

Кічка О.І., Кічкін О.В.

## УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ВЗАЄМОДІЇ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ У КОНТЕЙНЕРНОМУ ТЕРМІНАЛІ НА ПІДСТАВІ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

*В статті запропоновані заходи удосконалення процесів взаємодії наземного та морського видів транспорту на підставі імітаційної моделі процесу взаємодії видів транспорту при обробці контейнерів на морському контейнерному терміналі з модифікацією інформаційної системи контейнерного терміналу за рахунок розробки блоку формування технологічних карт обробки вантажів. Для досягнення поставленої мети були вирішені такі задачі: виконана формалізація системи взаємодії наземного та морського видів транспорту при обробці контейнерів на морському контейнерному терміналі, розроблена імітаційна модель і схема проведення експериментального дослідження процесу взаємодії видів транспорту при обробці контейнерів на морському контейнерному терміналі; спроектовано інформаційну модель роботи контейнерного терміналу, як основу імітаційного моделювання; розроблено блок формування технологічних карт обробки вантажів контейнерного терміналу на базі імітаційного моделювання. Була здійснена формалізація структури системи в прямому та зворотному напрямку перевантаження контейнерів, та з застосуванням майданчиків тимчасового збереження. Структуру системи представлено у вигляді модифікованого операторного запису. Формалізація системи контейнерного терміналу дозволила визначитись з логічною структурою імітаційної моделі. Запропонована імітаційна модель контейнерного терміналу описує контейнерний термінал, на якому відбувається взаємодія морського, автомобільного й залізничного транспорту. Для імітаційної моделі контейнерного терміналу розроблена реляційна база даних, яка складається з одинадцяти основних елементів. В базі даних БД здійснюється накопичення результатів роботи (експериментів) імітаційної моделі контейнерного терміналу. Сформовані довідники-таблиці бази даних, які разом з таблицею «Техкарта» створили сегмент бази даних контейнерного терміналу, який відповідає за створення, накопичення та обробку електронних технологічних карт та часових графіків вантажних робіт на терміналі. Особливістю процесу формування технологічних карт вантажних робіт на терміналі є максимальна автоматизація, яка полягає в виборі з відповідних списків інформації таблиць-довідників.*

**Ключові слова.** Контейнерний термінал, організація взаємодії видів транспорту, імітаційна модель, база даних, технологічні карти.

**Актуальність дослідження.** Мультиmodalьні перевезення останнім часом набувають все більш активного розвитку, і є перспективним напрямком інтеграції України у світову економічну систему. Приблизно дві третини всіх вантажних перевезень у світі здійснюються у змішаному сполученні. При цьому більшість з них є мультиmodalьними перевезеннями. 17 листопада 2021 року Верховна рада України ухвалила закон про мультиmodalьні перевезення вантажів. Як зазначено у законі, "Цей Закон визначає правові та організаційні засади мультиmodalьних перевезень і спрямований на створення умов для їх розвитку та вдосконалення, заохочення використання більш екологічно чистих видів транспорту з метою охорони довкілля, запобігання змінам клімату та надмірному споживанню енергії." [1].

Мультиmodalьні перевезення передбачають залучення до перевезення двох або більше видів транспорту за одним наскрізним договором. Оскільки за постачання вантажу від відправника до отримувача відповідає один оператор, то дії різних перевізників мають стати більш узгодженими, у них виникає спільний інтерес в ефективності перевезення та процесів передачі вантажу з одного виду транспорту на інший. В статті вирішуються задачі управління технологічними операціями в процесі взаємодії залізничного та морського видів транспорту в порту.

Згідно правил перевезення вантажів у прямому змішаному залізнично-водному сполученні: "За невиконання плану перевалки вантажів залізниці і порти несуть відповідальність згідно зі статтею 106 Статуту залізниць України. Залізниці несуть відповідальність у разі неподачі порожніх або навантажених вагонів за середньодобовою або погодженою згущеною на дану добу нормою. Порти несуть відповідальність у разі невиконання середньодобової або згущеної на дану добу норми навантаження або розвантаження вагонів." [2].

Отже, задача пошуку методів та заходів удосконалення організації процесів взаємодії наземного та морського видів транспорту має практичну значущість та актуальність

**Постановка проблеми.** Зазвичай така взаємодія відбувається у транспортних вузлах, зокрема на морських терміналах, де здійснюється виконання операцій приймання, накопичення, перевантаження, сортування, тимчасового зберігання та інших допоміжних операцій. Останнім часом у портах та терміналах все більше для організації технологічних робіт та управління використовуються інформаційні технології та засоби отримання і передачі даних. Прикладом такої термінальної операційної системи, може бути ЕДІФАКТ (аббревіатура від Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport), яка застосовується на терміналі ТОВ "Бруклін-Київ Порт" [3]. За допомогою інтегрованої автоматизованої системи управління з використанням ЕДІФАКТ вирішуються задачі оперативного забезпечення процесів приймання, зберігання, обробки та відвантаження контейнерів, а також документообіг контейнерного терміналу в режимі реального часу. Але

застосування системи електронного обміну даними не дає можливість «програти» виробничу ситуацію з реальними параметрами та умовами, що склалися на час прийняття рішень. Тому доцільно доповнити систему інформаційного забезпечення імітаційною моделлю із взаємодією з базою даних для створення технологічних карт та контактних графіків.

**Теоретичний аналіз дослідження.** У науковій літературі можна знайти декілька підходів до вирішення проблем організації взаємодії видів транспорту у морських портах і, зокрема, тих, що спрямовані на підвищення ефективності вантажних терміналів. Можна визначити основні з них, а саме: вдосконалення перевантажувального обладнання, підвищення якості управління та контролю перевантажувального процесу із застосуванням сучасних інформаційних технологій, розробки імітаційних моделей функціонування терміналу, логістичний підхід до взаємодії видів транспорту.

Проблемам взаємодії водного та наземних видів транспорту присвячені роботи таких науковців як Л.А. Заборський, [4] А.В. Слободян, [5] М.Я. Постан [5], Г.С. Махуренко [7], та інші. Питанням контейнерних перевезень вантажів присвячено роботи вітчизняних та зарубіжних вчених таких, як В.А. Абгафоров, М.М. Андрієнко [8], М.М. Дергаусов [9], В.П. Корнієнко [10], О. А. Малахова [11], та ін. Питаннями моделювання процесів обробки вантажів та взаємодії видів транспорту в порту займалися такі вітчизняні та зарубіжні науковці: К.М. Семенов [12], М.Я. Постан, Г.С. Махуренко, Я.Б. Спасскіх [13], О.В. Мельник [14], А.М. Огороков., Р.В. Вернигора., А.І. Кузьменко [15] та інші.

Найбільш ретельно були досліджені наукові праці, що стосуються моделювання взаємодії видів транспорту в портах.

В роботі Заборського Л.А. [4] вирішена задача оптимальної взаємодії наземних та морського видів транспорту на морському термінальному комплексі методами частково-цілочисельного програмування. Представлена економіко-математична модель враховує різні співвідношення інтенсивності завезення вантажу в порт та виконання вантажних робіт. Але застосування такої моделі з урахування мінливості реальних ситуацій є досить проблематичним.

В статті Г.С. Махуренко [7] пропонується точковий підхід до взаємодії видів транспорту, визначено три зони взаємодії з боку морського та залізничного транспорту, а саме - зони далекої, середньої та ближньої взаємодії, які мають свої особливості. На підставі використання статичної та динамічної моделі запропоновано коригування короткострокових прогнозів для уточнення змінно-добового плану обробки суден із використанням компенсаційних механізмів у разі порушення строків обробки судна. При всій значимості наукової розробки, встає питання розробки такої моделі, яка б дозволяла особі, що приймає рішення що до оперативного управління процесами перевантаження в порту «програвати» ситуацію, що склалася у певний час, з визначенням часу перевантаження, можливого часу простою транспортних засобів, зайнятості вантажного обладнання і т. інше.

В роботі [15] запропоновано імітаційну модель, на базі якої здійснюється пошук раціональної технології взаємодії автомобільного та річкового видів транспорту, розраховується час перевалки вантажу та простою автомобілів під вантажними роботами. Робота присвячена саме взаємодії автомобільного та річкового транспорту при перевантаженні зернових вантажів, металопрокату, навалочних вантажів у визначеному річковому порті. Технологія перевантаження контейнерів має свої особливості, тому доцільно розробка імітаційної моделі, яка враховувала технологічні, часові, продуктивні параметри саме для контейнерних вантажів.

**Мета статті.** Удосконалення організації процесів взаємодії наземного та морського видів транспорту на підставі імітаційної моделі процесу взаємодії видів транспорту при обробці контейнерів на морському контейнерному терміналі з модифікацією інформаційної системи контейнерного терміналу за рахунок розробки блоку формування технологічних карт обробки вантажів.

**Задачі дослідження.** Для досягнення поставленої мети були вирішені такі задачі: виконана формалізація системи взаємодії наземного та морського видів транспорту на підставі імітаційної моделі процесу взаємодії видів транспорту при обробці контейнерів на морському контейнерному терміналі, розроблена імітаційна модель і схема проведення експериментального дослідження процесу взаємодії видів транспорту при обробці контейнерів на морському контейнерному терміналі; спроектовано інформаційну модель роботи контейнерного терміналу, як основу імітаційного моделювання; розроблено блок формування технологічних карт обробки вантажів контейнерного терміналу на базі імітаційного моделювання.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Контейнерний термінал являє собою систему масового обслуговування, яка складається з певної кількості підсистем. Таку систему можна представити у вигляді агрегатів, взаємозалежних спільною обробкою вантажів. У загальному виді структура системи (в напрямку перевантаження з суден) представлена на рис. 1.

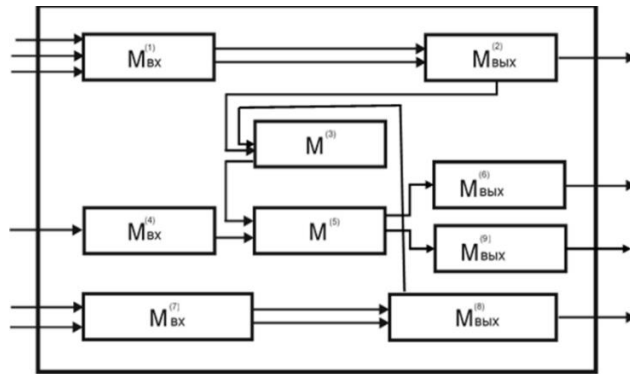


Рисунок 1– Структурний зв'язок агрегатів системи контейнерного терміналу в напрямку перевантаження з суден

Система складається з 9-и агрегатів. Агрегати  $M_{ex}^{(1)}$ ,  $M_{ex}^{(4)}$  і  $M_{ex}^{(7)}$  є вхідними полюсами, а  $M_{вих}^{(2)}$ ,  $M_{вих}^{(6)}$  й  $M_{вих}^{(8)}$ ,  $M_{вих}^{(9)}$  - вихідними полюсами системи. Де зв'язка  $M_{ex}^{(1)} - M_{ex}^{(2)}$  характеризує прямий варіант перевантаження контейнерів з судна на автомобільний транспорт; зв'язка  $M_{ex}^{(7)} - M_{ex}^{(8)}$  характеризує прямий варіант перевантаження контейнерів з судна на залізничний транспорт; зв'язка  $M_{ex}^{(4)} - M_{ex}^{(5)} - M_{ex}^{(6)}$  характеризує перевантаження через склад контейнерів з судна на автомобільний транспорт;  $M_{ex}^{(4)} - M_{ex}^{(5)} - M_{ex}^{(9)}$  - характеризує перевантаження через склад контейнерів з судна на залізничний транспорт;  $M_{ex}^{(2)} - M^{(3)} - M^{(5)} - M_{вих}^{(6)}$  характеризує процес обробки контейнерів у разі нестандартних ситуацій з тимчасовим зберіганням на складі до вирішення питань, після чого - завантаження на автомобільний транспорт

Аналогічно була здійснена формалізація структури системи в зворотному напрямку - перевантаження з наземних видів транспорту. Структуру системи представлено у вигляді модифікованого операторного запису.

Формалізація системи контейнерного терміналу дозволила визначитись з логічною структурою імітаційної моделі.

Імітаційна модель контейнерного терміналу описує контейнерний термінал, на якому відбувається взаємодія морського, автомобільного й залізничного транспорту. У дану систему входять: залізнична станція з локомотивним депо; контейнерні майданчики на залізничній станції; трейлерний парк; парк навантажувачів; автомобільний контейнерний термінал із робочими зонами: навантаження й вивантаження; відкриті складські майданчики; причальні контейнерні майданчики.

Контейнерний термінал це складна система, тому її можна розділити на кілька підсистем. Можна виділити наступні підсистеми:

- робота портофлоту;
- взаємодія судна з навантажувачем;
- взаємодія навантажувача з вантажем (контейнером);
- організація черги обслуговування автотрейлерів;
- взаємодія роботи навантажувачів на вантажному дворі автотрейлерів;
- робота трейлерів і завантаження їх навантажувачем;
- СМО контейнерного двору залізничної станції;
- взаємодія навантажувачів із залізничними вагонами.

Складові елементи морського терміналу та зв'язки між ними є об'єктом математичного та експериментального дослідження технологій обробки контейнерів у морському порту. Основною формою надання інформації для побудови моделі виступає база даних.

База даних — спільно використаний набір логічно зв'язаних даних (і опис цих даних), призначений для задоволення інформаційних потреб.

Технічно є два способи організації бази даних для імітаційної моделі. Можна використовувати інтерфейс JDBC, який заснований на специфікаціях SAG CLI (SQL Access Group Call Level Interface, інтерфейс рівня виклику групи доступу SQL). Другий спосіб організації взаємодії моделей і баз даних – використання вбудованого в Anylogic Engine класу. У даній роботі представлено схему бази даних мовою SQL Access.

Для імітаційної моделі контейнерного терміналу база даних складається з одинадцяти основних елементів між якими існує зв'язок.

Основними елементами бази даних для цієї імітаційної моделі виступають:

- вантажі;
- контейнери;
- морські судна;
- буксири;
- автотрейлери;



Особливістю процесу формування технологічних карт вантажних робіт на терміналі є максимальна автоматизація, яка полягає в виборі з відповідних списків інформації таблиць-довідників. Вручну заносяться лише дата та час початку робіт за відповідною технологічною картою.

Окреме значення як результат роботи розробленого програмного комплексу має формування та подальше практичне використання електронних графіків виконання вантажних робіт контейнерного терміналу. Формування графіків вантажних робіт відбувається на підставі сформованих технологічних карт вантажних робіт контейнерного терміналу, які включають відповідні дані про нормативний час виконання вантажно-транспортних операцій та додатковий час окремо за кожним з етапів:

- залізничний транспорт;
- склад;
- причал.

Крім цього, графіки виконання вантажних робіт формуються окремо за напрямом виконання робіт: залізничний транспорт-причал та причал-залізничний транспорт.

В разі відсутності проміжного складування в процесі формування технологічної карти вантажних робіт вибирається нульове значення нормативного часу виконання робіт на складі. Що стосується додаткового часу виконання робіт на складі – його значення може бути не нульовим через необхідність додаткового переміщення вантажів через складські зони терміналу.

Сформовані електронні технологічні документи спрямовуються в існуючу систему електронного документообігу контейнерного терміналу

**Висновки.** В результаті дослідження були розроблені заходи удосконалення організації процесів взаємодії наземного та морського видів транспорту на підставі імітаційної моделі процесу взаємодії видів транспорту при обробці контейнерів на морському контейнерному терміналі з модифікацією інформаційної системи контейнерного терміналу за рахунок розробки блоку формування технологічних карт обробки вантажів.

#### Література

1. Закон про мультимодальні перевезення [http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4\\_1?pf3511=70239](http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=70239)
2. ПРАВИЛА перевезення вантажів у прямому змішаному залізнично-водному сполученні. Нормативний акт від 8 липня 2002 р. за N 566/6854 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ips.ligazakon.net/document/REG6854?an=963>
3. Контейнерний терминал ООО "Бруклин-Киев Порт" [Сайт]. Режим доступу: <https://brooklyn.kiev.ua/konteynernyy-terminal-ooo-bruklin-kiev-port>
4. Заборский Л.А. Оптимизация взаимодействия различных видов транспорта на морском терминальном комплексе в системе доставки грузов / Л.А. Заборский // Методы та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Вип. 14. – Одеса: ОНМУ, 2008. – С. 238 -240.
5. Слободян А.В. Взаємодія залізничного і водного транспорту на прикладі Білгород-Дністровського морського порту: Автореф. дис. на здобуття вченого ступ. канд. техн. наук. – Одеса: 2004. – 20 с
6. Постан М.Я. Економіко-математичні моделі змішаних перевезень: Монографія. – Одеса: Астропринт, 2006. – 376 с.
7. Махуренко Г.С. Организация эффективного взаимодействия железнодорожного и морского транспорта в транспортных узлах. / Развитие методов управления та господарювання на транспорті № 2 (55), 2016. с.5-21
8. Андрієнко М. М. Оцінка ефективності контейнерних перевезень на транспорті. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=728>
9. Дергаусов М. М. Методологія розвитку контейнерних потоків промислового вузла: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.22.01. Київ, 2003. 24 с.
10. Корнієнко В. П. Економіко-математичне моделювання функціонування системи контейнерних перевезень: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук : 08.03.02. Київ, 2006.
11. Малахова О. А. Проблеми розвитку міжнародної транспортної системи в умовах удосконалення інтермодальних перевезень. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kpi.kharkov.ua/archive/.pdf>.
12. Семенов К.М. Планирование обработки грузов в морских портах и терминалах на основе дискретно-событийного моделирования: автореф. дис. д-ра. екон. наук: 05.22.19. Калининград, 2014. 21 с.
13. Спасских Я.Б. Автоматизация технологического проектирования портовых терминалов на основе имитационного моделирования: автореф. дис. канд. екон. наук: 05.13.12. Санкт-Петербург, 2012. 20 с
14. Мельник О.В. Економіко-математична модель генерування оперативних альтернатив обробки вантажів в порту. Інвестиції: практика та досвід – 2013. – № 18. – с. 106-109
15. Огороков А.М., Вернигора Р.В., Кузьменко А.В. Дослідження взаємодії автомобільного та річкового транспорту на портовому терміналі методом імітаційного моделювання Транспортні системи і технології перевезень. Дніпро, 2020. Вип. 20. С. 51–59. DOI: 10.15802/tstt2020/217402

#### References

1. Zakon pro mul'timodal'ni perevezennya [http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4\\_1?pf3511=70239](http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=70239)

2. PRAVILA perevezennya vantazhiv u pryamomu zmishanomu zaliznichno-vodnomu spoluchenni. Normativnij akt vid 8 lipnya 2002 r. za N 566/6854 [Elektronnij resurs]. Rezhim dostupu: <https://ips.ligazakon.net/document/REG6854?an=963>
3. Kontejnernyj terminal OOO "Broklin-Kiev Port" sajt. Rezhim dostupu: <https://brooklyn.kiev.ua/konteynernyj-terminal-ooo-bruklin-kiev-port>
4. Zaborskij L.A. Optimizaciya vzaimodejstviya razlichnyh vidov transporta na morskom terminal'nom komplekse v sisteme dostavki gruzov / L.A. Zaborskij // Metodi ta zasobi upravlinnya rozvitkom transportnih sistem: Zb. nauk. prac'. – Vip. 14. – Odesa: ONMU, 2008. – S. 238 -240.
5. Slobodyan A.V. Vzaemodiya zaliznichnogo i vodnogo transportu na prikladi Bilgorod-Dnistrovs'kogo mors'kogo portu: Avtoref. dis. na zdobuttya vchenogo stup. kand. tekhn. nauk. – Odesa: 2004. – 20 s
6. Postan M.YA. Ekonomiko-matematichni modeli zmishanih perevezen': Monografiya. – Odesa: Astroprint, 2006. – 376 s.
7. Mahurenko G.S. Organizaciya effektivnogo vzaimodejstviya zheleznodorozhnogo i morskogo transporta v transportnyh uzlah. / Rozvitok metodiv upravlinnya ta gospodaryuvannya na transporti № 2 (55), 2016. s.5-21
8. Andrienko M. M. Ocinka effektivnosti kontejnernih perevezen' na transporti. [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=728>
9. Dergausov M. M. Metodologiya rozvitku kontejnernih potokiv promislivogo vuzla: avtoref. dis. na zdobuttya nauk. stupenya kand. tekhn. nauk : 05.22.01. Kiiiv, 2003. 24 s.
10. Kornienko V. P. Ekonomiko-matematichne modelyuvannya funkcionuvannya sistemi kontejnernih perevezen': avtoref. dis. na zdobuttya nauk. stupenya kand. ekon. nauk : 08.03.02. Kiiiv, 2006.
11. Malahova O. A. Problemi rozvitku mizhnarodnoï transportnoï sistemi v umovah udoskonalennya intermodal'nih perevezen'. [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <http://www.kpi.kharkov.ua/archive/.pdf>.
12. Semenov K.M. Planirovanie obrabotki gruzov v morskikh portah i terminalah na osnove diskretno-sobytijnogo modelirovaniya: avtoref. dis. d-ra. ekon. nauk: 05.22.19. Kaliningrad, 2014. 21 s.
13. Spasskih YA.B. Avtomatizaciya tekhnologicheskogo proektirovaniya portovyh terminalov na osnove imitacionnogo modelirovaniya: avtoref. dis. kand. ekon. nauk: 05.13.12. Sankt-Peterburg, 2012. 20 s
14. Mel'nik O.V. Ekonomiko-matematichna model' generuvannya operativnih al'ternativ obrobki vantazhiv v portu. Investicii: praktika ta dosvid – 2013. – № 18. – s. 106-109
15. Okorokov A.M., Vernigora R.V., Kuz'menko A.V. Doslidzhennya vzaemodii avtomobil'nogo ta richkovogo transportu na portovomu terminali metodom imitacijnogo modelyuvannya Transportni sistemi i tekhnologii perevezen'. Dnipro, 2020. Vip. 20. S. 51–59. DOI: 10.15802/tstt2020/217402

*The article proposes measures to improve the organization of the processes of interaction between land and sea transport based on a simulation model of a container terminal through the development of a block for generating technological charts for cargo handling. To achieve the goals set, the following tasks were solved: formalization of the system of interaction between the types of the sea container terminal; designed information model of the container terminal operation as a basis for simulation; a block for the formation of technological charts for handling cargo of a container terminal based on simulation modeling has been developed. The formalization of the structure of the system was carried out in the forward and backward directions of container handling, as well as using container sites for temporary storage. The structure of the system is presented in the form of a modified record. The formalization of the container terminal system made it possible to determine the logical structure of the simulation model. The proposed simulation model of a container terminal describes a container terminal where the interaction of sea, road and rail transport takes place. A relational database has been developed for the container terminal simulation model, which consists of eleven main parts. The results of the work (experiments) of the simulation model of the container terminal are accumulated in the DB database. The formed reference-tables of the database, together with the table "Techcard", created a segment of the container terminal database, which is responsible for the creation, accumulation and processing of electronic technological charts and time schedules of cargo operations at the terminal. A feature of the process of forming technological charts of cargo operations in the terminal is the maximum automation, which consists in the selection of reference tables from the corresponding lists of information.*

**Keywords.** Container terminal, organization of interaction between modes of transport, simulation model, database, process maps.

**Кічка О. І.** к.т.н., доцент, професор кафедри експлуатації портів та технології вантажних робіт Одеського національного морського університету, e-mail: [ki4kinaoi@ukr.net](mailto:ki4kinaoi@ukr.net)

**Кічкін О. В.** старший викладач кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля, e-mail: [kichkin@ukr.net](mailto:kichkin@ukr.net)