

УДК 629.4.014.3

В. С. ВОРОПАЙ<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Кафедра «Транспортні технології підприємств», ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», адреса юридична: вул. Університетська, 7, м. Маріуполь, 87555, Україна, адреса фактичного розташування: проспект Д. Яворницького, 19, каб. 28 м. Дніпро, 49005, тел. +38 (098) 278 19 75, ел. пошта: vvoropay86@gmail.com, ORCID 0000-0001-5831-3120

## АНАЛІЗ НОРМАТИВНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ НАПІВВАГОНІВ-ХОПЕРІВ ПРИ ВИКОНАННІ «ГАРЯЧИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ» ЗА КОНТАКТНИМ ГРАФІКОМ

Стаття присвячена аналізу нормативних показників роботи напіввагонів-хоперів за часом при виконанні перевезень агломерату з аглофабрики до доменного цеху. Вперше порушені питання про нераціональність внутрішньозаводських перевезень агломерату залізничним транспортом на великі відстані. Побудовані графіки транспортно-технологічного циклу. Наведені результати розрахунків роботи рухомих складів з агломератом за нормативним та фактичним графіком їх виконання.

*Ключові слова:* вагон-хопер, транспортно-технологічний цикл, агломерат, генеральний план, металургійне підприємство, промислове підприємство, математична статистика.

### Вступ

Існують норми щодо проектування генеральних планів промислових підприємств, згідно з якими повинні дотримуватися вимоги щодо будівництва транспортних комунікацій з точки зору виконання основної функції транспорту — ефективного транспортного обслуговування цехів підприємства. Проте, будівництво металургійних підприємств України у період 1930-1980 років як і в інших країнах пострадянського простору, зазвичай проводилося чергами за кілька етапів. Насамперед будувалися кілька основних промислових цехів і починалася випускати продукція, після промислового виробництва розширювалося й нові цехи, споруди (другої і третьої черги) будувалися у розташованих поруч із існуючим виробництвом місцях. Це спричинило створення складних транспортних зв'язків між цехами та найчастіше неефективного транспортного обслуговування основних переділів. З погляду раціональності та економічності до генерального плану підприємства пред'являються високі вимоги з огляду на те, що в умовах ринкової економіки існує висока капіталомісткість сучасного промислового підприємства та значні експлуатаційні витрати на транспортування сировини, напівфабрикатів, готової продукції та енергосистеми.

Приклад комбінату з повним металургійним циклом є комбінат імені Ілліча, Азовсталь (Маріуполь, Україна), Магнітогорський металургійний комбінат (Магнітогорськ, Росія), Череповецький металургійний комбінат (Череповець,

Росія) та ряд інших. Подібні комбінати характеризуються значними обсягами випуску продукції, що сягають 5-6 млн. тонн на рік, їх транспортність становить від 4 до 12 тонн матеріальних ресурсів на тонну продукції. Транспортування близько 80% загального обсягу сировини, напівфабрикатів, готової продукції забезпечують залізничні перевезення. Міжцехові перевезення становлять понад 50% загального обсягу перевезень, зокрема до 30% у спеціальному рухомому складі.

Планувальне рішення комбінату ім. Ілліча прийнято за принципом зворотного-поточкового комбінованого типу, недоліком цього планування є складна інфраструктура залізничного транспорту. Як правило, такі питання повинні вирішуватися за рахунок заміни залізничного транспорту на конвеєрний транспорт, але сьогодні це неможливо в умовах, що склалися на комбінаті, оскільки основні виробничі цехи знаходяться на суттєвій відстані один від одного.

Косокутна послідовна схема, коли доменний цех розташований під кутом до поздовжньої осі заводу з кутовою подачею чавуну в сталеплавильний цех, а сталеплавильний цех і прокатні розташовані послідовно вздовж поздовжньої осі заводу, характеризується, з одного боку, компактністю забудови цехів згідно з загальновідомими шляхами вдосконалення підприємства, а також розташуванням двох станцій Західна та Сортувальна центрально по відношенню до заводського майданчика, включаючи колії з районних станцій Стальна та Новопркатна, що, з

іншого боку, ускладнює умови роботи горловини заводських станцій та погіршує умови транспортування колії готової продукції (суцільна крива маленького радіусу).

Як свідчать дослідження [1], зворотний напрямок проходження матеріального потоку нерациональний для заводів повного циклу.

Серйозною проблемою з погляду автора є міжцехове перевезення агломерату на комбінатах ім. Ілліча та Азовсталь через складний характер генерального плану металургійного комбінату першого, тому що аглофабрика комбінату Ілліча знаходиться на значній відстані від доменного цеху (близько 10 км) та зміни технології перевезення агломерату другого, оскільки спочатку агломерат на комбінат ім. Азовсталь поставлявся з Керчі морем, згодом було збудовано власну аглофабрику, але, за словами уряду, було демонтовано через негативний вплив на екологічну ситуацію в місті, таким чином, до нещодавнього часу, агломерат з аглофабрики комбінату ім. Ілліча йшов і на Азовсталь також відповідно до контактного графіка, все це у сукупності створювало умови для неефективного транспортного обслуговування доменних цехів, «розриву» потоковості виробничої лінії та як наслідок нетехнологічності виробництва «агломерат-чавун». Це пояснюється тим, що технологія аглодоменного виробництва передбачає цілодобове обслуговування цехів транспортом і як правило конвейерним, а у випадку із залізничним пред'являє специфічні вимоги, що передбачають: постійну наявність рухомого складу для організації навантаження сировини та відходів виробництва (повернення агломерату) безпосередньо у рухомий склад; суворо встановлену періодичність подачі та вивантаження сировини (дотримання контактного графіка) з метою створення незнижуваних запасів через малу ємність оперативних складів (бункерів); завчасне подання рухомого складу під навантаження (вивантаження) агломерату.

Аналогічна ситуація склалася на Магнітогорському металургійному комбінаті та інших, запроектованих у першій половині 20-го століття, за винятком того, що агломерат транспортується з меншою відстанню, проте при цьому все також використовується залізничний транспорт, у складі доменного цеху є рудний двір з пристроями для вивантаження вагонів із сировиною – баштовими вагоноперекидачами та розвантажувальними естакадами, подача коксу та залізрудної сировини до бункера доменних печей здійснюється залізничним транспортом на шляху бункерної естакади, у той час як на заводах,

запроектованих у другій половині 20-го століття, блок цехів на генеральному плані став називатися аглокосодоменним блоком, де на території між сировинною залізничною станцією і доменним цехом крім коксохімічного цеху стали розміщуватися аглофабрика з посередніми складами залізрудної сировини і флюсів, а застосування конвеєрного транспорту дозволило уникнути рудних дворів, довгих залізничних в'їздів на бункерну естакаду з пристроєм на ній вивантажувальних шляхів. Загалом для таких заводів прийом, складування та транспортування сировини, включаючи подачу коксу та залізрудної сировини (агломерату та добавок), вирішується сьогодні за рахунок застосування роторних вагоноперекидачів та систем конвеєрного транспорту, включаючи подачу коксу та залізрудної сировини (агломерату та добавок), вирішується сьогодні за рахунок застосування роторних вагоноперекидачів та систем конвеєрного транспорту.

Виходячи з вищесказаного, виникають питання щодо деяких видів перевезень та пов'язаних з ними маршрутів всередині підприємства, ставиться під сумнів раціональність, існуючий технічний рівень та економічність прийнятих рішень.

Крім того, найголовнішим завданням виробників чорної металургії має стояти завдання зниження собівартості металопродукції, а, відповідно, і можливості збільшення заробітних плат співробітників галузі, що безпосередньо залежить від сумарних транспортних витрат, що є однією з основних статей витрат на підприємстві.

#### **Огляд публікацій по темі дослідження**

Ефективності транспортного обслуговування металургійних підприємств присвячено низку досліджень [1], де поставлено та вирішено завдання щодо вимог до якості транспортної системи підприємства, виконано проектування транспортної системи, вирішено питання системного підвищення взаємодії виробництва та транспорту.

Планувальним рішенням металургійних комбінатів повного циклу присвячені наукові праці таких вчених як А. С. Гельмана, І. І. Костіна, В. А. Ригалова, Б. Ф. Шаульської, В. Ф. Яковлева, Ю. І. Ритова [2-6] та інших учених і фахівців; а також розроблено норми, стандарти та правила проектування заводів чорної металургії [6, 7, 8, 9].

На думку автора [10] основні шляхи для подальшого розвитку металургійного підприємства нового покоління:

а) скорочення частки внутрішньозаводських залізничних перевезень;

б) здійснення перевезення сировини всіх видів, у тому числі агломерату та коксу конвеєрним транспортом, заготівлі з цеху гарячої прокатки до цеху холодної прокатки спеціальними видами транспорту;

в) резерв території для забудови з метою подальшого розвитку підприємства;

г) використання виробничих агрегатів великої одиничної потужності;

д) розвиток безперервних транспортно-технологічних процесів.

Проте, ситуація склалася прямо протилежною, і в деяких випадках замінити вид транспорту в вже існуючому перевезенні ніяк не можна. На сьогоднішній день немає науково обґрунтованих результатів досліджень, присвячених проблемам, які утворилися на місці нераціонального розташування основних цехів металургійного підприємства, існуючі перевезення залізничним транспортом сировини, які мали бути спроектовані у вигляді конвеєрного транспорту, і досі залишаються поза увагою вчених та виробників.

### Мета та методи дослідження

Метою роботи є аналіз показників роботи напіввагонів-хоперів при виконанні перевезень за контактним графіком за часом.

З метою постановки задачі дослідження використані методи математичної статистики.

### Основна частина

До складу металургійного комбінату ім. Ілліча входять: аглофабрика, що має 12 агломашин, доменний цех у складі чотирьох доменних печей, вапняно-палювальний цех, конвертерний цех, прокатний переділ у складі листопрокатного цеху – 1700, цеху холодної прокату, листопрокат 3000, трубоелектр. Виробничі потужності комбінату дозволяють виробляти близько 3,7 млн. тонн конвертерної сталі, 12 млн. тонн агломерату, понад 4,3 млн. тонн чавуну та понад 5 млн. тонн готового прокату на рік.

Одним з основних виробництв на підприємстві є аглодоменний переділ, результат роботи якого – ливарний та передільний чавун, один із головних та затребуваних продуктів металургійних підприємств. Основною сировиною для виробництва високоякісного чавуну є агломерат. Тому одним із основних чинників для успішної

роботи підприємства є своєчасна та безперервна доставка сировини для доменного виробництва. Своєчасна подача агломерату до бункерів доменного цеху забезпечує безперервність виробничого процесу та відповідність технологічному регламенту основного виробництва.

Доставка агломерату є одним із найбільш масових вантажопотоків на підприємстві. Безперервність виробничого процесу цілодобово забезпечує робочий парк вагонів-хоперів для перевезення агломерату. За даними комбінату ім. Ілліча обсяги виробництва агломерату сягають 11,86 млн. т/рік (33,5 тис. т/добу).

Перевезення агломерату розглядатимемо як транспортно-технологічний цикл. Транспортно-технологічний цикл є виробничий процес з перевезення вантажу, коли виконуються етапи подачі рухомого складу під навантаження, транспортування та розвантаження. Транспортно-технологічний цикл перевезення агломерату складається з 3-х транспортно-технологічних процесів (далі - ТТП), у кожному з яких операції можуть проходити послідовно, паралельно, або послідовно-паралельно: обробка складу з агломератом під час та після прийому на станцію навантаження (ТТП-1); перевезення агломерату від станції «Аглофабрика» до станції «Бункер» (ТТП-2); Вивантаження (ТТП-3). Відповідно, ТТП-1 (рис. 1) включає операції з прийому на станцію, навантаження, процедуру згашування, формування складу («вертушки»), відправку з нормативним часом на їх виконання  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ .

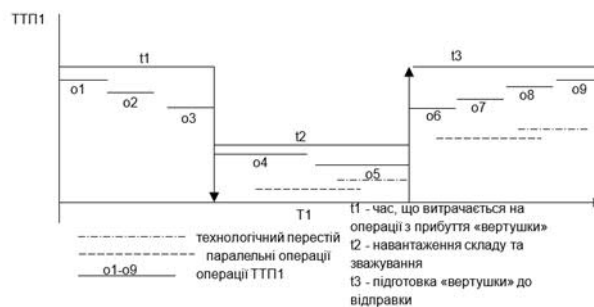


Рис. 1. Транспортно-технологічний процес роботи складу з агломератом під час та після прийому на станцію навантаження

ТТП2 складається з часу  $t_4$  перевезення агломерату від станції «Аглофабрика» до станції «Бункера» (рис. 2) і включає безпосередньо саме переміщення (о10), і, водночас, технологічні простой під час очікування, оскільки маршрут пролягає через 3 проміжні станції та «вертушка» в 50% рейсів перебуває в очікуванні перед входним світлофором станції, пропускаючи інші рухомі потяги.



Рис. 2. Транспортно-технологічний процес перевезення агломерату

ТТПЗ (рис. 3) складається з часу  $t_5$ ,  $t_6$ ,  $t_7$ .  $t_5$  включає операції з рухомих складом після прибуття на станцію Ново-Бункерна, в залежності від кількості працюючих доменних печей і, відповідно, необхідності прискорити процес подачі вагонів на бункери доменного цеху, склад подається по 12, або по 24 вагони, при цьому може використовуватися як поїзний, так і додатковий маневровий локомотив.  $t_6$  - операції з вивантаження на бункерах на станції Бункерного доменного цеху;  $t_7$  - операції з підготовки до відправки порожнього складу та відправлення, які включають операції з усунення несправностей системи розвантажувальних люків вагонів.

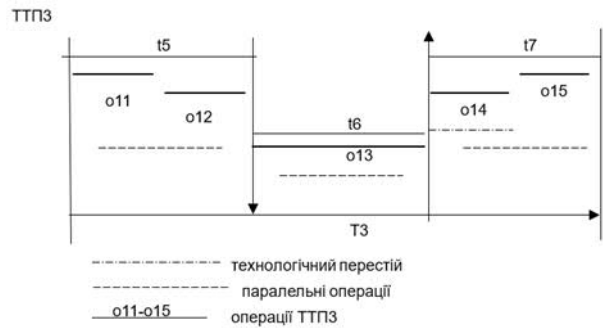
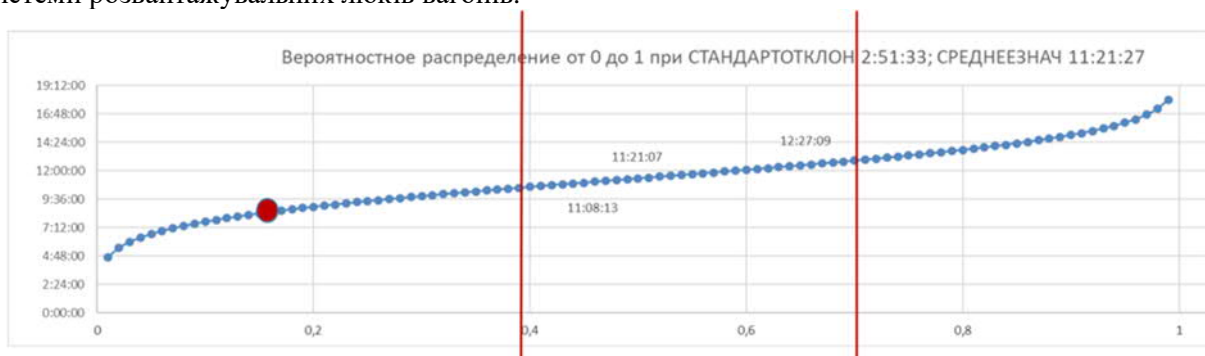


Рис. 3. Транспортно-технологічний процес роботи рухомого складу при розвантаженні

В результаті розрахували за часом транспортно-технологічний цикл перевезення агломерату, використовуючи фактичні дані по всіх операціях вибірки з 384 «вертушки» за місячний інтервал, і за допомогою програмного середовища Excel отримали: математичне очікування, дисперсію математичного очікування, стандартне відхилення, коефіцієнт варіації, дані наведено на графіку (рис. 4).



22:27:17 МАКС N=386  
 4:38:00 МІН Period = 1 month  
 2:16:22 СРОТКЛОН  
 0:20:26 ДІСП Г  
 2:51:33 СТАНДАРТ ОТКЛОН  
 11:21:27 СЕРЕДНЄ ЗНАЧ  
 25% КОЕФ ВАРІАЦІЇ

Рис. 4. Результати розрахунку транспортно-технологічного циклу перевезення агломерату за часом

На графіку вказано фактичну ймовірність часу повного циклу переміщення агломерату порівняно з існуючим за нормативним контактним графіком, затвердженим на підприємстві. При нормі о 8 годині середня фактична тривалість транспортно-технологічного циклу складе 11 годин 21 хвилину.

### Висновки

Планувальні рішення деяких металургійних підприємств, побудованих протягом двадцятого століття, створюють умови для неефективного

транспортного обслуговування з безлічі причин: розташування переділів на великих відстанях, створення дорогої залізничної інфраструктури, що є не тільки транспортним вузлом для обслуговування виробництв, але й проблемою, що пов'язана з пропускною спроможністю, високими витратами на утримання; втрата часу через простий залізничний вагон в очікуванні на коліях відстію перед формуванням (розформуванням) поїздів; відсутність резерву виробничих потужностей, які не були передбачені забудовою при плануванні розташування основних,

допоміжних цехів і які в даний момент часу неможливо створити,

Перевезення агломерату з аглофабрики до доменного цеху є прикладом невідповідності принципам логістики металургійного підприємства, таке перевезення є причиною зриву виробничого процесу у разі несвоєчасної доставки сировини до доменного цеху.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Парунакян, В. Э. Транспортное обслуживание металлургического производства : учеб. пособие / В. Э. Парунакян, А. В. Маслак. – Мариуполь: ПГТУ, 2014. – 209 с.
2. Костин, И. И. Генеральный план и транспорт промышленных предприятий: учебник для вузов / И. И. Костин, А. С. Гельман, В. Я. Ильин ; под ред. И. И. Костина, В. И. Тиверовского. – Москва : Стройиздат, 1981. – 192 с.
3. Рыгалов В. А. Генеральные планы промышленных предприятий / В. А. Рыгалов., О. П. Метляева, М. Н. Болотова. – Москва : Стройиздат, 1973. – 183 с.
4. Шаульский, Б. Ф. Проектирование генерального плана и транспорта промышленных предприятий : метод. указания / Б. Ф. Шаульский. – Москва : МГУПС (МИИТ), 2002. – 60 с.
5. Яковлев, В. Ф. Генеральный план и транспорт промышленных предприятий. Ч. 1. Основы

проектирования генеральных планов : учебное пособие / В. Ф. Яковлев, И. И. Семенов. – Санкт-Петербург, ПГУПС, 1999. – 150 с.

6. Рытов, Ю. И. Современные решения генеральных планов и транспорта металлургических заводов / Ю. И. Рытов. – Москва : Металлургиздат, 2007. – 213 с.

7. ГОСТ 21.508-93. Правила выполнения рабочей документации генеральных планов предприятий, сооружений и жилищно-гражданских объектов. – Введ. 1994–09–01. – Москва : Стандартиформ, 2008. – 35 с.

8. ГОСТ 21.204-2020. Условные графические обозначения и изображения элементов генеральных планов и сооружений транспорта. – Введ. 2021–01–01. – Москва : Стандартиформ, 2020. – 31 с.

9. СП 18.13330.2011. Генеральные планы промышленных предприятий. – Москва, 2011. – 45 с.

10. Воропай, В. С. Аналіз планувального рішення виробничих об'єктів і транспортних комунікацій металургійного комбінату / В. С. Воропай // Наука та виробництво: міжвуз. темат. зб. наук. пр. Вип. 24/ДВНЗ «ПДТУ». – Україна, Маріуполь, 2021. – 267-280. – укр.

Надійшла в редколегію 03.12.2022.

Прийнята до друку 20.12.2022.

V. VOROPAI

### ANALYSIS OF NORMAL PERFORMANCE INDICATORS OF HOPPER SEMI-WAGONS WHEN PERFORMING "HOT TRANSPORTATION" ACCORDING TO THE CONTACT SCHEDULE

**Abstract.** The article is devoted to the analysis of the normative indicators of the operation of hopper semi-wagons by time during the transportation of agglomerate from the sinter factory to the blast furnace. For the first time, questions were raised about the irrationality of intra-factory transportation of agglomerate by rail over long distances. Graphs of the transport and technological cycle are constructed. The results of calculations of the operation of mobile warehouses with agglomerate according to the normative and actual schedule of their implementation are given.

**Keywords:** hopper wagon, transport and technological cycle, agglomerate, general plan, metallurgical enterprise, industrial enterprise, mathematical statistics.