О.В. Павленко¹, В.М. Нефьодов¹, Д.О. Великодний²¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна²Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна

ПОБУДОВА ЛОГІСТИКИ ПОСТАВКИ КОНСОЛІДОВАНИХ ВАНТАЖІВ З УКРАЇНИ В ЄВРОПУ

У статті запропоновано підхід по побудові логістики поставки консолідованих вантажів з України в Європу з урахуванням впливу параметрів: об'єм відправлення вантажу, кількість відправників вантажу (одержувачів вантажу), відстань перевезення вантажу у міжнародному сполученні, відстані між відправниками (одержувачами) вантажу за визначеним оціночним показником – сумарні витрати. Розроблено план експерименту за чотирма параметрами впливу, визначені значення критерію вибору та побудована регресійна модель степеневого типу.

Ключові слова: логістика поставки, консолідація, вантаж, логістичний канал, регресія.

Постановка проблеми

Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року визначає пріоритетні напрями покращення якості надання транспортних послуг, передбачає наближення рівня їх надання та розвитку інфраструктури до європейських стандартів, підвищення рівня безпеки та зменшення негативного впливу на довкілля, реагує на необхідність покращення системи управління, проведення адміністративної реформи та децентралізації завдань і функцій центральних органів виконавчої влади, запровадження антикорупційної політики, корпоративного управління у державному секторі економіки [1]. Логістика поставки у світі розглядається як складна система, на яку впливають ефекти глобалізації, інтеграція різних видів транспорту, географічно розподілені операції і розширені бізнес-моделі [2]. Транспортна політика Європейського Союзу (ЄС) особливо увагу приділяє обмеженню негативного впливу вантажних перевезень на навколишнє середовище в містах [3]. План сталого розвитку ЄС, визначає п'ять областей діяльності сфері логістики постачань: зниження інтенсивності транспорту і викидів, скорочення землекористування, вибір перевізника з урахуванням стійких аспектів, постійне поліпшення умов праці і підвищення кваліфікації [4]. На дуже вимогливому ринку Європи запит на своєчасну доставку вантажу, ефективність транспортування є критичною проблемою. Здатність виявляти та усувати всі можливі перешкоди і ризики в реальному часі стає основною компетенцією для компаній, які займаються логістикою постачань [5, 6].

В теперішній час Україна займається розширенням зовнішньої торгівлі з Європейськими країнами. Так в період всього 2019 року обсяг зовніш-

ньої торгівлі з десятима країнами Європи збільшився на 2,3 % у порівнянні з аналогічним періодом минулого року (табл.1) [7]. Найбільше експортується товарів у Польщу – обсяг склав більше 3,29 млрд. дол. США. При цьому за товарними позиціями саме консолідовані вантажі мають значний приріст за відповідний період [7].

Таблиця 1.

Обсяг експорту з України до десяти Європейських країн за 2019 рік

Назва країни	Обсяг експорту	
	у тисячах доларів США	у відсотках до попереднього періоду року
Польща	3295846,6	101,2
Італія	2418875,4	92,0
Німеччина	2383003,1	107,9
Нідерланди	1848424,7	115,3
Угорщина	1562809,4	94,9
Іспанія	1500801,3	109,6
Чехія	920901,6	104,9
Словаччина	709620,1	82,1
Бельгія	680704,4	112,8

При побудові логістики поставки консолідованих вантажів виникають проблеми щодо руху матеріального потоку, інформаційного, фінансово-технологічного потоків. Цю проблематику посилює ще й специфіка митних процедур в Україні [8], розміщення відправників, термінальних комплексів та одержувачів вантажів [9, 10], зони відповідальності, раціональне розміщення вантажу в кузові автомобіля, ефективне планування маршруту, підготовка документів на кожну партію вантажу та інформаційний супровід процесу поставки [11]. Тому для

налагодження ефективної взаємодії всіх учасників логістики поставки консолідованих вантажів та зниження витрат на доставку товарів з України в країни Європи необхідно врахувати «СМАРТ» рішення, тенденції щодо збільшення попиту на дані послуги, ризикові складові, рівні відмов, паралельність та асинхронність взаємодії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для більшості логістичних компаній в Європейському Союзі основною проблемою є забезпечення безперервного потоку товарів клієнтам в потрібний час. Виробництво і комерція стають все більш індивідуалізованими, поряд зі збільшенням обсягу товарів, що поставляються меншими партіями, і потребами клієнтів, які в даний час стають все більш вимогливими [12]. Багато країн Європи ввели нові правила щодо екологічно чистої та інтелектуальної логістики, які стали індивідуальними для міст та територій і стали фактором, що впливає на транспорт в цілому [13]. Сучасне життя ніколи не настільки стикалося з проблемами забруднення, заторів та безлічі екологічних проблем, на які негативно впливає сектор логістики та транспорту [14]. Тільки автомобільні перевезення відповідають за понад 20% загальних викидів вуглецю. Логістичні компанії спільноти повинні впроваджувати різні рішення і інноваційні ідеї для поліпшення транспорту, ланцюги поставок і ефективності розподілу потоків вантажу [15].

Ефективне відстеження поставок має вирішальне значення для управління глобальною торгівлею і логістикою [16]. Щоб впоратися зі зростаючою складністю вимог клієнтів, організація і управління логістикою поставок постійно рухаються до співпраці, інтелектуальності і сервіс-орієнтованості [17, 18]. Багато логістичних компаній в більшості країн світу зробили процес стеження обов'язковою процедурою в ланцюгу поставок [19]. А управління потоками представляється складним завданням для учасників мультимодального транспортного ланцюга. Вона є основною рушійною силою в логістиці поставок. Що доводиться пропозицією інтелектуальної системи стеження за просуванням будь-яких товарів у контейнерах в контексті мультимодальних перевезень [20].

В Україні на 2019 рік працює більше чотирьох тисяч перевізників, більшість з них співпрацює з логістичними операторами, які здійснюють організацію доставки консолідованих вантажів [21]. Аналіз роботи логістичних провайдерів «CAT LC Ukraine» [22] та «Raben Ukraine» [23], які входять до великих логістичних міжнародних компаній Європи та світу, виявив ряд проблем в організації консолідації: великі терміни доставки, неоптимальні обсяги відправлення, несвоєчасність підготовки вантажу до

відповідних операцій, труднощі в плануванні перевезень, необхідність в оформленні великої кількості документів.

Таким чином, в наукових роботах українських та закордонних вчених було визначено, що добре розвинений ринок логістичних послуг з відповідними операторами та відповідною інфраструктурою, дозволить ефективно впроваджувати технологію доставки консолідованих вантажів у міжнародному сполученні для зменшення витрат всіх учасників цього процесу. Тому потрібно вибрати методичний підхід щодо побудови ефективної логістики поставки консолідованих вантажів з України в Європу.

Формулювання мети статті

Метою даної роботи є розробка раціональної логістики поставки консолідованих вантажів з України в Європу за мінімальними витратами. Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити задачі:

- розробка структурної моделі процесу взаємодії учасників логістики поставки вантажу;
- провести експериментальні дослідження по визначенню раціональної логістики поставки консолідованих вантажів;
- проаналізувати результати дослідження та розробити прогностичні моделі.

Виклад основного матеріалу

В сучасних умовах система доставки представляє собою логістичну систему – організаційно-господарським механізмом управління матеріальними та інформаційними потоками. Вона включає матеріальні засоби, що забезпечують рух товарів по логістичному ланцюгу (склади, навантажувально-розвантажувальні механізми, транспортні засоби), виробничі запаси та засоби управління усіма ланками ланцюга.

Основні переваги, характерні для доставки консолідованих вантажів – це економічність і зручність перевезень в такому форматі. Істотна економія досягається за рахунок ефективного використання вантажного простору. У цьому випадку досить доступними можуть бути навіть авіаперевезення, які в цілому відрізняються високою ціною. Транспортно-логістична компанія має можливість економити на доставці даних вантажів, оскільки, відправляючи всього лише одну машину у певну точку, вона виконує відразу кілька замовлень на вантажоперевезення. Це знижує транспортні витрати, а значить і вартість послуг перевезення вантажу, збільшує кількість клієнтів і їх лояльність до компанії [24].

Формування сукупності альтернативних логістичних схем поставки для проектування раціональної її побудови залежить від параметрів потоку замовлень та умов, які висуває замовник.

Запропонуємо схему взаємодії учасників процесу поставки консолідованих вантажів у міжнародному сполученні, яка складається з двох частин (рис. 1).

Рис. 1. Структурна модель процесу взаємодії учасників логістики поставки консолідованого вантажу

На рис. 1 розглядається перший напрямок взаємодії (стрілочка з суцільною лінією): «Відправники вантажу – Термінал країни відправлення – Одержувачі вантажу» – «Логістичний канал-1», а другий напрямок взаємодії (стрілочка з переривчастою лінією): напрямком взаємодії: «Міжнародна транспортна компанія – Відправники вантажу – Термінал країни призначення – Одержувачі вантажу» – «Логістичний канал-2».

Для налагодження ефективної взаємодії всіх учасників логістики поставки консолідованих вантажів з України в країни Європи пропонується визначити таку комбінацію параметрів впливу, при яких запропонований критерій – сумарні витрати – будуть мінімальні. На кожному етапі виконання операцій технологічного процесу поставки вантажів у міжнародному сполученні виконується багато технологічних операцій [25]. Пропонується згрупувати складові операції кожного логістичного каналу (рис.1) у відповідні елементи [26]:

1) подача автомобіля (ТЗ) до місця навантаження (вантажовідправник, термінал (відправлення або призначення);

2) навантаження вантажу у вантажовідправника (ВВ);

3) перевезення від вантажовідправників до терміналу призначення, а також між ВВ;

4) операції на терміналі (розвантаження, зберігання, формування вантажної одиниці (збірної відправки), розформування, навантаження);

5) перевезення в межах України (від ВВ (від складу) до митниці на території України);

6) митні процедури на кордоні (в митниці відправлення та призначення);

7) перевезення в міжнародному сполученні (від митного кордону до вантажоодержувачів, від терміналу призначення до вантажоодержувача (ВВ));

8) перевезення між вантажоодержувачами та розвантаження відповідної партії вантажу.

Виходячи з запропонованих варіантів логістичних каналів потоку консолідації вантажу, пропонується розглядати параметри, які дозволять визначи-

ти їх рівень впливу за неперервними та дискретними значеннями (табл. 2).

Таблиця 2.

Параметри впливу на об'єкт функціонування

Назва параметру	Позначення
Вартість подачі ТЗ до ВВ, євро/км	S_{lkm}^{sub}
Відстань подачі ТЗ від ТП до ВВ, км	L_{vtTU}^{sub}
Вартість перевезення вантажу по території України від ВВ до терміналу регіону відправлення, євро/ткм	S_{lkm}^{term}
Відстань перевезення по території України (від ВВ до терміналу), км	L_{vtTU}^{term}
Вартість перевезення вантажу по території України (від терміналу до митниці)	S_{lkm}
Відстань перевезення по території України (від терміналу до митниці), км	L_{vtTU}
Обсяг замовлення вантажу, т	q
Вартість однієї години роботи навантажувача для навантаження вантажу у ВВ, євро/год.	S_l
Час навантаження однієї тонни вантажу у ВВ, т/год.	t_{lt}^{sh}
Вартість обробки однієї тонни вантажу на терміналі регіону відправлення, євро /т.	S_h^{ter}
Інтенсивність надходження замовлень, т/год.	I_O
Час обробки однієї тонни вантажу на терміналі, т/год.	t_{lt}^{term}
Вартість митних процедур на українській та іноземній митниці, євро /год.	$S_{cU} (S_{cF})$
Час проходження митних процедур відносно однієї тонни вантажу на українській та іноземній митниці, год/т.	$t_{lt}^{cU} (t_{lm}^{cF})$
Вартість перевезення вантажу по території іноземної держави, євро/ткм	S_{lkm}^F
Відстань перевезення по території іноземної держави, км.	L_{vtF}
Вартість однієї години роботи навантажувача для розвантаження вантажу у ВВ, євро/год.	S_{ul}^{CP}
Час розвантаження однієї тонни вантажу у ВВ, т/год.	t_{lt}^{CP}
Вартість подачі ТЗ транспортного підприємства міжнародного призначення до першого ВВ, євро/км	S_{lkm}^{sl}

Відстань подачі ТЗ від транспортно-го підприємства міжнародного при-значення до першого ВВ, км.	L_{vtTU}^{s1}
Кількість навантажень (відповідає кількості ВВ), од.	n_n
Вартість обробки однієї тонни ван-тажу на терміналі призначення, євро/т.	S_h^{termD}
Інтенсивність надходження замов-лень на вивезення вантажу з термі-налу призначення, т/год.	I_O^{termD}
Час обробки однієї тонни вантажу на терміналі призначення, т/год.	t_{lt}^{termD}
Вартість перевезення вантажу по території іноземної держави від терміналу призначення до ВО, євро/ткм	S_{lkm}^{CP}
Відстань перевезення по території іноземної держави від терміналу призначення до ВО, км.	L_{vtF}^{CP}

За варіантом «Логістичний канал-1» побудуємо математичну модель визначення сумарних витрат на логістику поставки консолідованого вантажу

$$B_{\Sigma 1} = S_{lkm}^{sub} \cdot L_{vtTU}^{sub} + (S_{lkm}^{term} \cdot L_{vtTU}^{term} + S_{lkm} \cdot L_{vtTU}) \cdot q + \frac{S_l \cdot q}{t_{lt}^{sh}} + \frac{S_h^{ter} \cdot I_O \cdot q}{t_{lt}^{term}} + (S_{cU} \cdot t_{lt}^{cU} + S_{cF} \cdot t_{lm}^{cF}) \cdot q + S_{lkm}^F \cdot L_{vtF} \cdot q + \frac{S_{ul}^{CP} \cdot q}{t_{lt}^{CP}}. \quad (1)$$

Для варіанту «Логістичний канал-2» математи-чна модель буде мати наступну структуру

$$B_{\Sigma 2} = S_{lkm}^{s1} \cdot L_{vtTU}^{s1} + \sum_{i=1}^n S_{lkm} \cdot L_{vtTU} \cdot q_i + \sum_{i=1}^n \frac{S_l \cdot q_i \cdot n_n}{t_{lt}^{sh}} + \frac{S_h^{termD} \cdot I_O^{termD} \cdot q}{t_{lt}^{termD}} + \frac{S_h^{ter} \cdot I_O \cdot q}{t_{lt}^{term}} + S_{lkm}^F \cdot L_{vtF} \cdot q + S_{lkm}^{CP} \cdot L_{vtF}^{CP} \cdot q + \frac{S_{ul}^{CP} \cdot q}{t_{lt}^{CP}}. \quad (2)$$

Отримані математичні моделі враховують па-раметри впливу (табл.2) та є найбільш перспектив-ним для опису логістики поставки консолідованих вантажів по відповідним каналам, при цьому змен-шуються ряд труднощів, основна причина яких по-лягає в ускладненні причинно-наслідкових зв'язків в комплексі взаємодіючих компонентів.

Для проведення експерименту в дослідженні використовуємо метод імітаційного планування експерименту. Основна мета якого є досягнення максимальної точності вимірювань при мінімальній кількості проведених дослідів і збереженні статис-тичної достовірності результатів. З визначених па-раметрів (табл. 2) було обрано чотири параметри, які впливають на ефективність логістики поставки консолідованих вантажів: обсяг замовлення ван-тажу; відстань перевезення вантажу територією Укра-їни; інтенсивність надходження замовлень; відстань перевезення вантажу територією іноземних держав.

Було обрано 2 рівні варіювання, кількість екс-периментів визначається для чотирьох параметрів та двох рівнів і дорівнює шістнадцяти.

Значення цих параметрів отримані в результаті аналізу діяльності логістичного провайдеру «СЛТ LC Ukraine» [21] на маршрутах доставки Україна-Польща (табл. 3).

Таблиця 3.

Рівні варіювання факторів

Назва показника	Значення	
	Мінімальне	Максимальне
Обсяг замовлення вантажу, т.	0,3	10
Відстань перевезення вантажу територією України, км.	340	1100
Інтенсивність надхо-дження замовлень, т/год.	1	13
Відстань перевезення вантажу територією іноземних держав, км.	320	470

Натурні дослідження та аналіз проводилися на базі міжнародного логістичного провайдеру «СЛТ LC Ukraine», враховуючи частоту, загальний час доставки регулярних міжнародних сполучень з дос-тавки консолідованих вантажів. У якості змінних виступають такі параметри потоку замовлень, як обсяг замовлення вантажу, відстань перевезення вантажу територією України, інтенсивність надхо-дження замовлень та відстань перевезення вантажу територією країни Європи – Польщі. З'ясовано, що значення цих показників розподілені за нормальним законом розподілу випадкових величин. Це було підтверджено за допомогою статистичного аналізу значень в програмному середовищі Statistica.exe та визначення чисельного значення критерія Пірсона і порівняння із табличними значеннями (умова була виконана – розрахункові значення менші за таблич-ні.

За моделями (1) та (2), враховуючи результати статистичного аналізу параметрів впливу та

використані різних їх комбінації визначені значення критерію оцінки – сумарні витрати (табл. 4).

Таблиця 4.

Результати проведення розрахунків

Серія дослідів	Сумарні витрати, євро	
	Логістичний канал 1	Логістичний канал 2
1	36,60	44,84
2	1007,78	1181,85
3	1980,99	2155,06
4	2552,42	2363,39
5	2784,57	2595,54
6	48,65	61,00
7	1579,21	1390,18
8	44,63	53,35
9	1239,92	1413,99
10	42,31	51,03
11	2213,14	2387,20
12	1811,35	1622,32
13	38,92	51,26
14	46,33	58,68
15	52,04	60,76
16	54,36	63,08

Для аналізу впливу параметрів потоку на критерій ефективності зробимо регресійний аналіз, а також побудуємо регресійні моделі. Для побудови моделі скористалися програмою «Microsoft Excel» в якій є вбудована програма для розрахунку регресії двох типів: лінійна та степенева.

Визначено, що найкращою буде степенева функція, так як значення «R-квадрат» є максимальним і дорівнює 0,99 (для всіх двох логістичних ланцюгів). Проведемо детальний аналіз отриманих результатів:

1) міра визначеності «R-квадрат» для першого та другого варіанту майже дорівнює одиниці – 0,997, що говорить про те що побудовані моделі пояснюють всі змінність відповідних параметрів;

2) «множинний R», який виражає ступінь залежності незалежних змінних та залежної змінної, показує тенденцію до одиниці (0,999);

3) «рівень значимості F», який повинен бути менше 0,05, дорівнює по варіантам відповідно 1,06·10⁻¹³ та 1,54·10⁻¹³, що відповідає умовам;

4) оцінка коефіцієнтів регресії показала, що показник відстань перевезення вантажу територією іноземних держав не враховується в обох моделях, а інтенсивність надходження замовлень не враховується в другій моделі.

На підставі цих даних можемо записати регресійні моделі для кожного логістичного потоку консолідованого вантажу.

Регресійна модель для визначення сумарних витрат на логістику поставки консолідованого вантажу за варіантом «Логістичний канал-1»

$$B_{\Sigma 1} = e^{3,38} \cdot q_i^{0,8} \cdot L_{vtTU}^{sub0,08} \cdot I_O^{0,08}. \quad (3)$$

Регресійна модель для визначення сумарних витрат на логістику поставки консолідованого вантажу за варіантом «Логістичний канал-2»

$$B_{\Sigma 2} = e^{3,49} \cdot q_i^{0,76} \cdot L_{vtTU}^{sub0,08}. \quad (4)$$

По отриманим регресійним моделям проведемо розрахунки та побудуємо графіки залежності сумарних витрат на логістику поставки консолідованого вантажу від комбінацій значень вхідних параметрів по кожній серії дослідів (рис. 2).

Рис. 2. Графік залежності сумарних витрат на логістику поставки консолідованого вантажу від комбінацій значень вхідних параметрів по кожній серії дослідів

З графіків бачимо, що «Логістичний канал-2» є найменш витратна тільки при четвертій, п'ятій, сьомій та дванадцятій серії дослідів, тобто значення обсягу замовлення та інтенсивність надходження замовлень максимальні при всіх чотирьох варіантах, а значення відстаней перевезення мають менший вплив на зменшення витрат за цією схемою. При цьому значення витрат мають найменшу різницю при сьомій серії дослідів.

Варіант «Логістичний канал-1», за участю терміналу відправлення, доцільно використовувати в найбільшій кількості випадків комбінації вхідних параметрів. Найменшу різницю сумарних витрат по варіантам 7,13 євро отримаємо при мінімальних значеннях обсягу замовлення вантажу, відстаней перевезення вантажу, інтенсивності надходження замовлень. А найбільші значення різниці за розрахунками отримали 199,86 євро при використанні варіанту «Логістичний канал-2» за максимальними

значеннями обсягу замовлення вантажу, відстані перевезення вантажу територією України.

Висновки

Представлена методика досить актуальною, адже процеси логістики поставки консолідованих вантажів є невід’ємною частиною виробництва товарів і послуг. Одним з напрямків зниження вартості товарів і послуг є скорочення витрат на логістику постачання. Оскільки доставка консолідованих вантажів автомобільним транспортом у міжнародному сполученні здійснюється різними за обсягом відправками від великої кількості відправників, то першочерговим завданням є визначення ефективної логістики поставки з урахуванням відстані перевезення, кількості учасників процесу, зворотного завантаження. Теоретичні розробки багатьох українських та закордонних вчених показали, що добре розвинений ринок транспортних послуг з відповідними операторами та відповідною інфраструктурою, дозволить ефективно впроваджувати технологію логістики поставки консолідованих вантажів з України до Європи для зменшення витрат всіх учасників процесу доставки.

Запропоновано для визначення ефективної побудови логістики поставки консолідованих вантажів з України в Європу, розглядати цей процес у вигляді двох альтернативних каналів, які враховують комбінацію взаємодії елементів системи. В якості оціночного показника вибору ефективного каналу постачання обрано сумарні витрати.

На підставі аналізу параметрів потоку замовлень логістичного провайдеру «CAT LC Ukraine» з’ясовано, що значення обсяг замовлення вантажу, відстань перевезення вантажу територією України, інтенсивність надходження замовлень, відстань перевезення вантажу територією іноземних держав розподілені за нормальним законом розподілу випадкових величин. В результаті проведення експерименту отримали значення сумарних витрат на доставку консолідованих відправлень у міжнародному сполученні за запропонованими варіантами. З яких визначено, що у більшості кількості серій дослідів найменш витратним є «Логістичний канал-1» - варіант взаємодії учасників доставки вантажів за участю терміналу регіону відправлення.

На основі регресійного аналізу результатів експерименту визначена регресійна модель у степеневій формі з ненульовим коефіцієнтом, у якій кожний коефіцієнт вказує на ступінь впливу відповідного фактора на результативний показник. Встановлено, що ця модель є найбільш адекватною, оскільки значення показника «R-квадрат» для першого та другого варіанту близько до одиниці та дорівнює 0,99.

При порівнянні значень оціночного показника – сумарні витрати, за кожним варіантом, показали, що найменше значення 7,13 євро отримано при мінімальних значеннях обсягу замовлення вантажу, відстані

перевезення вантажу, інтенсивності надходження замовлень. А найбільшу різницю 199,86 євро отримали при використанні «Логістичний канал-2» за максимальними значеннями обсягу замовлення вантажу, відстані перевезення вантажу територією України.

В подальшому планується побудувати імітаційну модель процесу, що розглядався, в середовищі мереж Петрі та визначити рівень впливу часових параметрів та оцінити ризики відмов в системі.

Література

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України про транспортну стратегію 2030 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://kmu.gov.ua> (дата звернення 10.12.2020 р.).
2. Costa, R., Jardim-Goncalves, R., Figueiras, P., Forcolin, M., Jermol, M., & Stevens, R. (2016). Smart Cargo for Multimodal Freight Transport: When “Cloud” becomes “Fog”, IFAC-Papers OnLine. 49 (12), 121–126.
3. Nowakowska-Grunt, J., & Strzelczyk, M. (2019). The current situation and the directions of changes in road freight transport in the European Union. Transportation Research Procedia, 39, 350–359.
4. Large, R.O., Kramer, N., & Hartmann, R.K. (2013). Procurement of logistics services and sustainable development in Europe: Fields of activity and empirical results. Journal of Purchasing and Supply Management. 19 (3), 122–133.
5. Gregora, T., Krajčoviča, M., & Więcek, D. (2017). Smart Connected Logistics. Procedia Engineering, 192, 265–270.
6. Shramenko, N.Y., & Shramenko, V.O. (2018). Mathematical model of the logistics chain for the delivery of bulk cargo by rail transport. Scientific Bulletin of National Mining University, 5(167), 136–141.
7. Країни за товарною структурою зовнішньої торгівлі України за січень-грудень 2019 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2019/zd/kr_tstr/arh_kr_2019.htm (дата звернення 21.12.2020 р.).
8. Litomin, E., Tolmachov, I., & Galkin, A. (2016) Use of the Distribution Center in the Ukrainian Distribution System. Transportation Research Procedia, 16, 313–322.
9. Svazas, M., Navickas, V., Krajnakova, E. & Nakonieczny, J. (2019). Sustainable supply chain of the biomass cluster as a factor for preservation and enhancement of forests. Journal of International Studies, 12 (2), 309–321.
10. Нефьодов В.М. Сучасний стан і актуальні проблеми доставки товарів народного споживання автомобільним транспортом в містах / В.М. Нефьодов, О.П. Калініченко// Комунальне господарство міст. – 2020. – 156 (3). – С. 17–21.
11. Aulin, V., Lyashuk, O., Pavlenko, O., Velykodnyi, D., Hryniv, A., Lysenko, S., Holub, D., Vovk, Y., Dzyura, V. & Sokol, M. (2019). Realization of the logistic approach in the international cargo delivery system. Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 21(2), 3–12.
12. Szymczyk, K. & Kadłubek, M. (2019). Challenges in general cargo distribution K. strategy in urban logistics – comparative analysis of the biggest logistics operators in EU. Transportation Research Procedia, 39, 525–533.
13. Large, R.O., Kramer, N., & Hartmann, R.K. (2013). Procurement of logistics services and sustainable development in

Europe: Fields of activity and empirical results. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 19(3), 122–133.

14. Ivashkiv, I., Kupalova, H., Goncharenko, N., Khrutba, J. & Vovk, I. (2019). Optimization of Commodity Flows: The Case of Bakery Enterprises of Ukraine. *Montenegrin Journal of Economics*, 15(3), 205–216.

15. Nowakowska-Grunt, J. & Strzelczyk, M. (2019). The current situation and the directions of changes in road freight transport in the European Union. *Transportation Research Procedia*, 39, 350–359.

16. Hasan, H., AlHadhrani, E., AlDhaheeri, A., Salah, K. & Jayaraman, R. (2019). Smart contract-based approach for efficient shipment management, *Computers & Industrial Engineering*, 136, 149–159.

17. Pavlenko, O., Velykodnyi, D., Lavrentieva, O. & Filatov, S. (2020). The procedures of logistic transport systems simulation into the petri nets environment, *CEUR Workshop Proceedings*, 2732, 854–868.

18. Volkov, V., Taran, I., Volkova, T., Pavlenko, O., & Be-rezhnaja, N. (2020). Determining the Efficient Management System for a Specialized Transport Enterprise. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 4, 185–191.

19. Konovalenko I. & Ludwig, A. (2019). Event processing in supply chain management – The status quo and research outlook. *Computers in Industry*, 105, 229–249.

20. Abed, M., Charfeddine, I., Benaissa, M. & Starostka-Patyk, M. (2013). Intelligent Traceability System of Containerized Goods, *Applied Mechanics and Materials*, 309, 241–251.

21. Результати української електронної комерції та логістики за 2019 рік [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://rau.ua/novyni/pidsumky-e-commerce-2019/> (дата звернення 21.12.2020 р.).

22. CAT LC Ukraine [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://www.groupecat.com.ua> (дата звернення 21.12.2020 р.).

23. Raben Ukraine [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://ukraine.raben-group.com> (дата звернення 21.12.2020 р.).

24. Hezarkhani, B., Slikker, M. & Van Woensel, T. (2019). Gain-sharing in urban consolidation centers. *European Journal of Operational Research*, 279 (2), 380–392.

25. Naumov, V., Shulika, O. & Velykodnyi, D. (2015). Results of experimental studies on choice of automobile intercity transport delivery schemes for packaged cargo. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics*, 17(7), 87–91.

26. Павленко, О.В. Формування раціональної схеми обслуговування замовлень на доставку вантажів транспортно-експедиторським підприємством / О.В. Павленко, Д.О. Великодний // *Комунальне господарство міст*. – 2020. – 154 (1). – С. 223–230.

transport in the European Union. *Transportation Research Procedia*, 39, 350–359.

4. Large, R.O., Kramer, N., & Hartmann, R.K. (2013). Procurement of logistics services and sustainable development in Europe: Fields of activity and empirical results. *Journal of Purchasing and Supply Management*. 19 (3), 122–133.

5. Gregora, T., Krajčoviča, M., & Więcek, D. (2017). Smart Connected Logistics. *Procedia Engineering*, 192, 265–270.

6. Shramenko, N.Y., & Shramenko, V.O. (2018). Mathematical model of the logistics chain for the delivery of bulk cargo by rail transport. *Scientific Bulletin of National Mining University*, 5(167), 136–141.

7. Countries by commodity structure of Ukraine's foreign trade for January-December 2019. Retrieved from: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2019/zd/kr_tstr/ar_h_kr_2019.htm

8. Litomin, E., Tolmachov, I., & Galkin, A. (2016) Use of the Distribution Center in the Ukrainian Distribution System. *Transportation Research Procedia*, 16, 313–322.

9. Svazas, M., Navickas, V., Krajnakova, E. & Nakonieczny, J. (2019). Sustainable supply chain of the biomass cluster as a factor for preservation and enhancement of forests. *Journal of International Studies*, 12 (2), 309–321.

10. Nefyodov, V. & Kalinichenko, O. (2020). Current status and current problems of the consumer goods delivery by automobile transport in cities. *Municipal economy of cities*, 156 (3), 17–21.

11. Aulin, V., Lyashuk, O., Pavlenko, O., Velykodnyi, D., Hryniv, A., Lysenko, S., Holub, D., Vovk, Y., Dzyura, V. & Sokol, M. (2019). Realization of the logistic approach in the international cargo delivery system. *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina*, 21(2), 3–12.

12. Szymczyk, K. & Kadłubek, M. (2019). Challenges in general cargo distribution K. strategy in urban logistics – comparative analysis of the biggest logistics operators in EU. *Transportation Research Procedia*, 39, 525–533.

13. Large, R.O., Kramer, N., & Hartmann, R.K. (2013). Procurement of logistics services and sustainable development in Europe: Fields of activity and empirical results. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 19(3), 122–133.

14. Ivashkiv, I., Kupalova, H., Goncharenko, N., Khrutba, J. & Vovk, I. (2019). Optimization of Commodity Flows: The Case of Bakery Enterprises of Ukraine. *Montenegrin Journal of Economics*, 15(3), 205–216.

15. Nowakowska-Grunt, J. & Strzelczyk, M. (2019). The current situation and the directions of changes in road freight transport in the European Union. *Transportation Research Procedia*, 39, 350–359.

16. Hasan, H., AlHadhrani, E., AlDhaheeri, A., Salah, K. & Jayaraman, R. (2019). Smart contract-based approach for efficient shipment management, *Computers & Industrial Engineering*, 136, 149–159.

17. Pavlenko, O., Velykodnyi, D., Lavrentieva, O., & Filatov, S. (2020). The procedures of logistic transport systems simulation into the petri nets environment, *CEUR Workshop Proceedings*, 2732, 854–868.

18. Volkov, V., Taran, I., Volkova, T., Pavlenko, O., & Be-rezhnaja, N. (2020). Determining the Efficient Management System for a Specialized Transport Enterprise. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 4, 185–191.

References

1. Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine on transport strategy 2030. Retrieved from: <https://kmu.gov.ua>
2. Costa, R., Jardim-Goncalves, R., Figueiras, P., Forcolin, M., Jermol, M., & Stevens, R. (2016). Smart Cargo for Multimodal Freight Transport: When “Cloud” becomes “Fog”, *IFAC-Papers OnLine*. 49 (12), 121–126.
3. Nowakowska-Grunt, J., & Strzelczyk, M. (2019). The current situation and the directions of changes in road freight

19. Konovalenko I. & Ludwig, A. (2019). Event processing in supply chain management – The status quo and research outlook. *Computers in Industry*, 105, 229–249.
20. Abed, M., Charfeddine, I., Benaissa, M. & Starostka-Patyk, M. (2013). Intelligent Traceability System of Containerized Goods, *Applied Mechanics and Materials*, 309, 241–251.
21. Results of Ukrainian e-commerce and logistics for 2019. Retrieved from: <https://rau.ua/novyni/pidsumky-e-commerce-2019/>.
22. CAT LC Ukraine. Retrieved from: <https://www.groupecat.com.ua>
23. Raben Ukraine. Retrieved from: <https://ukraine.raben-group.com>
24. Hezarkhani, B., Slikker, M., & Van Woensel, T. (2019). Gain-sharing in urban consolidation centers. *European Journal of Operational Research*, 279 (2), 380–392.
25. Naumov, V., Shulika, O. & Velikodnyi, D. (2015). Results of experimental studies on choice of automobile intercity transport delivery schemes for packaged cargo. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics*, 17(7), 87–91.
26. Pavlenko, O. & Velykodnyi, D. (2020). Forming of a rational scheme of servicing orders for cargo delivery by the freight forwarding company. *Municipal economy of cities*, 154 (1), 223–230.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. П.Ф. Горбачов, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

Автор: ПАВЛЕНКО Олексій Вікторович
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

E-mail – tpov@ukr.net

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4237-4310>

Автор: НЕФЬОДОВ Віктор Миколайович
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

E-mail – nvicnic@gmail.com

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7338-7678>

Автор: ВЕЛИКОДНИЙ Денис Олександрович
кандидат технічних наук, доцент
Центральноукраїнський національний технічний університет

E-mail – atdynz@ukr.net

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6375-5775>

BUILDING OF CONSOLIDATED CARGOES SUPPLY LOGISTICS FROM UKRAINE TO EUROPE

O. Pavlenko¹, V. Nefyodov¹, D. Velykodnyi²

¹Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

²Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytsky, Ukraine

The paper analyzes the existing trends and prospects for the cargo delivery logistics development in the direction from Ukraine to the European Union within the individual companies work and certain routes, which allowed to form the research purpose in this development. The chosen topic is quite relevant, because the consolidated cargoes delivery processes are an logistics formation integral part in modern production processes. One of the ways to reduce the cargoes cost and services is to reduce the supplying cargoes cost. In the scientific works of Ukrainian and foreign scientists it was determined that a well-developed logistics services market with appropriate operators and infrastructure, will effectively implement the consolidated cargoes delivery technology in international traffic to reduce costs for all participants in this process. It is determined that it is necessary to choose a methodical approach to building efficient consolidated cargoes delivery logistics from Ukraine to Europe. It is proposed to consider this process in the two alternative channels to determine the effective consolidated cargoes supply building from Ukraine to Europe: "Shippers - Departure country terminal - Consignees" - "Logistics Channel-1"; "International Transport Company - Shippers – Destination terminal - Consignees" - "Logistics Channel-2". For example, "Logistics Channel-1" should be used for the consolidated cargoes delivery over long distances, where the use of light and medium load capacity vehicles is inefficient. The total supply logistics cost was chosen as an evaluation indicator of the efficient supply channel choice. Influence relevant parameters are taken into account: cargo shipment volume, shippers (consignees) number, cargoes transportation distance in international traffic, distance between shippers (consignees), one ton cargoes loading time, one ton cargoes warehousing time. A full-factor experiment simulation was performed, based on the results of which a regression model in power form with a nonzero coefficient was determined, in which each coefficient indicates the corresponding factor influence degree on the performance indicator. It is established that this model is the most adequate. When comparing the evaluation indicator values - the total costs, for each option, showed that the lowest value of 7.13 euros was obtained at the minimum cargoes orders volume values, the cargo transportation distance, the orders intensity. And the biggest difference of 199.86 euros was obtained when using "Logistics Channel-2" for the maximum cargo orders volume values, the cargo transportation distance through the Ukraine territory.

Keywords: supply logistics, consolidation, cargo, logistics channel, regression.