

УДК 656.4

М. М. МОРОЗ^{1*}, В. Г. ЗАГОРЯНСЬКИЙ^{2*}, Т. В. ГАЙКОВА^{3*}, І. О. СОЛОШИЧ^{4*},
О. В. ЗАГОРЯНСЬКИЙ^{5*}

^{1*} Каф. «Транспортні технології», Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Університетська, 20, м. Кременчук, Україна, 39600, тел. +38 (098) 400-71-48, ел. пошта mykolai.moroz@gmail.com, ORCID 0000-0001-6107-1230

^{2*} Каф. «Транспортні технології», Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Університетська, 20, м. Кременчук, Україна, 39600, тел. +38 (050) 874-87-48, ел. пошта zagor_vlad@ukr.net, ORCID 0000-0002-5607-7571

^{3*} Каф. «Транспортні технології», Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Університетська, 20, м. Кременчук, Україна, 39600, тел. +38 (097) 514-10-62, ел. пошта tanyahaikova@ukr.net, ORCID 0000-0002-6972-3210

^{4*} Каф. «Транспортні технології», Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Університетська, 20, м. Кременчук, Україна, 39600, тел. +38 (097) 827-62-10, ел. пошта soloishych@gmail.com, ORCID 0000-002-8842-5120

^{5*} Каф. «Транспортні технології», Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Університетська, 20, м. Кременчук, Україна, 39600, тел. +38 (050) 874-87-48, ел. пошта olehzahor@gmail.com, ORCID 0009-0002-9767-6375

УДОСКОНАЛЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ВИДІВ ВАНТАЖНОГО ТРАНСПОРТУ НА КРЕМЕНЧУЦЬКОМУ ТЕРМІНАЛІ «НІБУЛОН» ПРИ ПЕРЕВАЛЬЦІ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ

Мета. Повномасштабна військова агресія Росії проти України значно порушила логістичні ланцюги, в тому числі й ті, що забезпечували експорт зернових. Класична система перевезень на терміналах «Нібулон» зосереджена на перевалку збіжжя з автомобільного на річковий транспорт із подальшим транспортуванням до зарубіжних країн суднами типу «ріка-море». Для забезпечення відновлення повноцінної роботи зернових терміналів, після порушення роботи водного транспорту в акваторії р. Дніпро, доцільно провести дослідження щодо відвантаження зернової продукції на альтернативні види транспорту (автомобільний, залізничний). Відповідно, метою дослідження є удосконалення взаємодії видів вантажного транспорту на Кременчуцькому терміналі «Нібулон» в умовах сьогодення коли робота водного виду транспорту заблокована. Проаналізовано класичну схему роботи зернового терміналу «Нібулон». Обґрунтовано наукові методи та спосіб вдосконалення взаємодії різних видів транспорту в терміналі при перевалці зернових, запропоновано визначення оптимальної маси продукції, що передається з терміналу на магістральний транспорт. **Методи.** Виконано аналіз літературних джерел, що дозволило встановити, особливості при виконанні перевезень зернових. Використано методи теорії множин, теорії алгоритмів, теорії транспортних процесів та систем, теорії систем. Встановлено, що оптимальна маса продукції, що передається з терміналу на магістральний транспорт, залежить від середньодобової кількості вагонів, маси вагону брутто, тягових характеристик маневрового локомотиву та відстані між терміналом та сортувальною станцією магістрального транспорту. **Наукова новизна.** Науковою новизною, що отримана в результаті дослідження, якому присвячена стаття є методика визначення середньодобової кількості транспортних засобів (автомобіль, вагон, судно), що надходять на Кременчуцький термінал «Нібулон», яка залежить від середньорічного вантажообігу, що припадає на кожний вид транспорту, маси вантажу в транспортному засобі та кількості робочих днів за рік кожного виду. **Практична значимість.** Встановлені математичне сподівання оптимальної маси зернової продукції, що передається з терміналу на магістральний залізничний транспорт. В подальших дослідженнях одержані результати будуть використані в якості вихідних даних для моделювання роботи зернових терміналів, що розташовані вздовж русла р. Дніпро, а в перспективі – у напрямку чорноморських портів України.

Ключові слова: перевезення зернових, термінал, маневровий локомотив, оптимальної маси продукції, магістральний транспорт.

Вступ

ТОВ СП «Нібулон» – українська аграрна компанія яка, займається виробництвом сільськогосподарської продукції та її експортом. З

цією метою компанія створила розвинену інфраструктуру перевантажувальних терміналів та елеваторів для приймання, обробку, зберігання, відвантаження зернових і олійних культур, а для їх перевезення парк автомобільного і залізничного транспортів та вантажного флоту. Загальна

місткість елеваторних ємностей складає 2,04 млн тон.

В рамках масштабного інвестиційного проєкту, спрямованого на відродження судноплавства на річках Дніпро та Південний Буг, компанія «НІБУЛОН» збудувала 18 елеваторних комплексів та перевантажувальних терміналів у різних регіонах України. Завдяки цій ініціативі, загальна мережа компанії налічує 27 перевантажувальних терміналів і комплексів, що обладнані 445 зерносховищами силосного типу.

Термінали оснащені сучасними комплексами, що забезпечують приймання, відвантаження, сушіння, очищення зерна і його зберігання з активним вентиляванням місткістю до 8 тис. тон. Термінали мають можливість приймати сільськогосподарську продукцію різної якості з подальшим доведенням її до кондицій з гарантованим рівнем якості світового стандарту. Потужності кожного терміналу, що забезпечують технологічний процес його діяльності, складають 5 – 7,5 тис. тон/добу приймання з автотранспорту, 2 – 3 тис. тон/добу обсягів сушіння, 4 – 8 тис. тон/добу відвантаження на водний транспорт та 4 тис. тон/добу відвантаження на залізничний транспорт.

Переорієнтування вантажних потоків на водний транспорт, діяльність якого зосереджено на Дніпрі та Південному Бузі, дозволяє розвантажити автомобільні та залізничні дороги.

Рухомий склад ТОВ СП «Нібулон» нараховує біля 80 одиниць вантажного флоту самохідних та несамохідних барж з буксирами, автомобільний парк представлений тягачами Volvo, Mercedes і Scania, вагонний парк – вагонами-хоперами бункерного типу для перевезення зерна.

Мета дослідження

Метою дослідження є удосконалення взаємодії видів вантажного транспорту на Кременчуцькому терміналі «Нібулон» в умовах сьогодення коли робота водного виду транспорту заблокована. Для досягнення мети необхідно:

1. Проаналізувати роботу можливих видів транспорту, що обслуговують термінал.
2. Обґрунтувати наукові методи та спосіб переорієнтації відправки вантажопотоків з водного виду на інші види транспорту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз наукових праць свідчить, що проблемам транспортування зернових вантажів приділяли значну увагу як українські, так і зарубіжні дослідники. Вчені досліджували різні аспекти

цього питання, зокрема:

- технологічні аспекти (вибір оптимальних видів транспорту для перевезення зерна, розробка та вдосконалення технологій перевантаження зерна, забезпечення збереження якості зерна під час транспортування);

- інфраструктурні аспекти (розвиток транспортної мережі для зернових вантажів; створення сучасних терміналів для зберігання та перевалки зерна, законодавче та нормативне регулювання транспортування зернових вантажів).

Роботи [1 – 3] присвячені «класичному» варіанту експорту зернових вантажів. В ній досліджується використання експортно-орієнтованої мережі елеваторів та залізничного транспорту та розробка методики визначення районів концентрації зернових вантажів та відповідних їм вузлових залізничних станцій. Важливо зазначити, що робота орієнтована на "класичний" варіант, де зернові залізницею транспортуються до морських портів для подальшого перевезення на експорт.

Цей варіант має ряд обмежень:

1. Залежність від морських портів (експортні можливості обмежені пропускнуою здатністю портів, існують ризики, пов'язані з затримками та пошкодженням вантажів у портах).

2. Висока вартість (залізничні перевезення на значні відстані можуть бути дорогими, використання портових послуг також збільшує загальну вартість експорту).

До повномасштабної військової агресії Росії проти України експорт вантажопотоків дійсно здійснювався водним транспортом через морські порти та мережу річкових терміналів «Нібулон». Згідно з джерелом [4], через морські порти експортувалося понад 70% усього товарного експорту з нашої країни. Однак війна значно ускладнила ситуацію з експортом, морські порти України заблоковані, російський флот блокує українські порти в Чорному та Азовському морях. Це робить неможливим експорт зернових та інших вантажів традиційними маршрутами. Також інфраструктура пошкоджена, ракетні удари по транспортній інфраструктурі України руйнують дороги, мости та залізничні колії. Це ускладнює перевезення вантажів альтернативними маршрутами. В результаті експорт з України значно знизився, що негативно впливає на економіку країни.

Робота [5] присвячена аналізу роботи припортових станцій України. В ній автори виконали аналіз роботи припортових станцій України та відзначили, що станом на 2020 рік одним із основних видів вантажів, що перероблялися на

них, є зернові, які за обсягом поступалися тільки рудним вантажам [6]. Це підтверджує важливість морських портів для експорту зернових з України.

Агропромисловий комплекс України стикається з жорсткою конкуренцією з боку гірничодобувної промисловості за обсяги експортних перевезень залізницею. У травні 2023 року з 3,8 млн тонн експортованих вантажів лише 752 тис. тонн (20%) склала сільськогосподарська продукція. Конкуренція спостерігається не лише за пропускну здатність на кордоні, але й за рухомий склад для перевезення, особливо в європейських країнах, де відбувається перевантаження [7]. Незважаючи на складні умови, експорт зернових залишається критично важливим елементом української економіки. Він забезпечує значні надходження до державного бюджету.

Роботи [8 – 11] досліджує перспективи транспортування зернових вантажів на експорт із застосуванням контейнерів. В ній автори надають оцінку економічної ефективності контейнерних

перевезень у порівнянні з перевезенням зерновозами. Відзначають, що зерно є значним джерелом валютних надходжень в Україну.

Проте, зважаючи на значні обсяги перевезень, контейнерні перевезення можуть бути лише частковим рішенням проблеми експортних перевезень зернових. Залишається не вирішеною проблема обмеженої пропускної спроможності прикордонних перевантажувальних станцій та ділянок.

Для вирішення проблеми експортних перевезень зернових з України необхідно розвивати транспортну інфраструктуру, збільшувати пропускну спроможність прикордонних переходів, впроваджувати нові технології транспортування зернових. Це допоможе Україні зберегти та зміцнити свої позиції на світовому ринку зернових.

Основний матеріал дослідження

Однчасне зберігання продукції на Кременчуцькому терміналі «Нібулон» (рис. 1) (ЄДРПОУ: 36880402) складає 75 600 тон [12].



Рис. 1. Загальний вигляд Кременчуцького терміналу «Нібулон»

Класична схема роботи Кременчуцького терміналу «Нібулон», що передбачена його проектом, полягає у прийманні зернової продукції з автотранспорту (рис. 2), доведенням

її до товарної кондиції та відвантаження на водний транспорт (рис. 3).



Рис. 2. Процес приймання зернової продукції з автотранспорту



Рис. 3. Процес відвантаження на водний транспорт

При цьому обробка (прийом) автомобільного транспорту відбувається через прийомні

рампи (рис. 4), а відправка водного транспорту виконується на р. Дніпро (рис. 5).



Рис. 4. Загальний вигляд прийомних рампи автомобільного транспорту та складського обладнання



Рис. 5. Загальний вигляд причалу водного господарства терміналу

В умовах сьогодення, судноплавство на р. Дніпро не відбувається, що вносить корективи в транспортні технології взаємодіючих видів транспорту терміналів «Нібулон», які розташовані вздовж річкової акваторії. Тому відвантаження зернової продукції необхідно переорієнтувати з водного на залізничний чи автомобільний транспорт. Це вимагає додаткових технологічних розрахунків взаємодіючих видів транспорту та погодження їх суміжної роботи [13].

Середньодобова кількість транспортних засобів N_i (автомобіль, вагон, судно), що надходять на термінал, залежить від середньорічного вантажообігу, що припадає на i -ий вид транспорту Q_i , маси вантажу в транспортному засобі M_i та кількості робочих днів за рік кожного виду транспорту T_i (комерційна кількість робочих днів автомобільного і залізничного видів транспорту може бути організована за потребою без вихідних днів $T_a = T_z = D_k$, а водного виду транспорту обмежена тривалістю навігації, для Дніпровського пароплавства $T_g = 240$ діб):

$$N_i = \frac{Q_i}{M_i T_i}. \quad (1)$$

Так як на даний час робота водного транспорту по р. Дніпро призупинена, визначимо параметри транспортного процесу з використання залізничного транспорту для відвантаження продукції в Кременчуцькому терміналі «Нібулон». Оптимальна маса продукції, що передається з терміналу на магістральний транспорт визначається умовою техніко-економічної доцільності з врахуванням добових затрат пов'язаних з простоєм вагонів в очікуванні накопичення для подачі, прибирання, переміщення подач вагонів маневровим локомотивом. Маса од-

нієї партії продукції прямо пропорційна кількості вагонів в партії [14, 15]. Збільшення цієї маси призводить до збільшення кількості вагонів, що в свою чергу призводить до збільшення затрат пов'язаних з їх простоєм в очікуванні накопичення для подачі та прибирання. Зменшення цієї маси призводить до збільшення кількості відправок, що в свою чергу збільшує затрати на переміщення подач вагонів маневровим локомотивом, які залежить від тягових характеристик маневрового локомотиву та відстані між терміналом та сортувальною станцією магістрального транспорту l_m . Оптимальний режим взаємодії терміналу з магістральним транспортом досягається при мінімальних сумарних затратах, пов'язаних з організацією подач:

$$\sum Z = Z_{nd} + Z_{nb} + Z_{ml} \rightarrow \min, \quad (2)$$

де Z_{nd} – добові затрати пов'язані з простоєм вагонів в очікуванні накопичення для подачі; Z_{nb} – добові затрати пов'язані з простоєм вагонів в очікуванні накопичення для їх прибирання; Z_{ml} – добові затрати пов'язані з переміщенням вагонів маневровим локомотивом.

Для отримання екстремуму функції (2) використовуємо метод невизначених множників Лагранжа у відповідності до якого диференціюємо функцію по Q_n та прирівнюємо її до нуля. Вирішення рівняння визначає оптимальну масу продукції, що передається з терміналу на магістральний транспорт:

$$Q_n^{opt} = \sqrt{\frac{(al_m + b)m_c q_{\delta p}}{c + dl_m m_c q_{\delta p} 10^{-6}}}, \quad (3)$$

де m_c – середньодобова кількість вагонів;
 $q_{бр}$ – маса вагону бруutto, т; a, b, c, d – кое-

фіцієнти, значення яких залежать від тягових характеристик маневрового локомотиву (типу локомотиву) [16] та приведені в табл. 1.

Таблиця 1

Значення коефіцієнтів для маневрових локомотивів

Тип локомотиву	a	b	c	d
ТЕ1	0,0704	7,2867	0,0363	0,04191
ТЕМ-2	0,0653	6,6447	0,0363	0,03036
ТЕ2	0,0800	7,3509	0,0363	0,01584
2ТЕ3	0,1113	10,0794	0,0363	0,01485
ТЕ10	0,0664	9,4588	0,0363	0,01452
ВЛ23	0,0566	6,8052	0,0363	0,01320
ВЛ60	0,0574	8,8810	0,0363	0,01221



Рис. 6. Дільниця залізничного транспорту на терміналі

Висновки

За результатом виконаного дослідження взаємодії вантажних видів транспорту на Кременчуцькому терміналі «Нібулон» можна сформулювати наступні висновки:

1. Оптимальна маса продукції, що передається з терміналу на магістральний транспорт, залежить від середньодобової кількості вагонів, маси вагону бруutto, тягових характеристик маневрового локомотиву та відстані між терміналом та сортувальною станцією магістрального транспорту.

2. В умовах блокування роботи вантажного водного транспорту його функції може виконувати залізничний транспорт, дільниця якого на терміналі показана на рис. 6.

БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Аналіз логістичних ризиків перевезення вантажів зернової групи в європейські порти з використанням контейнерної технології / М. І. Березовий та ін. *Транспортні системи та технології перевезень: зб.*

наук. пр. ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна. 2020. № 20. С. 86–94

2. Мороз М., Загорянський В., Гайкова Т., Кузев І. Використання методів дослідження операцій для оптимізації автомобільних перевезень масових вантажів в агропромисловому комплексі / Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. – Випуск 1 (11). – С. 44-50.

3. Загорянський В.Г., Мороз М.М., Хорольський В.Л., Король С.О., Кузев І.О. Визначення оптимальної кількості автомобілів для збирання врожаю зернових на прикладі господарства Полтавської області / Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. ХНТУСГ. – 2019. № 18. С. 6-16.

4. Проблеми експортних перевезень залізничним транспортом України. *Національний інститут стратегічних досліджень.* URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/ekonomika/problem-eksportnykh-perevezen-zaliznychnym-transportom-ukrayiny>

5. Аналіз техніко-технологічних параметрів припортових залізничних станцій України / О. О. Чер-

нова та ін. *Транспортні системи та технології перевезень: зб. наук. пр. ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна*. 2021. № 22. С. 36–47

6. Мороз М.М. Організація перевезення гірничої маси на ПАТ Кременчуцьке кар'єроуправління Кварц / Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Випуск 2. – КрНУ, 2014 С.171–180.

7. Проблеми експорту агропродукції залізничним транспортом. *Укрінформ: мультимедійна платформа іномовлення України*. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-presshall/3516309-pro-problemi-eksportu-agroprodukcii-zaliznicnim-transportom.html>

8. Перспективи експортних перевезень зернових вантажів у контейнерах / Р. В. Вернигора та ін. *Транспортні системи і технології перевезень: зб. наук. пр. Дніпров. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна*. 2018. № 16. С. 22–30.

9. Загорянський В. Г., Мороз М. М., Гайкова Т. В., Цимбал О. В. Удосконалення методики проектування контейнерного терміналу / Вісник машинобудування та транспорту ISSN 2415-3486. - №2(18), 2023. – С. 56-62. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-18-2-56-62>.

10. Кір'янов О. Ф., Мороз М. М., Бойко Ю. О. Інформаційні технології на автомобільному транспорті: навч. посіб., Кременчуцький нац. ун-т ім. Михайла Остроградського. Харків: Друкарня Мадрид, 2015. – 270 с.

11. Мороз М. М., Труніна І. М., Мороз О. В. Оптимізація логістичної діяльності переробного підприємства / Науковий вісник Одеського національного економічного університету. - Збірник наукових праць №3-4 (280-281), 2021. – С. 63-69.

12. Кременчуцький термінал – Нібулон. URL: <https://tripoli.land/ua/elevators/nibulon-sp-tov-filiya-kremenchutska>

13. Мороз М.М. Підвищення ефективності технологічного процесу транспортного обслуговування м. Кременчук // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – № 43. – С. 103–109.

14. Управління експлуатаційною роботою і якістю перевезень на залізничному транспорті: навч. посіб. / М.І. Данько, Т.В. Бутько, О.В. Березань [та ін.]; за ред. М.І. Данька. – Х.: УкрДАЗТ, 2008. – 174 с.

15. Мироненко В.К., Габа В.В., Мацюк В.І., Петренко Л.М. Залізничні вантажні перевезення: Навчальний посібник. – Київ: ДЕТУТ, 2015. – 248 с.

16. Теорія локомотивної тяги. Тягові розрахунки для промислового залізничного транспорту: навчальний посібник / Д. В. Бобирь, М. І. Капіца, В. Н. Сердюк; за ред. М. І. Капіци; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Дніпро, 2022. – 113 с. ISBN 978-966-2394-62-7

Надійшла до редколегії 11.03.2024.

Прийнята до друку 22.05.2024.

M. MOROZ, V. ZAHORIANSKYI, T. HAIKOVA, I. SOLOSHYCH, O. ZAHORIANSKYI

IMPROVING THE INTERACTION OF THE TYPES OF TRUCK TRANSPORTATION AT THE "NIBULON" TERMINAL IN KREMENCHUTS WHEN TRANSPORTING GRAIN LOADS

Purpose. Russia's full-scale military aggression against Ukraine significantly disrupted logistics chains, including those that ensured the export of grain. The classic transportation system at “Niboulon” terminals is focused on transshipment of grain from road to river transport with subsequent transportation to foreign countries by “river-sea” vessels. To ensure the full operation of grain terminals after disruption of water transport in the water area of the Dnipro River, it is advisable to conduct a study on the shipment of grain products to alternative modes of transport (road, rail). Accordingly, the purpose of the research is to improve the interaction of types of freight transport at the Kremenchug terminal “Nibullon” in today's conditions when the work of water transport is blocked. The classic operation scheme of the "Nibulon" grain terminal was analyzed. Scientific methods and a method of improving the interaction of different types of transport in the terminal during grain transshipment are substantiated, the determination of the optimal mass of products transferred from the terminal to the main transport is proposed. **Methods.** An analysis of literary sources was carried out, which made it possible to establish the peculiarities of grain transportation. Methods of set theory, theory of algorithms, theory of transport processes and systems, theory of systems are used. It was established that the optimal mass of products transferred from the terminal to the main transport depends on the average daily number of cars, the gross weight of the car, the traction characteristics of the shunting locomotive and the distance between the terminal and the sorting station of the main transport. **Scientific novelty.** The scientific novelty obtained as a result of the research to which the article is devoted is the method of determining the average daily number of vehicles (cars, wagons, ships) arriving at the Kremenchug terminal "Nibulon", which depends on the average annual cargo turnover for each mode of transport, the weight of the cargo in the vehicle and the number of working days per year of each type. **Practical significance.** The mathematical expectation of the optimal mass of grain products transferred from the terminal to the main railway transport is established. In further research, the obtained results will be used as initial data for modeling the operation of grain terminals located along the Dnipro riverbed, and in the future - in the direction of the Black Sea ports of Ukraine.

Keywords: grain transportation, terminal, shunting locomotive, optimal mass of products, highway transport.