

УДК 334.716:656.2

В. Г. ДЖЕНЧАКО^{1*}, Г. В. МАСЛАК^{2*}

^{1*}Каф. «Транспортні технології підприємств», ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», вул. Гоголя, 29, м. Дніпро, 49027, Україна, тел. +38 (067) 621 28 97, ел. адреса dzhenchako_v_g@pstu.edu, ORCID: 0000-0003-4581-4174

^{2*}Каф. «Транспортні технології підприємств», ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», вул. Гоголя, 29, м. Дніпро, 49027, Україна, тел. +38 (068) 435 92 95, ел. адреса maslak_a_v@pstu.edu, ORCID 0000-0001-7256-5543

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ВАНТАЖНОЇ СТАНЦІЇ З РОЗВАНТАЖЕННЯ ЗАЛІЗОРУДНОЇ СИРОВИНИ У ПЕРІОД НЕГАТИВНИХ ТЕМПЕРАТУР З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ МОДЕЛЮВАННЯ «DATA MINING»

Мета. На сучасному етапі робота вантажної станції з розвантаження залізорудної сировини у період негативних температур відбувається в динамічних умовах, що призводить до низької ефективності взаємодії вантажної станції і розвантажувального комплексу. У зв'язку з впливом на процес розморожування залізорудної сировини дуже великої кількості факторів, які включають фізико – механічні властивості, показники тривалості та температури на всіх етапах процесу транспортування та розморожування залізорудної сировини, традиційні методи досліджень не дають достатньо надійних результатів. Дане положення ускладнює процес прийому та розвантаження маршрутних поїздів з залізорудною сировиною, призводить до значних, додаткових енерговитрат і виробничих втрат. Для дослідження складного, багатфакторного процесу розморожування і розвантаження залізорудної сировини у вагонах використано технологію моделювання «Data mining». На першому етапі дослідження на основі моделювання процесу з урахуванням всіх діючих факторів, вхідним параметром процесу розморожування залізорудної сировини у вагонах прийнята глибина входження вимірювального стрижня в змерзлу сировину, а в якості критерію - маса залишків залізорудної сировини у вагоні після розвантаження. Статистичні дані отримані на основі проведеного широкого виробничого експерименту були оброблені методом глибокого розвідувального аналізу, в результаті якого виявлено основні закономірності впливу факторів на масу залишків залізорудної сировини у вагоні та розроблено регресійну модель. **Методи дослідження.** При проведенні наукових досліджень використовувалися методи: аналізу і синтезу для дослідження питання та наукових публікацій стосовно дослідження роботи вантажної станції з розвантаження залізорудної сировини у період негативних температур; планування експерименту - для отримання багатомірного масиву даних; метод моделювання «Data mining» - для обробки багатомірного масиву даних, отримання кореляційних залежностей технологічних параметрів роботи вантажної станції і гаражів розморожування. **Результати.** Робота присвячена вирішенню науково-технічної проблеми дослідження роботи вантажної станції з розвантаження залізорудної сировини у вагонах у період негативних температур. В результаті проведених досліджень визначена закономірність коливання тривалості розморожування залізорудної сировини у вагонах в залежності від зміни кількісних показників зовнішніх факторів і технологічних параметрів. **Наукова новизна.** Спільний вплив розглянутих факторів на масу залишків залізорудної сировини у вагонах після розморожування та розвантаження досліджено із застосуванням методу Монте – Карло. Встановлено можливість науково обґрунтованого коригування маси залишків залізорудної сировини у вагонах після розморожування на основі використаного методологічного підходу. **Практична значимість.** Дослідженнями встановлено, що процес розморожування залізорудної сировини у вагонах визначається трьома основними факторами: вхідним параметром процесу розморожування залізорудної сировини – глибиною входження вимірювального стрижня у змерзлу сировину, технологічним параметром – тривалістю розморожування залізорудної сировини у вагонах і вихідним параметром – масою залишків залізорудної сировини у вагоні після розвантаження. Отже, визначаючи закономірності зміни вказаних факторів представляється можливим встановити тривалість розморожування залізорудної сировини у вагонах.

Ключові слова: вантажна станція, розвантажувальний комплекс, гаражі розморожування, залізорудна сировина, тривалість розморожування, технологічний параметр, вихідний параметр, регресійна модель

Вступ

Важливим фактором вдосконалення процесу переробки вагонів з залізорудною сировиною у період негативних температур є синхронізація

роботи вантажної станції та гаражів розморожування за їх переробними спроможностями. Однак, для цього необхідно мати досить надійний метод визначення тривалості розморожування залізорудної сировини як основного фактору,

що визначає переробну спроможність гаражів розморожування [1].

Відповідно до існуючої технології тривалість розморожування залізорудної сировини визначається за нормативними даними, встановленими з урахуванням температури навколишнього середовища та тривалості знаходження вагонів з сировиною на шляху прямування. Проведений порівняльний аналіз нормативної та фактичної тривалості розморожування залізорудної сировини показав суттєві розбіжності цих величин. Так, у 25 % випадків нормативна і фактична тривалість розморожування залізорудної сировини збігаються, у 63 % випадків розбіжність становить від 1 до 6 годин, а 12 % випадків ці показники розходяться на 6 годин і більше. Вказане не дає змоги оптимально планувати оперативну роботу вантажної станції [2] та вивантажувального комплексу у період негативних температур [3]. Це положення є наслідком того, що традиційний метод встановлення тривалості розморожування залізорудної сировини, заснований на усереднених значеннях обмеженої кількості факторів, не може дати надійних результатів.

Аналіз останніх публікацій та досліджень

На процес розморожування залізорудної сировини впливає дуже багато факторів, що значно ускладнюють завдання. Тож для отримання достовірного і надійного показника – тривалості розморожування залізорудної сировини у вагонах, як технологічного параметра, потрібно використання сучасних методів дослідження, які забезпечують можливість глибшого аналізу процесу змерзання залізорудної сировини у вагонах.

У зв'язку із зазначеним для проведення досліджень доцільно використовувати технологію моделювання «*Data mining*», яка відповідає цим вимогам [4, 5]. Дана технологія моделювання почала широко використовуватися в експериментальних дослідженнях у металургії.

Враховуючи складність процесу змерзання залізорудної сировини у вагонах і значну кількість факторів, що впливають, дослідження доцільно провести в два етапи: спочатку досліджувати процес розморожування з урахуванням всіх діючих факторів, а як критерій оцінки прийняти масу залишків залізорудної сировини у вагонах. Потім на основі отриманих даних вирішити друге завдання – для більш конкретних експлуатаційних умов визначити тривалість розморожування залізорудної сировини у вагонах. При цьому можна провести дослідження в рамках

одного виробничого експерименту і прийняти для дослідження сучасну технологію моделювання «*Data mining*».

Мета дослідження

На сучасному етапі функціонування промислових підприємств (в першу чергу металургійних), необхідно проведення дослідження роботи вантажної станції з розвантаження залізорудної сировини у вагонах у період негативних температур з використанням технології моделювання «*Data mining*».

Методи дослідження

При проведенні наукових досліджень використовувалися методи: аналізу і синтезу для дослідження проблеми та наукових публікацій стосовно дослідження роботи вантажної станції з розвантаження масової сировини у період негативних температур; планування експерименту - для отримання багатомірного масиву даних; технології моделювання «*Data mining*» - для обробки багатомірного масиву даних, отримання кореляційних залежностей технологічних параметрів роботи вантажної станції і гаражів розморожування.

Виклад основного матеріалу

Дослідження такого складного процесу необхідно починати з попередніх експериментів, статистичного аналізу та моделювання. Це дозволить виявити внутрішні зв'язки технологічних параметрів процесу.

Для реалізації першого етапу досліджень було поставлено широкий виробничий експеримент, у процесі якого було досліджено 4900 вагонів із залізорудною сировиною у вагонах, що прибули з різних родовищ, за різною температурою довілля на шляху прямування. Він включав збір та обробку даних при просуванні маршрутних поїздів із залізорудною сировиною з місць навантаження до місць їх розвантаження і включав: фізико – механічні властивості залізорудної сировини, час виконання операцій та температуру від моменту постановки вагонів під навантаження до постановки в гаражі розморожування, а також показники власне процесу розморожування (тривалість розморожування і підйому температури в секції гаража до 80 °С, середню температуру розморожування та витрати теплоносія на розморожування). При цьому враховувався широкий діапазон коливань зазначених чинників.

При проведенні експериментальних досліджень вперше застосовано вхідний контроль міцності змерзання залізорудної сировини, який вимірювався введенням у сировину металевого стрижня з масштабною розміткою та здійснювався перед розморожуванням сировини у вагонах [6].

Під час обробки результатів промислових експериментів використовувалися основні положення методу професора Ткаченко І. Ф., з її доопрацюванням стосовно вирішення поставленого завдання [7, 8].

У процесі досліджень послідовно виконувалися: глибокий розвідувальний аналіз експериментальних даних (ГРАД); побудова математичної моделі методом множинної регресії; перевірка адекватності регресійної моделі та дослідження спільного впливу факторів на масу залишків залізорудної сировини у вагонах після розморожування та розвантаження на роторних вагоноперекидачах за технологією моделювання

«Data mining». Результати ГРАД показали, що глибина входження вимірювального стрижня у залізорудну сировину у вагонах досить всебічно і адекватно характеризує міцність змерзання і може прийматися як визначальний чинник для подальших наукових досліджень.

Таким чином, отримані результати показали, що проведений ГРАД, на відміну від традиційних методів, дозволяє виявити основні закономірності впливу факторів на масу залишків залізорудної сировини у вагонах. У той самий час, зроблені висновки, носять попередній характер, оскільки при їх отриманні розглядалися всі можливі поєднання значень досліджених незалежних змінних.

Результати ГРАД, представлені у вигляді класифікаційної моделі (CART – Classification and Regression Tree – дерево класифікації і регресії) на рисунку 1, дозволили встановити п'ять факторів, які мають зв'язки з масою залишків залізорудної сировини у вагонах.

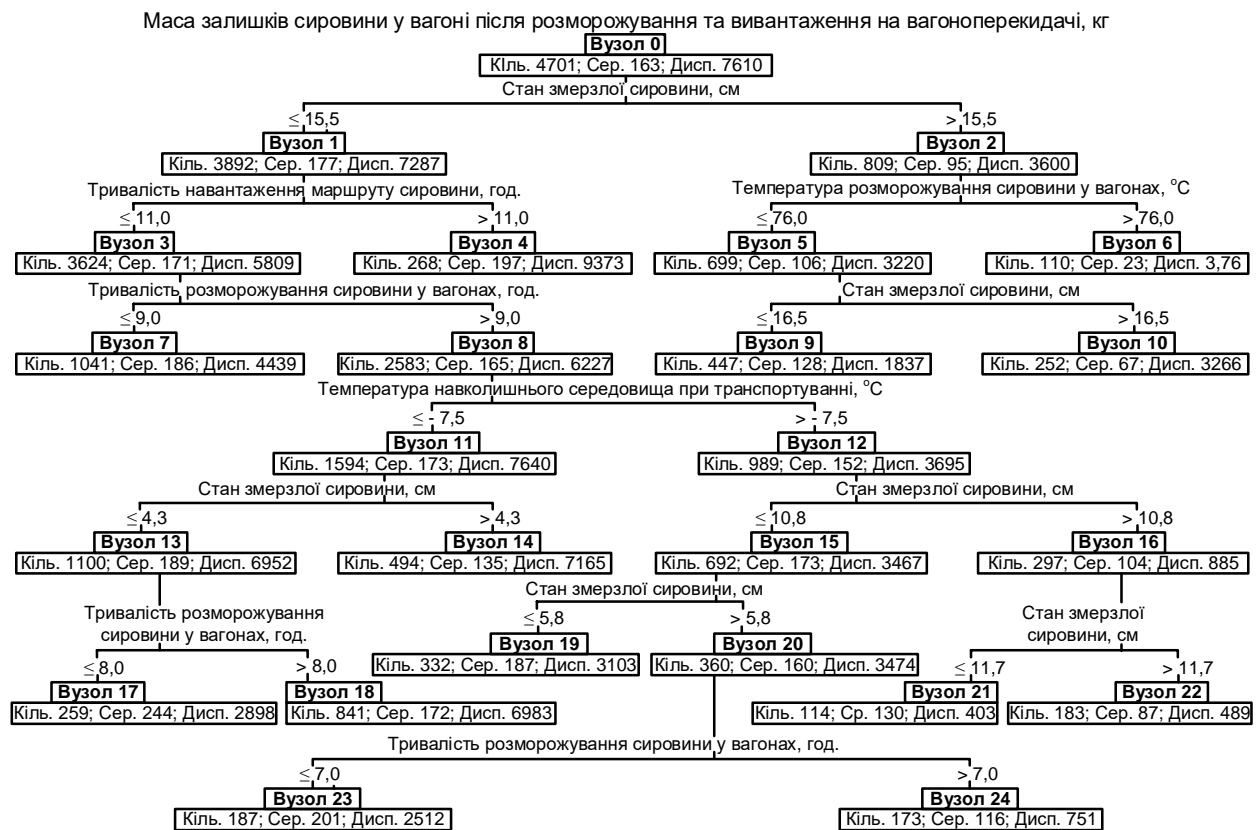


Рис. 1. Класифікаційна модель, яка характеризує вплив факторів на масу залишків сировини у вагоні

Особливо необхідно відзначити, що маса залишків залізорудної сировини у вагонах найбільш значущо визначається (вузли 1, 2) станом змерзлої залізорудної сировини у вагонах і в значно меншому ступені залежить від решти змінних факторів. Це свідчить про те, що глибина входження

вимірювального стрижня у змерзлу залізорудну сировину у вагонах повною мірою характеризує її стан.

З метою підтвердження отриманих результатів, на базі розвідувального аналізу

було проведено дослідження вихідних даних методами множинної регресії. При цьому результати експериментальних досліджень були використані для розробки математичної моделі множинної регресії, яка у кількісній формі

$$\begin{aligned}
 m_3 = & 182 - 1,656t_p - 0,667c_{cp} - 12,882h_r + 4,615 \cdot 10^{-3}c_m t_{п} - 21,025 \cdot 10^{-3}c_m t_p + \\
 & + 5,128 \cdot 10^{-3}t_{п} c_{cp} + 16,923 \cdot 10^{-3}t_p c_{cp} - 0,474c_m h_r + 5,128 \cdot 10^{-6}t_{п} h_r + \\
 & + 25,589 \cdot 10^{-3}t_p h_r + 56,615 \cdot 10^{-3}c_{cp} h_r + 1,025 \cdot 10^{-4}c_m t_p c_{cp} - 7,692 \cdot 10^{-6}t_{п} t_p c_{cp} + \\
 & + 1,128 \cdot 10^{-3}c_m t_{п} h_r + 3,948 \cdot 10^{-3}c_m t_p h_r + 4,256 \cdot 10^{-3}c_m c_{cp} h_r - \\
 & - 1,025 \cdot 10^{-5}c_m t_{п} t_p h_r - 1,025 \cdot 10^{-5}c_m t_{п} c_{cp} h_r - 3,077 \cdot 10^{-5}c_m t_p c_{cp} h_r + \\
 & + 1,025 \cdot 10^{-7}c_m t_{п} t_p c_{cp} h_r
 \end{aligned} \quad (1)$$

де t_p – тривалість розморожування залізорудної сировини у вагонах, хв; c_{cp} – середня температура розморожування залізорудної сировини у вагонах, °C; h_r – глибина входження вимірювального стрижня у змерзлу залізорудну сировину у вагонах, см; c_m – температура навколишнього середовища на шляху прямування маршрутних поїздів з залізорудною сировиною, °C; $t_{п}$ – тривалість навантаження маршрутного поїзда залізорудною сировиною, хв.

Коефіцієнт детермінації наведеної регресійної залежності становить $R^2 = 0,95$. Детальна перевірка рівняння (1), яка виконувалася з використанням методів Монте-Карло, показала, що воно дозволяє досить точно розрахувати не тільки середні значення маси залишків залізорудної сировини у вагонах при її різних фізико-механічних властивостях та змін часових і

характеризує вплив зазначених факторів на масу залишків залізорудної сировини у вагонах після розморожування та розвантаження (m_3). Отримана модель має такий вигляд:

температурних параметрів, але і адекватно описує частотні розподіли, що спостерігаються. Гістограма, побудована на основі технології моделювання «Data mining» (рис. 2), досить точно збігається з кривою частотного розподілу, отриманої на основі результатів наукових досліджень, що свідчить про високий рівень адекватності регресійної моделі.

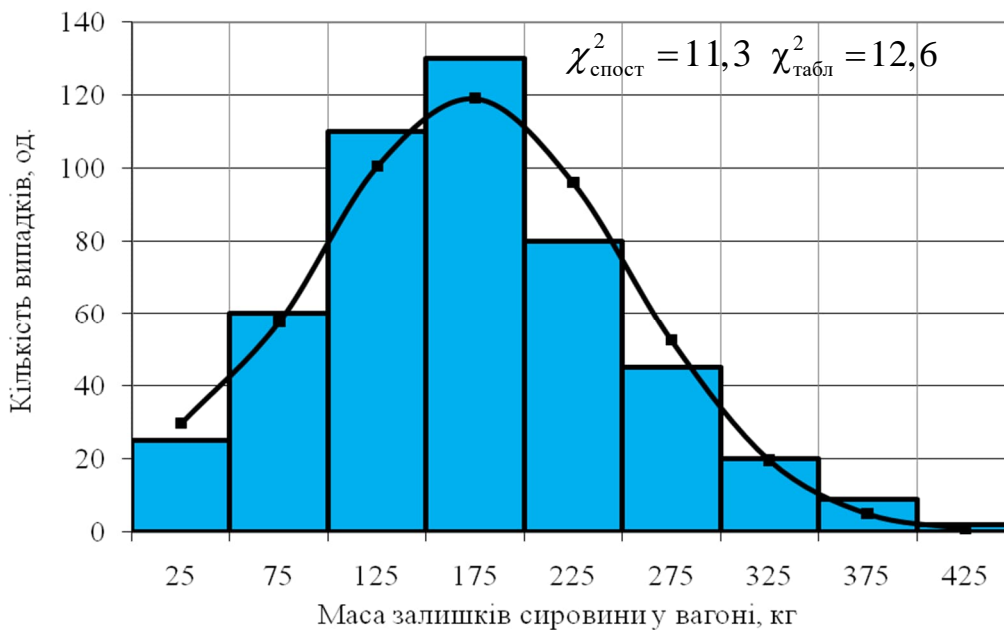


Рис. 2. Експериментальна крива та розрахункова гістограма частотного розподілу маси залишків залізорудної сировини у вагоні після розморожування та розвантаження на вагоноперекидачі

Отримана модель відображає практично всі умови експлуатації з діапазонами зміни величини факторів, що мають місце. Технологія моделювання «Data mining» підтверджує, що найбільший вплив на масу залишків залізорудної

сировини у вагонах при їх роздільній дії надають: глибина входження вимірювального стрижня у змерзлу залізорудну сировину у вагонах (h_r) – коефіцієнт 12,82, тривалість розморожування залізорудної сировини у вагонах (t_p) –

коефіцієнт 1,66 и середня температура розморожування залізорудної сировини у вагонах (c_{cp}) – коефіцієнт 0,67.

Спільний аналіз результатів моделювання підтверджує, що визначальним фактором процесу розморожування та досягнення мінімальної маси залишків залізорудної сировини у вагонах є величина входження вимірювального стрижня у змерзлу сировину. Іншим значущим фактором є тривалість розморожування, яка є технологічним параметром процесу.

Проведене комп'ютерне моделювання показало, що зміна маси залишків залізорудної сировини у вагонах можлива у ширших межах, ніж спостерігається експериментально. Очевидно, це пов'язано з тим, що технологія моделювання «Data mining» забезпечує повніший облік усіх можливих комбінацій різних значень незалежних змінних. Зіставлення результатів кореляційного аналізу отриманих за технологією моделювання «Data mining» та реальних регресійних залежностей (таблиця 1) показує досить точну відповідність.

Таблиця 1

Результати кореляційного аналізу розрахункових та експериментальних парних статистичних залежностей маси залишків залізорудної сировини у вагонах від факторів

Незалежна змінна	Коефіцієнти кореляції		Параметри рівняння регресії $y = a + bx$			
			a		b	
	експер.	розрах.	експер.	розрах.	експер.	розрах.
c_m	0,121	0,127	175,99	159,36	1,527	1,472
t_p	0,216	0,201	103,21	82,6	0,155	0,141
t_p	0,382	0,311	147,025	141,32	0,0495	0,052
c_{cp}	0,279	0,271	-75,14	-56,36	2,655	2,641
h_r	-0,364	-0,385	191,217	199,807	-1,628	-1,63

Аналіз наведених діаграм та даних таблиць дозволив визначити умови, за яких глибина входження вимірювального стрижня у змерзлу залізорудну сировину у вагонах має найбільші значення, які відповідають мінімальній масі залишків сировини у вагонах.

Наведені дані показують, що найбільшим значенням коефіцієнта кореляції характеризуються: вхідний параметр процесу розморожування - глибина входження вимірювального стрижня у змерзлу залізорудну сировину у вагонах (h_r), технологічний параметр – тривалість розморожування (t_p) і вихідний параметр – маса залишків залізорудної сировини у вагонах (m_3).

$$S < h_r; t_p; m_3 > \quad (2)$$

На цій основі стає можливим виконати другий етап наукових досліджень – визначити технологічний параметр процесу – тривалість розморожування залізорудної сировини у вагонах в залежності від міцності її змерзання.

Висновки

1. У зв'язку з впливом на процес розморожування залізорудної сировини у вагонах дуже великої кількості факторів, які включають фізико – механічні властивості, показники тривалості та температури на всіх етапах перевізного процесу та розморожування залізорудної сировини,

традиційні методи досліджень не дають достатньо надійних параметрів тривалості розморожування сировини. Дане положення ускладнює процес прийому та розвантаження залізорудної сировини, призводить до значних, додаткових енерговитрат, перепростою вагонів зовнішньої мережі і, як наслідок, до великих виробничих втрат.

2. Для дослідження складного, багатофакторного процесу розморожування залізорудної сировини у вагонах запропоновано технологію комп'ютерного моделювання «Data mining», яка отримала останнім часом широке застосування.

3. Перший етап дослідження полягав у моделюванні процесу з урахуванням всіх діючих факторів, при цьому вхідним параметром процесу розморожування залізорудної сировини прийнята глибина входження вимірювального стрижня в змерзлу сировину у вагонах, а в якості критерію була прийнята маса залишків залізорудної сировини у вагонах після вивантаження.

4. Для отримання багатомірного, різнохарактерного статистичного масиву даних був проведений широкий виробничий експеримент, дані якого були оброблені за технологією «Data mining».

5. В процесі наукових досліджень були виявлені основні закономірності впливу факторів на масу залишків залізорудної сировини у вагонах та розроблено регресійну модель. Спільний вплив розглянутих факторів на масу залишків

залізорудної сировини у вагонах після розморожування та розвантаження досліджено із застосуванням методу Монте – Карло. Показано можливість науково обґрунтованого коригування маси залишків залізорудної сировини у вагонах після розморожування та розвантаження на основі використаного методологічного підходу.

6. На основі проведених наукових досліджень встановлено, що процес розморожування визначається трьома основними факторами: вхідним параметром процесу розморожування сировини - глибиною входження вимірювального стрижня у змерзлу залізорудну сировину у вагонах (h_r), технологічним параметром - тривалістю розморожування залізорудної сировини у вагонах (t_p) і вихідним параметром - масою залишків залізорудної сировини у вагонах (m_3). Отже, визначаючи закономірності зміни вказаних факторів представляється можливим встановити тривалість розморожування сировини.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Fomin, O., Lovska, A., Dzhenchako, V., Zhylinkov, O., Fomina, A., & Lytvynenko, A. (2022). Determining the features of temperature influence on the load-bearing structure of a hopper car with a composite cladding when transporting pellets to metallurgical enterprises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(7(115)), 32 - 41. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.251300>; <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/251300>.

2. Дженчако В.Г. Оптимізація взаємодії вантажної станції, гаражів розморожування і розвантажувального комплексу агломераційної фабрики при вивантаженні масової сировини / В. Г. Дженчако // *Наука і виробництво: Міжвузівський тематичний збірник наукових праць*. – 2021. – № 24. – С. 272 – 284. <http://sap.pstu.edu/article/view/250774>

3. Дженчако В.Г. Розробка методу оцінки пропускної спроможності гаражів розморожування транспортної системи промислового підприємства / В. Г.

Дженчако // *Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень»*. Вип. 22. – 2021. – С. 21 – 27. <https://doi.org/10.15802/tstt2021/247879>

4. Дженчако В.Г. Підвищення ефективності перевезення масової сировини на промислові підприємства у зимовий період / В.Г. Дженчако // *Наука і виробництво: Міжвузівський тематичний збірник наукових праць*. – 2019. – № 21. – С. 224 – 237. <http://eir.pstu.edu/handle/123456789/24835>

5. Дженчако В.Г. Ідентифікація функцій транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства / В.Г. Дженчако, Г.В. Маслак // *Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень»*, 2022. – Вип. 24. С. 21 - 27. <http://tstt.diit.edu.ua/article/view/272055>

6. Дженчако В.Г. Функціональний аналіз роботи розвантажувального комплексу транспортної системи металургійного підприємства / В.Г. Дженчако, Г.В. Маслак, О.С. Завгородній // *Наука і виробництво: Міжвузівський тематичний збірник наукових праць*. – Маріуполь, 2023. - Вип. № 25. С. 142-151. <http://sap.pstu.edu/issue/view/17020>

7. Дженчако В.Г. Оцінка експлуатаційних показників функціонування транспортно-вантажного комплексу агломераційної фабрики в умовах змінного середовища / В.Г. Дженчако, Г.В. Маслак, М.В. Хара, О.Ю. Нетребко // *Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень»*, 2023. – Вип. 26. С. 37 - 44. <http://tstt.diit.edu.ua/issue/current>

8. Дженчако В.Г. Ідентифікація режимів роботи гаражів розморожування вантажної станції промислового підприємства у динамічних умовах / В.Г. Дженчако, А.В. Дженчако, Р.Д. Чучмай, М.Л. Янгічер // *Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень»*, 2024. – Вип. 27. С. 55 - 61. <https://tstt.ust.edu.ua/article/view/307376/298886>

Надійшла до редколегії 20.12.2024.

Прийнята до друку 11.03.2025.

V. DZHENCHAKO, A. MASLAK

RESEARCH OF THE OPERATION OF A CARGO STATION FOR UNLOADING IRON ORE RAW MATERIALS IN THE PERIOD OF NEGATIVE TEMPERATURES USING «DATA MINNING» MODELING TECHNOLOGY

Purpose. At the present stage, the operation of the loading station for unloading bulk raw materials during the period of negative temperatures takes place in dynamic conditions, which leads to low efficiency of interaction between the loading station and the unloading complex. Due to the influence of a very large number of factors on the process of thawing iron ore raw materials, which include physical and mechanical properties, duration and temperature indicators at all stages of the process of transportation and thawing iron ore raw materials, traditional research methods do not give sufficiently reliable results. This situation complicates the process of receiving and unloading iron ore raw materials, leads to significant, additional energy consumption and production losses. To study the complex,

multifactorial process of thawing iron ore raw materials, the computer modeling technology "Data mining" was used. At the first stage of the study, based on computer modeling of the process, taking into account all operating factors, the input parameter of the process of thawing iron ore raw materials was the depth of entry of the measuring rod into the frozen raw materials, and as a criterion - the mass of iron ore raw material residues in the car after unloading. Statistical data obtained on the basis of the conducted extensive production experiment were processed by the method of deep reconnaissance analysis, as a result of which the main patterns of the influence of factors on the mass of iron ore raw material residues in the car were identified and a regression model was developed. **Research methods.** When conducting scientific research, the following methods were used: analysis and synthesis to study the issue and scientific publications regarding the study of the operation of the cargo station for unloading bulk raw materials during the period of negative temperatures; experiment planning - to obtain a multidimensional data array; the "Data mining" method - to process data, obtain correlation dependencies of the operation of the cargo station and defrosting garages. **The results.** The work is devoted to solving the scientific and technical problem of studying the operation of a cargo station for unloading bulk raw materials during periods of negative temperatures. As a result of the research, the regularity of fluctuations in the duration of thawing of iron ore raw materials depending on changes in quantitative indicators of external factors and technological parameters was determined. **Scientific novelty.** The joint influence of the considered factors on the mass of iron ore raw material residues in the car after thawing and unloading was studied using the Monte Carlo method. The possibility of scientifically substantiated adjustment of the mass of iron ore raw material residues after thawing was established based on the methodological approach used. **Practical significance.** The research has established that the defrosting process is determined by three main factors: the input parameter of the raw material defrosting process - the depth of entry of the measuring rod into the frozen raw material, the technological parameter - the duration of defrosting the raw material and the output parameter – the mass of the raw material residues in the car after unloading. Therefore, by determining the patterns of change of the specified factors, it is possible to establish the duration of defrosting of iron ore raw material.

Keywords: cargo station, unloading complex, defrosting garages, iron ore raw material, defrosting duration, technological parameter, output parameter, regression model