

Національний університет «Одеська морська академія»

Міністерство освіти і науки України

Конон Владислав Валентинович

АНОТАЦІЯ

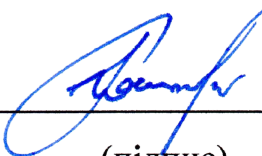
до дисертації на тему:

**«УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ МОНІТОРИНГУ СТАНУ
КОНТЕЙНЕРНИХ ВАНТАЖІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ
МОРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ»**

Спеціальність 271 – «Морський та внутрішній водний транспорт»

Галузь знань 27 – «Транспорт»

Дисертація подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії, містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



(підпис)

В.В. Конон

Науковий керівник:

Савчук Віктор Дмитрович

к. т. н., с. н. с., професор

АНОТАЦІЯ

Конон В.В. Удосконалення процесу моніторингу стану контейнерних вантажів для забезпечення безпеки морських перевезень. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 271 – «Морський та внутрішній водний транспорт» (галузь знань 27 – Транспорт). – Національний університет «Одеська морська академія», Одеса, 2023.

Тенденції розвитку світового контейнерного флоту, серед іншого, його поповнення надвеликими контейнеровозами, привносять як очевидні переваги, так і значні ризики, зокрема для питань безпеки в галузі. Проведений в даній роботі аналіз літературних джерел, присвячених проблемі забезпечення безпеки морських перевезень на контейнерному флоті, зумовив визначення основного напрямку дослідження, що полягає в удосконаленні процесу моніторингу за температурним станом контейнерних вантажів у контексті зазначеної проблеми, а також обґрунтування його актуальності.

В рамках методологічного забезпечення даного дисертаційного дослідження було сформовано його технологічну карту, у відповідності до якої визначено запит практики, що зумовлює тему роботи; мету; наукову гіпотезу й головне завдання дослідження, що представлене трьома окремими складовими. Отриманим в ході дослідження науковим результатам притаманна наукова новизна.

Об'єктом даного дослідження є процес моніторингу за температурним станом вантажів при їх перевезеннях контейнерним флотом.

Предмет дослідження представлений методами оцінки й моніторингу теплового стану контейнерних вантажів.

Метою даного дисертаційного дослідження є забезпечення безпеки морських перевезень на контейнерному флоті й зменшення негативного впливу людського фактору, шляхом удосконалення процесу моніторингу стану вантажів контейнерного судна та відповідної ідентифікації джерела займання.

Головне завдання дисертаційного дослідження полягає у розробці методу оцінки фону теплового випромінювання контейнерних вантажів й ідентифікації контейнера-джерела займання із залученням деякої кількості тепловізорів та визначеної схеми їх розміщення в реальному часі, з врахуванням «сліпих зон» сумарного поля зору тепловізорів.

Для вирішення головного завдання даного дисертаційного дослідження воно було розкладено на **допоміжні задачі**, а саме:

1) розробка методу ідентифікації джерела займання в полі зору одиничного тепловізору в межах вантажного простору контейнеровозу за наявності деякої кількості об'єктів спостереження;

2) визначення параметрів й залежностей для складання схеми розміщення тепловізорів у вантажному просторі контейнеровозу з урахуванням суднових умов перевезення вантажів й особливостей такої схеми;

3) розробка алгоритмів обробки температурних даних та оцінки стану вантажів, зокрема у «сліпих зонах» спільного поля зору деякої кількості тепловізорів, в контексті системи безперервного спостереження за температурним станом контейнерних вантажів.

Наукова новизна отриманих результатів даного дисертаційного дослідження полягає в удосконаленні процесів моніторингу стану контейнерних вантажів і відповідного визначення контейнера-джерела займання шляхом розробки нового методу й моделі системи оцінки і автоматизованого безперервного спостереження температурного стану контейнерних вантажів та відповідної ідентифікації джерела займання в реальному часі при їх перевезенні морем із залученням термографічних пристроїв. В роботі досягнуті наступні результати:

- **вперше** розроблено метод визначення контейнера-джерела займання, а саме його температури й позиції, в полі зору одиничного тепловізору при спостереженні деякої кількості контейнерів у вантажному просторі контейнерного судна, *що забезпечує* визначення позиції контейнера-джерела займання та його температури в межах поля зору тепловізору, що розташовано у трюмі або на палубі контейнерного судна, за допомогою обробки зображень видимого й

інфрачервоного спектрів та залежностей між координатними системами об'єктів спостереження й їх відповідних зображень;

- **вперше** запропоновано параметри й залежності, необхідні для складання схеми розміщення тепловізорів в межах вантажного простору контейнерного судна, з урахуванням суднових умов перевезення вантажів та особливостей такої схеми, *що* при розрахунку кількості тепловізорів *дозволяють* врахувати кількість контейнерів в межах «сліпої зони» сумарного поля зору тепловізорів, загальну кількість контейнерів у вантажному просторі й кількість контейнерів в полі зору одиничного тепловізору;

- **вперше** розроблено алгоритми обробки температурних даних та оцінки стану вантажів, зокрема у «сліпих зонах» спільного поля зору деякої кількості тепловізорів, в контексті системи безперервного спостереження за температурним станом контейнерних вантажів, *що дозволяють* визначити значення температур в межах сумарного поля зору тепловізорів з прив'язкою до ідентифікованих об'єктів спостереження (контейнерів), визначити джерело займання, зокрема у «сліпій зоні» зазначеного сумарного поля зору з використанням цифрової нейронної мережі.

Наукова гіпотеза про можливість використання термографічних пристроїв в контексті удосконалення процесів моніторингу температурного стану вантажів контейнерного судна й відповідної ідентифікації джерела займання в реальному часі була підтверджена теоретичними результатами та імітаційним моделюванням.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що результати дослідження можуть бути використані при розробці й удосконаленні суднових систем пожежної безпеки, моніторингу та контролю за станом контейнерних, зокрема небезпечних, вантажів. Отримані в даному дисертаційному дослідженні наукові результати зумовлюють його наукове положення, що формулюється наступним чином: ідентифікація джерела займання у вантажному просторі контейнерного судна, а також оцінка й моніторинг температурного стану контейнерних вантажів, за допомогою

тепловізорів й відповідних методів автоматизації зазначених процесів, можуть бути застосовані з метою забезпечення безпеки морських перевезень й судноплавства.

Результати даного дисертаційного дослідження використовуються в навчальному процесі кафедри морських перевезень при викладанні дисципліни «Технологія перевезення вантажів»; впроваджено у навчальний процес курсів підвищення кваліфікації в Інституті післядипломної освіти «Центр підготовки та атестації плавскладу» Національного університету «Одеська морська академія»; впроваджено в освітню компоненту «Дослідницький практикум», відповідно до освітньо-професійної програми другого магістерського рівня підготовки «Навігація і управління морськими суднами». Також результати відображені в звіті науково-дослідницької роботи «Формування транспортно-технологічних процесів розвитку функціонування морської галузі» (№ ДР 0122U201980, Розділ 4 – Розробка методів забезпечення безпеки мореплавання судна при перевезенні небезпечних вантажів, п. 4.1 – Розробка методу ідентифікації джерела займання в полі зору одиничного тепловізора в межах вантажного простору контейнеровозу).

Ключові слова: контейнерне судно, вантажний план, небезпечні вантажі, безпека перевезень вантажів, контейнерні вантажі, тепловізор, контроль температури вантажів, виявлення пожежі, обробка зображень, цифрова нейронна мережа (ЦНМ), імітаційне моделювання, людський фактор, безпека судноплавства.

Список публікацій, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. V. Konon and V. Savchuk, "Infrared thermography in the context of fire safety in container transportation by sea," *Shipping & Navigation*, vol. 33, no. 1, pp. 43–53, Dec. 2022, doi: 10.31653/2306-5761.33.2022.43-53.
2. N. Konon and V. Konon, "Risk analysis of the container fleet in the context of the maritime operations' safety improvement," *Shipping & Navigation*, vol. 34, no. 1, pp. 79–92, May 2023, doi: 10.31653/2306-5761.34.2023.79-92.

3. V. Konon and N. Konon, “Application Perspective of Digital Neural Networks in the Context of Marine Technologies,” *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, vol. 16, no. 4, pp. 743–747, 2022, doi: 10.12716/1001.16.04.16.

4. V. Konon, N. Konon, and V. Savchuk, “Simulation modelling of a heat exchange process between the containerized cargoes,” *Journal of Maritime Research*, vol. 20, no. 1, pp. 23–29, Apr. 2023, doi: 10.5281/ZENODO.7949965.

5. V. Konon, “Image Processing Method for Cargo Container Identification in a Stack Within the Cargo Temperature Control and Fire Safety System on Container Ships,” *Polish Maritime Research*, vol. 30, no. 2, pp. 114–120, 3923, doi: 10.2478/pomr-2023-0027.

Список публікацій, які додатково відображають наукові результати дисертації:

6. Суднова система пожежної безпеки і температурного контролю при перевезенні контейнерних вантажів : пат. 153965 Україна : (2023.01) G08B 17/12, (2006.01) B63B 25/00. № у 2022 04770 ; заявл. 08.12.2022; опубл. 27.09.2023, Бюл. № 39 (кн. 1). 140 с.

Список публікацій, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

7. В. В. Конон, В. Д. Савчук, “Ризики при перевезенні вантажів у контейнерах,” *Матеріали науково-технічної конференції «Транспортні технології (морський та річковий флот): інфраструктура, судноплавство, перевезення, автоматизація», 15-16 листопада 2018 р., НУ «ОМА», Одеса, С. 298–302.*

8. В. В. Конон, В. Д. Савчук, “Контроль за тепловим станом вантажів при перевезенні в контейнерах,” *Матеріали науково-технічної конференції «Транспортні технології (морський та річковий флот): інфраструктура,*

судноплавство, перевезення, автоматизація», 14-15 листопада 2019 р., НУ «ОМА», Одеса, С. 169–172.

9. В. В. Конон, В. Д. Савчук, “Використання тепловізорів для контролю в рейсі за небезпечними вантажами в контейнері,” *Матеріали науково-технічної конференції «Транспортні технології (морський та річковий флот): інфраструктура, судноплавство, перевезення, автоматизація», 12-13 листопада 2020 р.*, НУ «ОМА», Одеса, С. 115–118.

10. В. В. Конон, “Оцінка особливостей системи термографічного моніторингу стану контейнерних вантажів із залученням натурних спостережень,” *Матеріали науково-технічної конференції “Судноводіння, морські технології та технології” (NST-2022) 17-18 листопада 2022 р.*, НУ «ОМА», Одеса, С. 162–164.

11. В. В. Конон, В. Д. Савчук, “Огляд судових систем пожежної безпеки та контролю за контейнерними вантажами,” *Modern research in world science. Proceedings of the 10th International scientific and practical conference, 25-27 грудня 2022*, Львів, С. 419–423.

12. V. V. Konon and V. D. Savchuk, “Data processing algorithm within cargo temperature control on container ships,” in *Materials of the 15th international scientific and practical conference “Modern Information and Innovation Technologies in Transport” (MINTT-2023), May 24-25, 2023, Kherson*, pp. 124–126.

ABSTRACT

Konon V.V. Improvement of the container cargo monitoring process for ensuring the safety of maritime transportations. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for obtaining the scientific degree of the Doctor of Philosophy by the specialty 271 – «Sea and inland water transport» (branch of knowledge 27 – Transport). – National University "Odesa Maritime Academy", Odesa, 2023.

Trends in the development of the global container fleet, among other things its replenishment with ultra-large container ships, bring both obvious advantages and significant risks, particularly for safety issues in the industry. The analysis of literary sources devoted to the problem of ensuring the safety of sea transportation on the container fleet, which had been carried out in this work, led to the determination of the main direction of the research, which consists in improving the methods of continuous automated monitoring of the container cargoes' temperature state in the context of the specified problem, as well as the justification of its relevance.

As the part of the methodological support of this dissertation research, its technological map was formed. The request of practice, which determines the topic of the work, was determined in accordance to the mentioned technological map, as well as the purpose, the scientific hypothesis and the main task of the research, which is represented by three separate components. Scientific novelty is inherent to the scientific results obtained during the research.

The object of the current research is the process of the cargoes' temperature condition monitoring during their transportation by the container fleet.

The subject of the current research is represented by the methods of the container cargoes thermal condition assessment and monitoring.

The purpose of this dissertation research is to ensure the safety of sea transportation on the container fleet and reduce the negative impact of the human factor, by improving the process of the cargo condition monitoring on container ships and the corresponding identification of the ignition source.

The main task of this dissertation research is to develop a method for assessing the background thermal radiation of container cargo and identification of the ignition source container using a certain number of thermal imagers in real time and a defined scheme of their placement, taking into account the "blind zones" of the thermal imagers' common field of view.

To solve the main task of this dissertation research, it was decomposed into the **auxiliary tasks**, namely:

- 1) development of a method for identifying the source of ignition in the field of view of a single thermal imager within the cargo space of a container ship in the presence of a certain number of observation objects;
- 2) determination of the necessary parameters and dependencies for drawing up a several thermal imagers' installation pattern for the cargo space of a container ship, taking into account the ship's conditions of cargo transportation and the features of such a pattern;
- 3) development of algorithms for the temperature data processing and assessing the state of cargo, particularly in the "blind zones" of the common field of view of a certain number of thermal imagers, in the context of the container cargo temperature monitoring system.

The scientific novelty of the results of this dissertation research consists in improvement of the processes of the container cargo monitoring and the corresponding determination of the ignition source-container by developing the new method and the model of the container cargo temperature automated monitoring system and the corresponding identification of the ignition source in real-time during sea transportation using thermographic equipment. The following results were achieved in the work:

- **for the first time**, a method was developed to determine the container-source of ignition, namely its temperature and position, in the field of view of a single thermal imager when observing a certain number of containers in the cargo space of a container ship, which ensures the determination of the ignition source-container's position and its corresponding temperature within the field of view of

the thermal imager located in the hold or on the deck of the container ship, by means of image processing in visible and infrared spectra and dependencies between the coordinate systems of observation objects and their corresponding images;

- **for the first time**, parameters and dependencies for drawing up a several thermal imagers' installation pattern for the cargo space of a container ship were proposed, taking into account the ship conditions of cargo transportation and the features of such a pattern, which give opportunity to take into account the number of containers within the "blind zone" of the common field of view of the thermal imagers, the total number of containers within the cargo space and the number of containers within the field of view of a single thermal imager when calculating the number of thermal imagers;

- **for the first time**, the algorithms were developed for the temperature data processing and assessing the state of cargo, particularly in the "blind zones" of the common field of view of a certain number of thermal imagers, in the context of the container cargo temperature monitoring system, which allow the temperature values determination within the thermal imagers' common field of view with reference to identified objects of observation (containers) and the ignition source identification, in particular in the "blind zone" of the specified common field of view using a digital neural network.

Theoretical results and simulation modeling confirmed **the scientific hypothesis** about the possibility of using thermographic devices in the context of improvement of the processes of the cargo temperature monitoring on container ship and the corresponding identification of the ignition source in real time.

The practical significance of the obtained results is that they can be used in the development and improvement of ship fire safety, monitoring and control systems for containerized, particularly dangerous, cargoes. The scientific results obtained in this dissertation research determine its scientific position, which is formulated as follows: the identification of the ignition source in the cargo space of a container ship, as well as the assessment and monitoring of the temperature state of container cargoes, with the help of thermal imagers and appropriate methods of automating the specified

processes, can be applied with in order to ensure the safety of sea transportation and shipping.

The results of the current dissertation research are used in the educational process when teaching the discipline «Cargo transportation technology»; implemented into the educational process of advanced training courses at the Institute of Postgraduate Education "Training Center for Certification of Seafarers" of the National University "Odesa Maritime Academy"; implemented into the educational component "Research practicum", in accordance with the educational and professional program of the second master's level of training "Navigation and handling of sea vessels". Also, the obtained results are reflected in the report of the scientific and research work – "Formation of transport and technological processes of the development of the maritime industry functioning" (No. DR 0122U201980, Section 4 – Development of methods for ensuring the safety of the ship's navigation during the transportation of dangerous goods, subsection 4.1 – Development of a method for the ignition source identification in the field view of a single thermal imager within the cargo area of a container ship).

Keywords: container ship, cargo plan, dangerous goods, safety of cargo transportation, containerized cargo, thermal imager, cargo temperature control, fire detection, image processing, Artificial Neural Network (ANN), simulation modelling, human factor, safety of shipping.

List of publications in which the main scientific results of the dissertation were published:

1. V. Konon and V. Savchuk, "Infrared thermography in the context of fire safety in container transportation by sea," *Shipping & Navigation*, vol. 33, no. 1, pp. 43–53, Dec. 2022, doi: 10.31653/2306-5761.33.2022.43-53.
2. N. Konon and V. Konon, "Risk analysis of the container fleet in the context of the maritime operations' safety improvement," *Shipping & Navigation*, vol. 34, no. 1, pp. 79–92, May 2023, doi: 10.31653/2306-5761.34.2023.79-92.

3. V. Konon and N. Konon, “Application Perspective of Digital Neural Networks in the Context of Marine Technologies,” *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, vol. 16, no. 4, pp. 743–747, 2022, doi: 10.12716/1001.16.04.16.

4. V. Konon, N. Konon, and V. Savchuk, “Simulation modelling of a heat exchange process between the containerized cargoes,” *Journal of Maritime Research*, vol. 20, no. 1, pp. 23–29, Apr. 2023, doi: 10.5281/ZENODO.7949965.

5. V. Konon, “Image Processing Method for Cargo Container Identification in a Stack Within the Cargo Temperature Control and Fire Safety System on Container Ships,” *Polish Maritime Research*, vol. 30, no. 2, pp. 114–120, 3923, doi: 10.2478/pomr-2023-0027.

**List of publications that additionally reflect the scientific results of the
dissertation:**

6. Суднова система пожежної безпеки і температурного контролю при перевезенні контейнерних вантажів : пат. 153965 Україна : (2023.01) G08B 17/12, (2006.01) B63B 25/00. № у 2022 04770 ; заявл. 08.12.2022; опубл. 27.09.2023, Бюл. № 39 (кн. 1). 140 с.

List of publications that witness the approbation of the dissertation materials:

7. В. В. Конон, В. Д. Савчук, “Ризики при перевезенні вантажів у контейнерах,” *Матеріали науково-технічної конференції «Транспортні технології (морський та річковий флот): інфраструктура, судноплавство, перевезення, автоматизація», 15-16 листопада 2018 р., НУ «ОМА», Одеса, С. 298–302.*

8. В. В. Конон, В. Д. Савчук, “Контроль за тепловим станом вантажів при перевезенні в контейнерах,” *Матеріали науково-технічної конференції «Транспортні технології (морський та річковий флот): інфраструктура,*

судноплавство, перевезення, автоматизація», 14-15 листопада 2019 р., НУ «ОМА», Одеса, С. 169–172.

9. В. В. Конон, В. Д. Савчук, “Використання тепловізорів для контролю в рейсі за небезпечними вантажами в контейнері,” *Матеріали науково-технічної конференції «Транспортні технології (морський та річковий флот): інфраструктура, судноплавство, перевезення, автоматизація», 12-13 листопада 2020 р.*, НУ «ОМА», Одеса, С. 115–118.

10. В. В. Конон, “Оцінка особливостей системи термографічного моніторингу стану контейнерних вантажів із залученням натурних спостережень,” *Матеріали науково-технічної конференції “Судноводіння, морські технології та технології” (NST-2022) 17-18 листопада 2022 р.*, НУ «ОМА», Одеса, С. 162–164.

11. В. В. Конон, В. Д. Савчук, “Огляд судових систем пожежної безпеки та контролю за контейнерними вантажами,” *Modern research in world science. Proceedings of the 10th International scientific and practical conference, 25-27 грудня 2022*, Львів, С. 419–423.

12. V. V. Konon and V. D. Savchuk, “Data processing algorithm within cargo temperature control on containerships,” in *Materials of the 15th international scientific and practical conference “Modern Information and Innovation Technologies in Transport” (MINTT-2023), May 24-25, 2023, Kherson*, pp. 124–126.