

УДК 656.025.4

Ю. Л. ХОМЕНКО^{1*}, А. М. ОКОРОКОВ^{2*}

^{1*} Каф. «Транспортні системи та логістика», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373-15-70, ел. пошта yurkahom@gmail.com, ORCID 0009-0003-2386-0062

^{2*} Каф. «Транспортні системи та логістика», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373-15-70, ел. пошта a.m.okorokov@ust.edu.ua, ORCID 0000-0002-3111-5519

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПОРТНИХ ВАНТАЖОПОТОКІВ ЗЕРНОВИХ З УКРАЇНИ

Мета. Після початку повномасштабної військової агресії російської федерації проти нашої країни порушилася більшість логістичних ланцюгів, в тому числі із забезпечення експорту зернових. Поточна система перевезень зосереджена на перевезенні збіжжя до західних кордонів із подальшим перевантаженням до вагонів європейської колії, що є складним та дорогим варіантом. Для забезпечення відновлення повноцінного експорту зернових доцільно провести дослідження щодо витоків та обсягів переміщення зернових, шляхів перевезення та альтернативних варіантів. Відповідно, метою дослідження є визначення основних пунктів зародження та погашення вантажопотоків зернових експортного сполучення в Україні та встановлення напрямку вдосконалення транспортно-технологічних ліній експорту зернових з України у глобальних ланцюгах постачання. Проаналізовано обсяги зародження вантажопотоків по залізничних станціях України. Обґрунтовано наукові методи та спосіб вдосконалення транспортно-технологічних ліній експорту зернових. **Методи.** Виконано аналіз літературних джерел, що дозволило встановити, що портовий напрямок є основним при виконанні перевезень зернових. Проаналізовано особливості формування вантажопотоків зернових експортного спрямування. Використано методи математичної статистики, теорії імовірності, теорії множин, теорії алгоритмів, теорії транспортних процесів та систем, теорії систем. Встановлено, що розподіл обсягів зародження зернових вантажопотоків по залізничних станціях відправлення у 2021 / 2022 маркетинговому році у більшості підпорядкований несиметричним законам розподілу. Найменше відхилення спостерігається при апроксимаціях Коші та Гама-розподілом. Виконано статистичний аналіз вагонопотоків із зерновими вантажами, що дозволило отримати наступні результати: математичне сподівання становить 55,8 вагона, стандартне відхилення 58,0 вагона, коефіцієнт варіації 1,04. **Наукова новизна.** Науковою новизною, що отримана в результаті дослідження, якому присвячена стаття є одержана апроксимована щільність розподілу обсягів зародження зернових вантажопотоків по залізничних станціях відправлення (на прикладі 2021 / 2022 маркетингового року). **Практична значимість.** Встановлені математичне сподівання та рівень кореляції зародження зернових вантажопотоків по залізничних станціях відправлення (на прикладі 2021 / 2022 маркетингового року). В подальших дослідженнях одержані результати будуть використані в якості вихідних даних для моделювання роботи системи транспортування зернових вантажів у напрямку західних кордонів, а в перспективі – у напрямку чорноморських портів України.

Ключові слова: перевезення зернових, пункти зародження вантажопотоків, транспортно-технологічні лінії, щільність розподілу обсягів відправки зернових.

Вступ

Підвищення ефективності та оптимізація параметрів транспортної системи України залишається першочерговим завданням в умовах зростання виробництва в аграрному та продовольчому секторах української економіки. Виробництво в українському аграрному секторі протягом останніх двох десятиріч зростає і наразі становить значну частку в загальному товарному обсязі та зовнішньоекономічному обігу.

Отже, за підсумками 2021 календарного року спостерігався найбільший в історії України обсяг експорту пшениці та макаронних виробів більше 20 млн тонн. Обсяг заморожених ягід (та інших фруктів) становив близько 76 тис. тонн.

Враховуючи останні події, пов'язані з агресією РФ проти України та окупацією південних регіонів, блокуванням морських торговельних портів, економіка України стикається з труднощами у функціонуванні транспортної системи, реалізації зовнішньоекономічних зв'язків. Особливої складності набувають глобальні процеси постачання виробленої в країні сільськогосподарської продукції на експорт. Світова спільнота вже стикнулася із погіршенням ситуації, пов'язаною з продовольчою кризою в країнах Африки та Азії. Тому на сьогодні й існує науково-прикладна проблема оптимізації параметрів національної транспортної системи з метою забезпечення сталого експортного потенціалу

українського аграрно-промислового комплексу. Отже першочерговим науковим завданням є дослідження кореспонденції вантажопотоків зернових з України у глобальних ланцюгах постачання.

Мета дослідження

Метою дослідження є визначення основних пунктів зародження та погашення вантажопотоків зернових експортного сполучення в Україні та встановлення напрямку вдосконалення транспортно-технологічних ліній експорту зернових з України у глобальних ланцюгах постачання. Для досягнення мети необхідно:

1. Проаналізувати обсяги зародження вантажопотоків по залізничних станціях України.
2. Обґрунтувати наукові методи та спосіб вдосконалення транспортно-технологічних ліній експорту зернових.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Огляд літературних джерел показав, що питаннями організації транспортування зернових вантажів займалися як вітчизняні, так і закордонні дослідники. Вони досліджували різні аспекти цього питання, як технологічну, так і інфраструктурну складову.

Так робота [1] присвячена «класичному» варіанту експорту зернових вантажів з використанням експортно-орієнтованої мережі елеваторів та залізничного транспорту. Використовуючи сучасний математичний апарат в роботі була розроблена методика визначення районів концентрації зернових вантажів та відповідних ним вузлових залізничних станцій. Проте, як вже зазначалося, стаття орієнтується на «класичний» варіант, де зернові залізницею спрямовуються до морських портів з метою подальшого перевезення на експорт.

До початку повномасштабної військової агресії проти нашої країни, експорт вантажопотоків здійснювався здебільшого саме через морські порти. Відповідно [2], до широкомасштабного вторгнення РФ в Україну через морські порти здійснювалося понад 70 % усього товарного експорту з нашої країни.

Це також зазначено у роботі [3], де авторами виконано аналіз роботи припортових станцій України, та відмічено, що станом на 2020 рік одним із основних видів вантажів, що перероблялися на них, є зернові, які поступалися за обсягом тільки рудним вантажам.

Наразі агрокомплекс змушений конкурувати з гірничодобувною промисловістю за обсяги

експортних перевезень залізницею. У травні з 3,8 млн тонн експортованих вантажів сільгосп-продукції було лише 752 тис. тонн, або 20%. Також відзначено, що конкуренція відбувається не лише за пропускну здатність на кордоні, а й за рухомий склад для перевезення, зокрема, в європейських країнах, де відбувається перевантаження [4]. Це доводить, що експорт зернових, навіть в умовах військової агресії, є критичним елементом української економіки, що забезпечує значні надходження до державного бюджету.

У роботі [5] автори дослідили перспективи транспортування зернових вантажів на експорт із застосуванням контейнерів, було надано оцінку економічної ефективності такого варіанту у порівнянні із перевезенням залізничним транспортом у зерновозах. Там же зазначено, що зерно є значним джерелом валютних надходжень в Україну: частка зернових у загальному обсязі експорту за 10 років зросла з 3,5% (1,35 млрд. USD) у сезоні 2007/2008 до 16,5% (6,4 млрд. USD) у сезоні 2017/2018, поступаючись наразі тільки експорту чорних металів (19,9%). Проте, зважаючи на значні обсяги перевезень, така технологія може бути лише частковим рішенням проблеми експортних перевезень зернових. Крім того залишається не вирішеною проблема обмеженої пропускну спроможності прикордонних перевантажувальних станцій та ділянок.

Основний матеріал дослідження

Згідно з даними на травень 2022 року [6], загальний обсяг зовнішньої торгівлі пшеницею в 2021/22 році становить 19,99 млн тонн, що на 3,5 млн тонн менше, ніж у попередньому сезоні. При цьому за останні 10 років (тобто з МР 2011/12) показник зріс на 6,38 млн тонн (+47%).

Відповідно до офіційних статистичних даних [7], рейтинг найбільших країн-експортерів пшениці у 2021/22 МР виглядає наступним чином (рис. 1).

Україна входить в п'ятірку найбільших експортерів зерна пшениці, небагато поступаючи США. Основними експортерами зернових та бобових з України на початок 2022 року є країни Азії, Тихоокеансько-Азіатського регіону, Африки, Близького сходу (рис. 2) [8].

Слід зазначити, що всі експортери знаходяться на значній відстані від України, що ще раз підтверджує важливе місце України у глобальному ринку виробництва та постачання зерна пшениці.

У табл. 1 наведено детальну статистику структури українського експорту зернових, бобових

та борошна за 2022/2023 та 2021/2022 маркетингові роки [9]. Більшу частка припадає на зерно кукурудзи та пшениці. Разом з тим достатньо експортується зерна ячменя та жита.

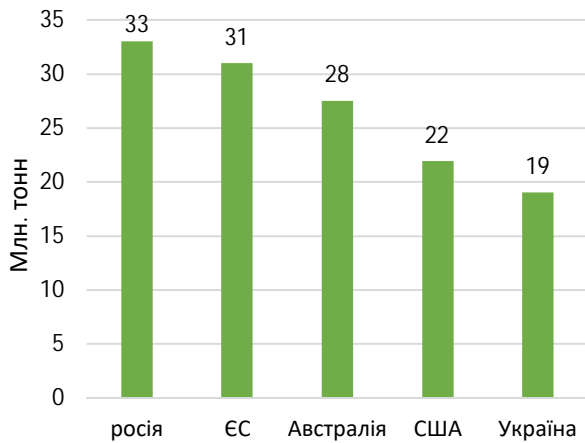


Рис. 1. Рейтинг експортерів зерна пшениці за 2021/22 маркетинговий рік, млн. т

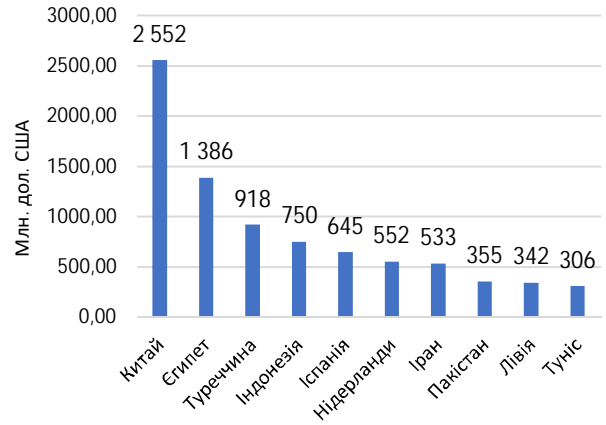


Рис. 2. Рейтинг імпортерів продукції зернових та зернобобових України за 2021/22 маркетинговий рік, млн. дол. США

Урожай зернових та зернобобових культур у різних регіонах України на 1 грудня 2021 року наведено на рис. 3 [10].

Таблиця 1

Структура виробництва та постачання основних зернових та бобових культур в Україні за 2021/2022 та 2022/2023 маркетингові роки

Товарна група	2022/2023 МР		2021/2022 МР	
	Всього	в тому числі: у січні 2023	Всього	в тому числі: у січні 2022
Зернові та зернобобові, всього	22761	15	33198	725
пшениця	8411	0	16102	200
ячмінь	1626	0	5196	0
жито	12,5	0	121,5	0,2
кукурудза	12639	15	11536	522
Борошно пшеничне, тис. тонн	65,6	0	58,6	0,1
Борошно інше, тис. тонн	3,4	0	0,9	0
Борошно разом, тис. тонн у перерахунку на зерно, тис. тонн	69	0	59,5	0,1
Експорт разом (зерно + борошно)	22853	15	33278	726

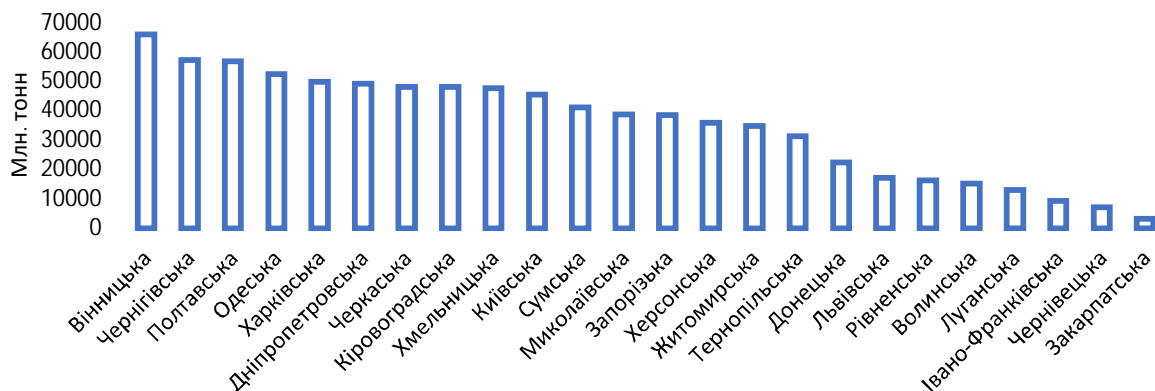


Рис. 3. Рейтинг виробників зернових та бобових за регіонами України за маркетинговий рік 2021/22 (млн тонн)

Аналіз обсягів експорту зернових та бобових українською залізницею показав, що найбільші обсяги на початку 2022 року були на Південно-Західній та Південній залізницях (рис. 4) [10].

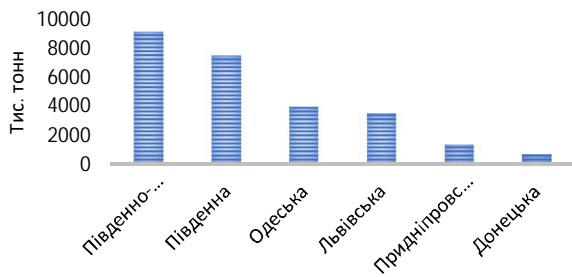


Рис. 4. Рейтинг регіональних філій АТ «Укрзалізниця» за обсягом експорту зернових та бобових у 2021 році (в тис. тонн)

Також існує значна неоднорідність у класифікації зерна за розміром розподілу (автомобілі), що здебільшого пов'язано з впливом місцевих умов щодо походження зернових вантажопотоків та доступності транспорту зерна агротрейдерами. Стан залізничної інфраструктури такий, що кількість залізничних станцій, відкритих для місцевого вантажного транспорту, різко скоротилася (рис. 5) [10].

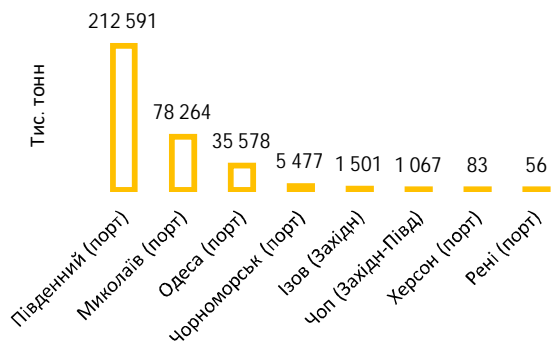


Рис. 5. Рейтинг пунктів пропуску міждержавного кордону за річним обсягом перевезень вантажівками, по станціях мережі, 2021 рік.

Враховуючи те, що умови маршруту від кожного джерела вантажопотоку до морських торгових портів однакові (усі порти розташовані в південно-західній частині України), відповідне співвідношення вантажопотоку виглядає наступним чином (рис. 6).

Станом на кінець 2021 року загальний обсяг експортованих вантажів становить близько 28,414 млн тонн без урахування разових автомобільних перевезень у міжнародних перевезеннях.

Водночас після початку агресії з боку РФ, окупації частини Херсонської області та постійних обстрілів Миколаївського торговельного порту могли бути використані практично лише порти «Великої Одеси»: Одеса, Чорний Морє, Південне море та інші південно-західні порти, такі як Рейні.

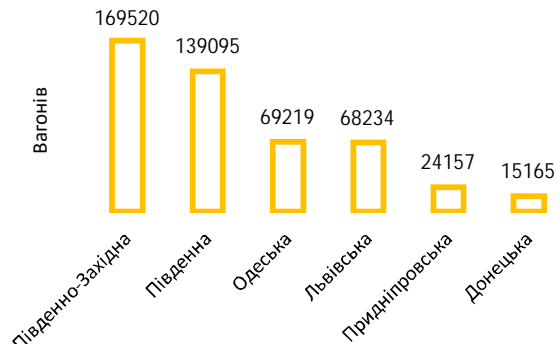


Рис. 6. Рейтинг регіональних філій АТ «Укрзалізниця» за обсягом експорту зернових та бобових культур у 2021 році (тис. тонн)

Крім того, також розглядався варіант збільшення обсягів наземного транспорту в напрямку наземних прикордонних переходів, таких як Ягодин, Мостиська, Чоп та ін. Таким чином обсяг вантажів у напрямку Миколаєва та Херсона має бути переправлений на інші пункти пропуску. Тому решта вантажу відправлялась через сухопутний коридор Ягодин (залізнична станція Ізов).

При аналізі вантажопотоків ключовим є встановлення нерівномірності їх формування, щільності розподілу та інших параметрів стохастичного процесу. При аналізі середньо-місячних обсягів відправки вагонів із зерновими на експорт за даними 2021 / 2022 маркетингового року встановлено, що щільність розподілу показника найщільніше апроксимується експонентним розподілом та іншими, «несиметричними» розподілами (таблиця 2, рис. 7).

Таким чином, подальше наукове завдання зводиться до пошуку найкращої відповідності вантажопотоку до ефективності організації перевізної роботи, де критерієм оптимальності можуть бути мінімальні загальні техніко-експлуатаційні витрати. Для вирішення поставлених завдань у наступних дослідженнях необхідно:

1. Створення оптимізаційної моделі на основі мінімальної сумарної вартості логістики поставання зерна від відправлення до прикордонного порту (порту, сухопутного порту).

2. Встановити оптимальне значення повної логістичної вартості.

Масиви даних апроксимації теоретичними законами розподілу щільності розподілу середньо-місячних обсягів відправки вагонів із зерновими на експорт за даними 2021 / 2022 маркетингового року

Порядок	Сер значення інтервалу	Фактичні частоти	Інтегральна фактичних частот	Інтегральна фактичних частот (відсоток)	Експоненційний розподіл	Ерланга розподіл	Гамма розподіл	Вейбула розподіл	Копі розподіл
1	10,0	2198	2198	19%	3540,1	3540,1	3285,8	3399,2	1784,3
2	30,0	4531	6729	57%	2473,5	2473,5	2702,8	2496,7	3462,0
3	50,0	1787	8516	72%	1728,3	1728,3	1944,0	1781,0	1968,0
4	70,0	1129	9645	82%	1207,6	1207,6	1343,6	1256,3	820,8
5	90,0	557	10202	86%	843,7	843,7	910,8	880,4	413,3
6	110,0	373	10575	90%	589,5	589,5	610,3	614,1	243,2
7	130,0	322	10897	92%	411,9	411,9	405,8	426,9	158,9
8	150,0	173	11070	94%	287,8	287,8	268,4	295,9	111,5
9	170,0	189	11259	95%	201,1	201,1	176,8	204,6	82,4
10	190,0	126	11385	96%	140,5	140,5	116,0	141,2	63,3
11	210,0	82	11467	97%	98,2	98,2	76,0	97,3	50,2
12	230,0	73	11540	98%	68,6	68,6	49,7	66,9	40,7
13	250,0	54	11594	98%	47,9	47,9	32,4	46,0	33,7
14	270,0	55	11649	99%	33,5	33,5	21,1	31,5	28,3
15	290,0	40	11689	99%	23,4	23,4	13,7	21,6	24,1
16	310,0	35	11724	99%	16,3	16,3	8,9	14,8	20,8
17	330,0	16	11740	99%	11,4	11,4	5,8	10,1	18,1
18	350,0	24	11764	100%	8,0	8,0	3,8	6,9	15,9
19	370,0	18	11782	100%	5,6	5,6	2,4	4,7	14,1
20	390,0	17	11799	100%	3,9	3,9	1,6	3,2	12,6
21	410,0	7	11806	100%	2,7	2,7	1,0	2,2	11,3
22	430,0	7	11813	100%	1,9	1,9	0,7	1,5	10,2
$\chi^2 =$					2648,7	2648,7	2606,0	2626,2	1191,7
Параметри законів розподілу					-	Параметр Ерланга $k = 0$	Параметр форми 1,228	Параметр a 1,035	Параметр центру a 31,066
					-	-	Параметр масштабу 44,823	Параметр b 57,457	Параметр масштабу c 21,670

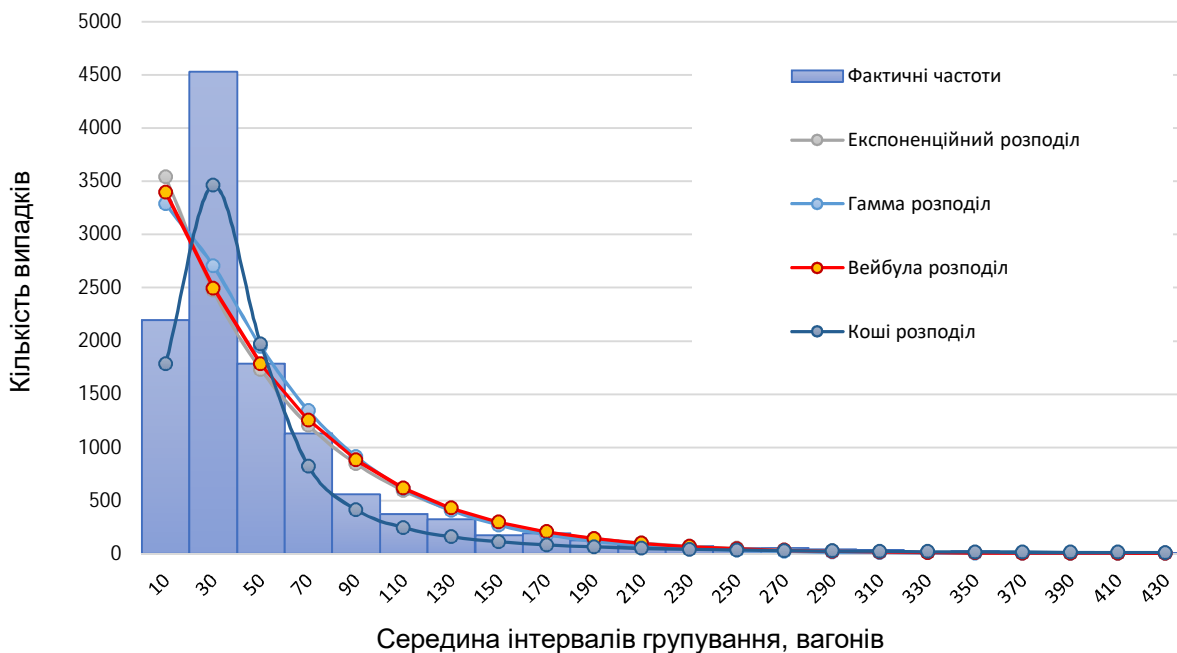


Рис. 7. Графіки апроксимації теоретичними законами розподілу щільності розподілу середньо-місячних обсягів відправки вагонів із зерновими на експорт за даними 2021/2022 маркетингового року

Висновки

За результатом виконаного дослідження експортних вантажопотоків зернових з України можна сформулювати наступні висновки:

1. Розподіл обсягів зародження зернових вантажопотоків по залізничних станціях відправлення у 2021 / 2022 маркетингового році у більшості підпорядкований несиметричним законам розподілу. Найменше відхилення спостерігається при апроксимаціях Коші та Гама-розподілом. При чому математичне сподівання становить 55,8 вагонів, стандартне відхилення 58,0 вагонів, коефіцієнт варіації 1,04.

2. В сучасних умовах нестабільності глобальних маршрутів постачання зернових з України на світові ринки залишається актуальним розробка нових транспортно-технологічних ліній перевезення зернових. Отже подальше наукове завдання зводиться до пошуку найкращої відповідності вантажопотоку до ефективності організації перевізної роботи, де критерієм оптимальності можуть бути мінімальні загальні техніко-експлуатаційні витрати.

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

3. Аналіз техніко-технологічних параметрів припортових залізничних станцій України / О. О. Чернова та ін. *Транспортні системи та технології перевезень: зб. наук. пр. ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна.* 2021. № 22. С. 36–47

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

5. 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.

6. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE: official web site. URL: <https://www.usda.gov/>

7. Названо ТОП-10 найбільших імпортерів українського зерна за минулий рік. *Latifundist.com – головний сайт про агробізнес.* URL: <https://latifundist.com/novosti/58224-nazvano-top-10-najbilshih-importeriv-ukrayinskogo-zerna-za-minulij-rik>

8. 2021 року Китай посилив свої позиції лідера топ-10 імпортерів українського збіжжя – Богдан Духницький. *Національний науковий центр «Інститут аграрної економіки».* URL: <http://www.iae.org.ua/presscenter/archnews/3319-2021-roku-kytay-posylyv-svoiyi-pozytstiyi-lidera-top-10-importeriv-ukrayinskoho-zbizhzhya-bohdan-dukhnitskiy.html>

9. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Експорт з України зернових, зернобобових (з продуктами їх переробки) та борошна 2022/2023 МР, тис. тонн станом на 04.01.2023. *Міністерство аграрної політики та продовольства України*. URL: <https://minagro.gov.ua/investoram/monitoring-stanu-apk/eksport-z-ukrayini-zernovih-zernobobovih-ta-boroshna>

10. *Державна служба статистики: офіційний сайт*. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>

Надійшла до редколегії 26.10.2023.
Прийнята до друку 06.11.2023.

Yu. KHOMENKO, A. OKOROKOV

STUDY OF EXPORT FREIGHT FLOWS OF GRAIN FROM UKRAINE

Purpose. After the beginning of the full-scale military aggression of the Russian Federation against our country, most of the logistics chains, including those related to ensuring the export of grain, were disrupted. The current system of transportation is focused on the transportation of grain to the western borders with further transshipment to wagons of the European track, which is a difficult and expensive option. In order to ensure the restoration of full-fledged grain export, it is advisable to conduct research on the origins and volume of grain movement, transportation routes and alternative options. Accordingly, the purpose of the study is to determine the main points of origin and repayment of cargo flows of grain export connections in Ukraine and to determine the direction of improvement of transport and technological lines of grain export from Ukraine in global supply chains. The volumes of cargo flow generation at the railway stations of Ukraine were analyzed. The scientific methods and methods of improving the transport and technological lines of grain export are substantiated. **Methods.** An analysis of literary sources was carried out, which made it possible to establish that the port direction is the main one for grain transportation. The peculiarity of the formation of export grain cargo flows is analyzed. Methods of mathematical statistics, probability theory, theory of sets, theory of algorithms, theory of transport processes and systems, theory of systems are used. It has been established that the distribution of the volumes of seed cargo flows by railway stations of departure in the 2021 / 2022 marketing year is mostly subject to asymmetric distribution laws. The smallest deviation is observed with Cauchy and Gamma distribution approximations. A statistical analysis of wagon flows with grain loads was performed, which allowed us to obtain the following results: the mathematical expectation is 55.8 wagons, the standard deviation is 58.0 wagons, the coefficient of variation is 1.04. **Scientific novelty.** The scientific novelty obtained as a result of the research to which the article is devoted is the obtained approximate density of the distribution of the volumes of grain cargo flows at the railway stations of departure (on the example of the 2021 / 2022 marketing year). **Practical significance.** The mathematical expectation and level of correlation of the origin of grain cargo flows at the railway stations of departure are established (on the example of the 2021 / 2022 marketing year). In further studies, the obtained results will be used as initial data for modeling the operation of the grain cargo transportation system in the direction of the western borders, and in the future - in the direction of the Black Sea ports of Ukraine.

Keywords: transportation of grain, points of origin of cargo flows, transport and technological lines, density of distribution of volumes of grain shipment.