделювання нагріву залізничної цистерни // Тези доповідей XXXVIII науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів ВНТУ. – Електронне наукове видання матеріалів конференції. – Вінниця, 2009.
6. Комарова Т.А. Повышение эффективности слива вязких нефтепродуктов из железнодорожных

цистерн: Дис. канд. техн. наук – С-Петербург, 2003. – 163 с.

7. Эндель Ристхейн. Введение в электротехнику // Elektrijsam. – 2010. – 359 с.

8. Рівняння стану ідеального газу. – [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://uk.wikipedia.org/>

9. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. – Москва: Наука, 1972.

REFERENCES

1. Savchuk T.O., Kozachuk A.V. Approaches to forecasting of emergency situations on railway transport // Information technology and computer engineering. – Vinnytsia: Universum. – 2010. – № 1(17) – 102 p.[in Ukrainian].
2. Validity of a computer model of the thermal effects of the fire on the tank with a flammable liquid. – Access mode: <http://narod.yandex.ru/100.xhtml?agps-2006.narod.ru/ttb/2008-1/06-01-08.ttb.pdf>. [in Ukrainian].
3. Johnson M.R. Tank car thermal analysis, volume II // Technical documentation report for analysis program. [in English].
4. Miheev M.A., Miheeva L.S. Fundamentals of Heat Transfer // Energia. – M., 1977. – 343 p. [in Russian].
5. Kozachuk A.V., Nevidomy V.P. Tank car heating simulation // Abstracts of XXXVIII scientific conference of the faculty, staff and students of VNTU. – Electronic scientific publication of the conference results. – Vinnytsia, 2009. [in Ukrainian].
6. Komarova T.A. Improving the effectiveness of plum Tying petroleum from rail tank: Author`s abstract for Cand. Sci. (Techn.).– St. Petersburg, 2003. – 163 p. [in Russian].
7. Endel Risthein. Introduction to Energy Technology // Elektrijsam. – 2010. – 359 p. [in English]
8. Ideal gas law. – [Electronic resource]. Access mode: <http://uk.wikipedia.org/> [in English].
9. Vargaftic N.B. Handbook of thermophysical properties of gases and liquids. – M.: Nauka, 1972 [in Russian].

Стаття надійшла 24.09.2011.

Реконмедовано до друку
к.т.н., доц. Морозом М.М.