

**ВИЗНАЧЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ДІЙ ОПЕРАТОРІВ
ОФШОРНОГО СУДНА ПІД ЧАС ВИКОРИСТАННЯ
ЛАЗЕРНО-ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ ОПОРНОГО
ПОЗИЦІОНУВАННЯ**

В.С. Мойсеєнко

викладач кафедри управління судном,
Херсонська державна морська академія, Херсон, Україна,
ORCID ID: 0000-0002-1635-3375

Анотація

Вступ. Сучасні тренди офшорної індустрії максимально сконцентровані на постійному підвищенні контролю небезпечних ситуацій, які можуть виникнути під час будь-яких операцій, та зведення аварійності, наслідків аварій до мінімуму у разі їх виникнення. За минулі 15 років вдалося значно зменшити аварійність на суднах офшорного типу за допомогою постійного вдосконалення системи динамічного позиціонування (ДП), яка дозволила в автоматичному режимі утримувати судно в заданій точці протягом довгого часу, та здійснювати різні типи операцій на критично малій відстані до небезпечних нафтогазових комплексів, розташованих у відкритому морі. Точність утримання позиції офшорного судна досягається за допомогою глобальних та локальних систем опорного позиціонування відносно рухомих та нерухомих об'єктів. Статистичні дані за 2020 рік показали, що найбільш привабливою за відношенням «ціна-якість» є локальна система опорного позиціонування, яка працює на лазерно-оптичному принципі, але користування такою системою також не гарантує безаварійності, вчасності, якщо оператор ДП судна не має великого досвіду використання таких систем та не знає, звідки та за яких умов може виникнути небезпека втрати позиції та зіткнення з об'єктом позиціонування. За період між 2010 та 2020 роком 32% аварій та небезпечних ситуацій відбулося саме через помилки операторів під час роботи з лазерно-оптичною системою опорного позиціонування (ЛОСОП). **Мета.** Метою дослідження є виявлення небезпечних дій управління екіпажу офшорного судна, які можуть привести до аварійної ситуації під час використання лазерно-оптичної системи опорного позиціонування, за допомогою сучасного методу теоретичного аналізу системних процесів (ТАСП). **Результати.** У роботі запропоновано метод аналізу безпеки використання ЛОСОП, що працює на принципі відбиття лазерного проміння від рефлектора. За допомогою ТАСП було проведено оцінку структури організації управління, змодельоване функціональну структуру управління системою, виявлені вимоги й обмеження безпеки на системному рівні, розглянуто причинні сценарії для детального визначення небезпечних дій, проведено аналіз виявлених небезпечних дій. **Висновки.** Особливість запропонованого методу ТАСП полягає в тому, що, на відміну від традиційних методів, ТАСП розглядає безпеку як проблему управління, а не проблему відмови компонентів,

ведеться ідентифікування та усунення не лише збоїв компонентів, які можуть призвести до небезпеки, але й недоліків у дизайні системи, які є чинними методами на основі відмов. Також ТАСП включає в аналіз як людських операторів системи, так і програмні компоненти, як звертаючись змістовно, так і надаючи більше значення їхній поведінці щодо електромеханічних компонентів системи.

Ключові слова: лазерно-оптична система опорного позиціонування, теоретичний аналіз системних процесів, позиціонування, оператор, судно.

DETERMINATION OF DANGEROUS ACTIONS OF OFFSHORE VESSEL OPERATORS DURING USE OF LASER-OPTICAL POSITIONING REFERENCE SYSTEM

V.S. Moiseienko

Lecturer at the Department of Ship Handling,
Kherson State Maritime Academy, Kherson, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0002-1635-3375

Summary

Introduction. Current trends in the offshore industry are focused as much as possible on constantly improving the control of dangerous situations that may arise during any operations and reducing accidents and the consequences of accidents to a minimum in case of their occurrence. Over the past 15 years, it has been possible to significantly reduce accidents on offshore vessels by continuously improving the Dynamic Positioning system (DP), which made it possible to automatically hold the vessel at a given position for a long time, and perform various types of operations at a critically short distance to dangerous oil and gas complexes located on the high seas. The accuracy of maintaining the position of an offshore vessel is achieved using global and local reference positioning systems, relative to moving and stationary objects. Statistics for 2020 showed that the most attractive in terms of "price-quality" is the local reference positioning system, which works on the laser-optical principle, but the use of such a system also does not guarantee trouble-free, timely, if the operator of the ship's DP does not have much experience in using such systems and does not know where and under what conditions there may be a risk of loss position, and collision with the object of positioning. Between 2010 and 2020, 32% of accidents and dangerous situations occurred precisely because of operator errors when working with the laser-optical positioning reference system (LOPRS). **Purpose.** The purpose of the study is to identify dangerous actions of the crew of an offshore vessel that can lead to an emergency situation when using a laser-optical reference positioning system, using a modern method of theoretical analysis of system processes (TASP). **Results.** The paper proposes a method for analyzing the safety of using LOPRS, which works on the principle of reflection of laser beam from a reflector. With the help of TASP, the structure of the management organization was evaluated, the functional structure of the system management was modeled, safety requirements and restrictions were identified at the system level, causal scenarios for detailed determination of dangerous actions were considered, and the identified dangerous actions were analyzed. **Conclusions.** The peculiarity of the proposed TASP method is that, unlike traditional methods, TASP considers security as a management problem, and not a problem of component failure. TASP also includes both human system operators and gram

components in the analysis, addressing both content and providing more information about their behavior relative to the electromechanical components of the system.

Key words: *laser-optical positioning reference system, theoretical analysis of system processes, positioning, operator, vessel.*

Вступ. Лазерно-оптична системи опорного позиціонування є одною з найдоступніших систем опорного позиціонування, яка використовується на суднах динамічного позиціонування і відповідає вимогам International Marine Organization та The International Marine Contractors Association (IMCA) для використання на суднах [1, 2]. Ціноутворення, практичність та можливість обслуговування без значних витрат зробили цю систему однією з найчастіше встановлюваних на судна динамічного позиціонування. Нині таку систему можна зустріти на різних типах суден: пасажирських, транспортно-буксирних, науково-дослідних, інженерно-геологічних, аварійно-рятувальних, спеціалізованих водолазних, трубоукладальних, плавучих нафтосховищах (судна типу FSO, FPSO), танкерах [3; 4].

Правильне застосування лазерно-оптичної системи опорного позиціонування (ЛОСОП) відіграє дуже велику роль у безпечному виконанні поставлених завдань, запланованих маневрів і можливості утримувати судно в заданій позиції відносно рухомих та нерухомих об'єктів [5; 6]. Використання такої системи є нелегким завданням для операторів та потребує багато знань, досвіду і постійного контролю параметрів цієї системи. Але все це не гарантує безаварійності, вчасності, якщо оператор ДП судна не має великого досвіду використання таких систем та не знає, звідки та за яких умов може виникнути небезпека втрати позиції та зіткнення з об'єктом позиціонування [7].

Постановка проблеми. Більшість традиційних методів аналізу безпеки лазерно-оптичних систем опорного позиціонування засновані на теорії надійності, яка використовується компаніями для аналізу власних лазерно-оптичних систем опорного позиціонування. Такі методи були засновані багато років тому для вирішення проблем системи, яка включала мало програмного забезпечення, та були набагато простішими за системи, що розробляються та використовуються сьогодні. Компанії спробували інтегрувати аналіз програмного забезпечення у традиційний метод аналізу, однак основні припущення, що складають основу цих методів, не відповідають вимогам сучасних технологій, не вдається визначити причини багатьох аварій. Як результат, традиційні методи не можуть визначити та вирішити всі проблеми безпеки, які необхідні для безпечної роботи системи [8].

Теоретичний аналіз системних процесів (ТАСП) – це новий метод аналізу безпеки, заснований не на теорії надійності, а на теорії систем. ТАСП був прийнятий за основу визначення контролю небезпечних дій між операторами судна та ЛОСОП [9, 10].

Теоретичний аналіз системних процесів відрізняється від традиційних методів аналізу безпеки тим, що розглядає безпеку як проблему управління, а не проблему відмови компонентів. Через цю значно ширшу сферу застосування ТАСП виявляє та усуває не лише збої компонентів, які можуть призвести до небезпеки, але й недоліки в дизайні системи, які є чинними методами на основі відмов. Також ТАСП включає в аналіз людських операторів [11] та програмні компоненти, звертаючись до них як змістовно, так і надаючи більше значення їхній поведінці щодо електромеханічних компонентів системи [12].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання цієї проблеми, показав, що для досягнення поставлених цілей потрібно зібрати дані про інциденти, які виникли через різні причини під час використання ДП системи. Для збору даних про інциденти морська організація ІМСА запровадила систему звітності, яку оператори судна повинні надіслати для того, щоб комісія зі спеціалістів могла детально розібратися, що саме було зроблено не так і де оператори допустили помилку, яка спричинила аварію або небезпеку [13]. Далі комісія опубліковує офіційне заключення на веб-сайті для подальшого ознайомлення усіх членів організації ІМСА. Зробивши аналіз за період 2007–2015 рр., бачимо, що офіційно в ІМСА було зареєстровано 619 ДП інцидентів, з яких 181 відбулося саме через помилки ДП операторів за використання систем опорного позиціонування, в які входить ЛОСОП, а саме 29,24% від загальної кількості інцидентів [14; 15].

Важливим аспектом системи ДП є людський фактор. Немає різниці, наскільки сучасна та модернізована лазерно-оптична система опорного позиціонування, завжди слід очікувати непередбачувані ситуації, коли реакція людини необхідна, щоб уникнути аварійної ситуації. Неправильні та необдумані дії людини можуть також вивести з ладу функціональну ЛОСОП. Система аналізу та класифікації людських факторів застосовується для виявлення людських причин аварії та інцидентів [16]. Небезпечні дії діляться на: помилки засновані на навичках, помилки, засновані на правилах, помилки, засновані на знаннях, та приховані помилки, які можуть призвести до небезпечних дій. Передумовами для небезпечних вчинків є основні помилки на рівні оператора, які можуть призвести до небезпечних дій, вони можуть бути поділені на неефективне управління ресурсами екіпажу і несприятливий психічний стан [17; 18].

Для покращення безпеки виконання ДП операцій під час використання ЛОСОП на операторів судна покладається належне планування маневрів [19] та контроль запланованих цілей. Цього можна досягти за допомогою оперативного планування діяльності, яке включає три різних елементи; режим критичної активності, режим відповідної задачі та робочі інструкції для конкретних дій [20].

Формулювання цілей статті. Застосування теоретичного аналізу системних процесів для розгляду безпеки під час використання ЛОСОП, яка передбачає небезпечний контроль та порушення обмежень щодо безпеки системи. Для цього ТАСП починається з оцінки структури організації управління, в якій працює система, а потім моделюємо функціональну структуру управління системою, показуючи розташування циклів управління зворотним зв'язком у системі. Потім ці контури управління зі зворотним зв'язком піддаються ретельному аналізу з метою виявлення контрольних дій, які призводять до небезпеки, якщо вони не передбачені в певних умовах, якщо вони надаються за певних умов, якщо надаються з неправильною синхронізацією або в неправильному порядку, які є небезпечними, якщо зупинені занадто рано або передбачені занадто пізно. Аналізуючи виявлені небезпечні контрольні дії, виявляються вимоги й обмеження безпеки на системному рівні, а також розглянуто причинні сценарії, які можуть привести до виникнення цих контрольних дій, щоб більш детально визначити, як саме може відбуватися кожна небезпечна контрольна дія.

Виклад основного матеріалу. Для демонстрації результатів роботи теоретичного аналізу системних процесів, умов безпечного використання лазерно-оптичної системи опорного позиціонування та переваг, які впливають із використання цього нового методу аналізу безпеки порівняно з іншими традиційними методами, ТАСП був використаний для аналізу офшорних суден, які використовують ЛОСОП для виконання ДП операцій. Результати показали, що теоретичний аналіз системних процесів виявив усі відмови компонентів у результаті незалежного аналізу безпеки системи. Також, аналіз показує, що ТАСП виявляє безліч додаткових проблем безпеки, які не були ідентифіковані.

Спочатку ТАСП починає виявляти аварії, яким необхідно запобігти, та небезпечні системи, які можуть призвести до нещасних випадків. ТАСП визначає нещасний випадок як небажану та несподівану подію, яка може призвести до майнових збитків, фінансових збитків, забруднення навколишнього середовища, втрати чартера, травмування людини або людські жертви тощо. Було визначено три відповідних типи аварій:

- зіткнення декількох суден;
- зіткнення судна із зовнішнім об'єктом (статичним або динамічним);
- посадка судна на мілину (робота на мілководді або поблизу берега).

Теоретичний аналіз системних процесів визначає небезпеку як стан системи або сукупність умов, які разом призведуть до аварії через втрату ЛОСОП. У таблиці 1 визначаємо небезпеки, які можуть бути застосовані і які можуть призвести до раніше визначених аварій. Таблиця 1 ілюструє небезпеки, визначення та обмеження безпеки.

Таблиця 1

Небезпеки, визначення та отримані обмеження безпеки

Небезпека	Визначення	Обмеження безпеки
Втрата мінімальної відстані.	Втрата мінімальної визначеної відстані судна що контактує з іншим твердим тілом / об'єктом (таким як місцевість, зовнішня споруда чи інше судно). Вона також визначається як порушення поточної безпечної робочої ЛОСОП.	Судно не повинно порушувати мінімальну відстань.
Втрата мінімальної відстані від місцевості.		Судно не повинно порушувати мінімальної відстані від навколишньої місцевості (берега або мілини).
Втрата мінімальної відстані з зовнішньою структурою.		Судно не повинно порушувати мінімальної відстані із зовнішньою структурою.
Втрата мінімальної відстані з іншим судном.		Судно не повинно порушувати мінімальної відстані з іншим судном.
Втрата контролю над судном.	Втрата контролю над судном визначається як нездатність оператора судна управляти або судно реагує способом, непередбачено операторам. Втрата контролю може бути відновлена, неусувна, виявлена та/або не виявлена.	Оператор не повинен втрачати контроль над судном.

Функціональна структура управління.

Рис. 1 фокусується на компонентах офшорного судна в організаційній структурі управління і показує структуру управління системою.

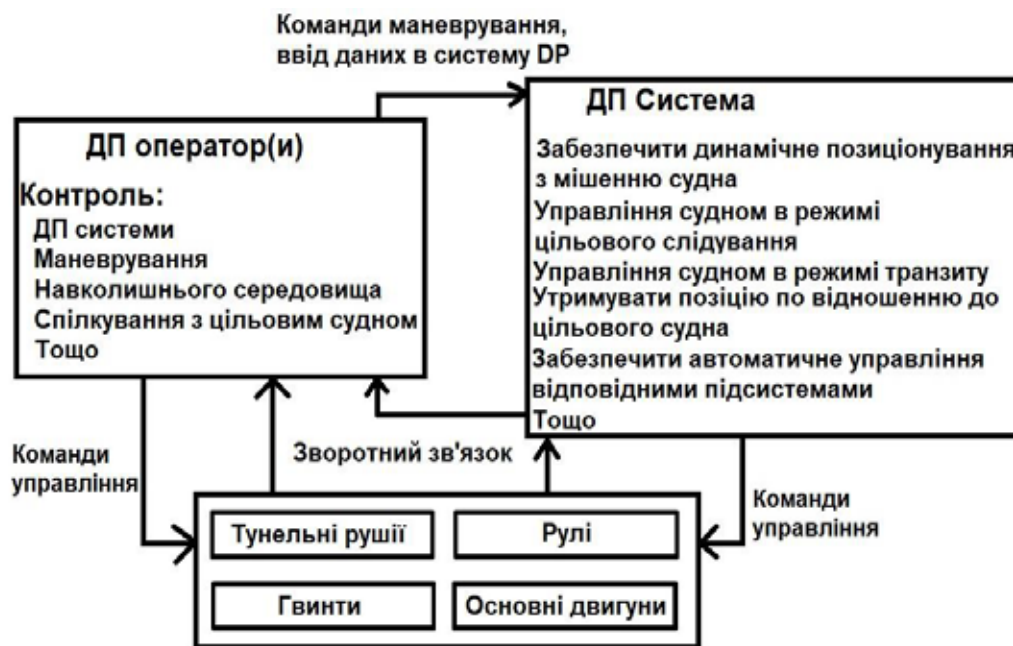


Рис. 1. Структура управління офшорного судна

Структура управління показує зв'язок між основними компонентами в системі судна. ДП-оператори, відповідальні за маневрування судном, керування системою ДП, контроль навколишнього середовища та спілкування з цільовим судном під час операції. Для виконання цих завдань кожен із операторів має поточний стан керованого процесу системи ДП, судна та середовища місії. Залежно від режиму роботи ДП-оператори можуть керувати судном вручну, безпосередньо тунельними рушійними, рулями, гвинтами та основними двигунами судна. Керування судном ДП оператори також можуть здійснювати шляхом використання ДП-системи, даючи команди для маневрування через інтерфейс, вибираючи різні режими автоматичного позиціонування судна за допомогою ЛОСОП. Таким чином, ДП-система надає команди управління підсистемам управління судна і має власну модель судна та цільового судна.

Визначення небезпечних дій управління між операторами та ЛОСОП.

На рис. 2 показано структуру управління між операторами та ЛОСОП. У таблиці 2 наведено небезпечні дії управління та подальші обмеження безпеки, що генеруються між операторами та ЛОСОП.

Кожна виявлена небезпечна дія має простежувані вимоги безпеки, обмеження, які можуть бути включені для пом'якшення виявленої небезпеки. Вимоги безпеки, обмеження пов'язані з трьома небезпечними діями, наведеними в таблиці 2.

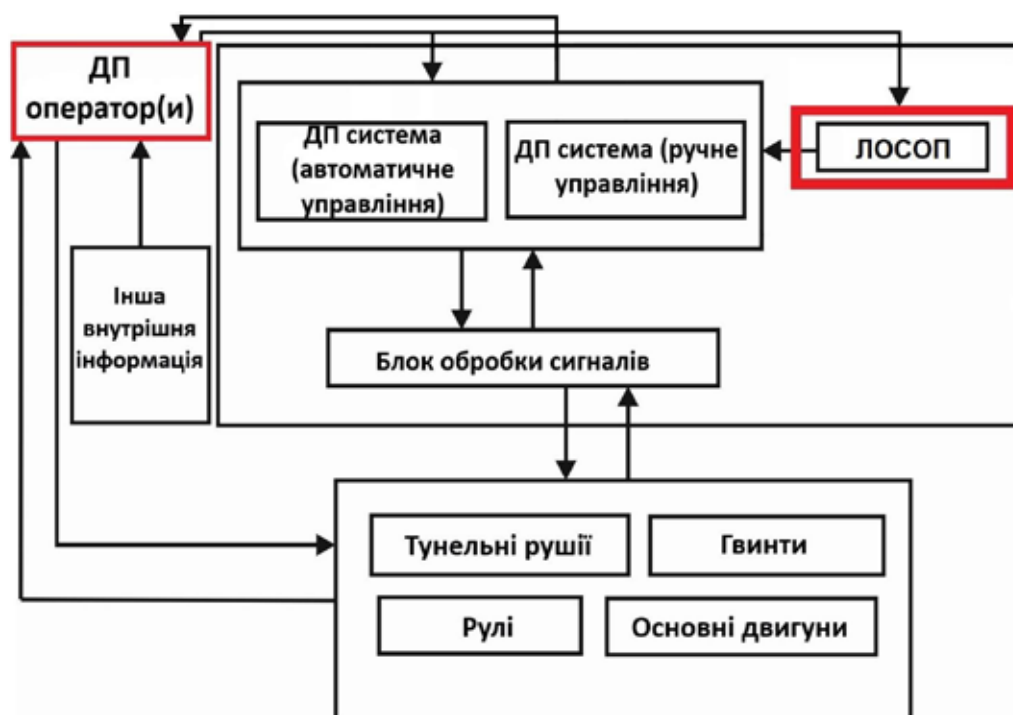


Рис. 2. Структура управління між операторами та ЛОСОП

Таблиця 2

Небезпеки та отримані обмеження безпеки

Контрольна дія	Не передбачає небезпеку	Передбачає небезпеку	Неправильний порядок
Увімкнуті ЛОСОП	Не застосовується	Сценарій 1: Оператор вмикає ЛОСОП для використання в ДП операціях із встановленими неправильними параметрами ЛОСОП.	Не застосовується
		Сценарій 2: Оператор вмикає ЛОСОП без відключення живлення та перезапуску програмного забезпечення ЛОСОП після того, як прилад занадто довго перебуває в режимі призупинення.	
Вимкнуті ЛОСОП	Сценарій 3: Оператор не вмикає ЛОСОП і не приймає ручне управління, коли ЛОСОП виходить з ладу.	Сценарій 4: Оператор вимикає з автоматичного відстеження рефлектор(и) ЛОСОП під час ДП операцій.	Сценарій 5: Оператор вмикає ЛОСОП перед переходом на ручне управління.

Причинні сценарії та пов'язані з ними вимоги до повного переліку небезпечних дій наведені нижче.

Сценарій 1: Оператор вважає, що поздовжні зсуви, кут нахилу та азимутальний кут сенсора ЛОСОП налаштовані правильно, коли насправді один або всі ці параметри є неправильні. Неправильна модель процесу може бути результатом, коли:

а) Оператор встановив неправильне значення параметра і не розумів, що він здійснив помилку.

б) Оператор неправильно встановив рефлектори для виконання ДП операцій.

в) Кут нахилу сканера ЛОСОП щодо рефлектора не є прийнятним для отримання потрібних даних.

Заходи безпеки для сценарію 1:

1. Місце розташування рефлекторів повинно бути ретельно спланованим, беручи до уваги можливі маневри судна у зоні дії ЛОСОП.

2. Повинні бути встановлені процедури, щоб забезпечити оптимальний кут нахилу під час роботи ЛОСОП.

3. Оператор судна повинен отримувати зворотний зв'язок, якщо кут нахилу сенсора ЛОСОП не є оптимальним під час роботи.

Сценарій 2: Оператор вмикає ЛОСОП без відключення живлення та перезапуску програмного забезпечення. ЛОСОП перебуває у режимі призупинення протягом тривалого часу. Через тривалий період перебування ЛОСОП у режимі призупинення оператор не знає про утворення системних несправностей і починає автоматичне позиціонування.

Заходи безпеки для сценарію 2:

1. ЛОСОП повинна реєструвати, скільки триває періоди режиму призупинення системи, і ця інформація повинна бути легко доступною для операторів.

2. Якщо сенсори ЛОСОП перебувають у режимі призупинення довше визначеного періоду часу, оператори повинні бути проінформовані про необхідність відключення живлення та перезапуску програмного забезпечення ЛОСОП перед початком ДП операцій.

3. Повинні бути встановлені процедури перевірки, що визначають, коли і як часто ЛОСОП слід відключати від джерела живлення та перезавантажувати програмне забезпечення.

4. ЛОСОП повинна вимагати перезапуску програмного забезпечення та відключення від джерела живлення після тривалого періоду призупинення.

Сценарій 3: ЛОСОП надсилає недостовірні дані до ДП системи. ДП система не визнає, що дані недостовірні, і отже, не попереджає оператора про несправність ЛОСОП. Це може бути через те, що відображення від одного з рефлекторів було навмисно усунене зі вводу даних (через слабкий сигнал, збій, тощо), а решта два рефлектори продовжують надіслати недостовірну інформацію до ДП системи. За наявності лише двох рефлекторів розбіжність виявити не вдається, а оператор не вмикає ЛОСОП із ДП системи.

Заходи безпеки для сценарію 3:

1. ДП операції не повинні продовжуватися за наявності менш ніж трьох рефлекторів для ЛОСОП.

2. Оператор судна повинен бути повідомлений, коли рефлектор не може бути використаний для виявлення розбіжностей.

3. Подальші випробування повинні бути проведені для оцінки поточних сигналів ЛОСОП. Результати випробування мають показати, чи потрібно додавати

якісь нові сигнали тривоги, чи поточні сигнали тривоги не надають належної інформації для оператора, щоб зрозуміти та зреагувати на сигнал тривоги.

Сценарій 4: Оператор ненавмисно вимикає з автоматичного відстеження один або декілька рефлекторів під час ДП операцій що призводить до втрати позиції:

Заходи безпеки для сценарію 4:

1. Не повинно бути можливості вимкнути всі рефлектори з автоматичного відстеження коли ДП система використовує ЛОСОП для управління судном.
2. Завжди, коли рефлектори ЛОСОП вимикаються, оператор повинен отримувати сигнал, що відстеження рефлекторів вимкнене.
3. Вимкнення рефлекторів ЛОСОП повинно бути багатоступеневим щоб уникнути випадковому вимкненню.

Сценарій 5: Виникає ситуація, яка вимагає від оператора припинення автоматичного позиціонування та переходу до повного ручного управління судна. Оператор вимикає відстеження рефлекторів перед переходом на повне ручне управління що призводить до втрати позиції.

Заходи безпеки для сценарію 5:

1. Відстеження рефлекторів ЛОСОП не слід вимикати перед переходом на ручне управління судном.

2. Вимкнення усіх рефлектори з автоматичного відстеження повинне бути неможливим коли ДП система використовує ЛОСОП для управління судном.

3. Оператор повинен впевнитися що він здатний маневрувати судном в ручному режимі и після відходу на безпечну відстань завершити роботу ЛОСОП.

Виконавши аналіз певних системних процесів ЛОСОП було розроблено обмеження та вимоги безпеки для зменшення небезпечних дій:

1. ДП система повинна виявляти недостовірні дані, отримані в процесі використання ЛОСОП та відхиляти їх.

2. Попереджувальний сигнал повинен бути надісланий оператору, коли відбувається отримання недостовірних даних із ЛОСОП у ДП систему.

3. Оператори повинні бути забезпеченні вимогами безпеки для виконання ДП операцій.

4. Оператори не повинні експлуатувати судно, якщо ДП операції не відповідають вимогам безпеки.

5. Власник судна повинен визначити відповідальних за створення конкретних процедур та дій в непередбачених ситуаціях

6. Оператори повинні бути ознайомлені з конкретними процедур та діями, якщо вони підходять для різних сценаріїв.

7. Інструктаж з техніки безпеки повинно бути проведено для майбутніх ДП операцій .

8. Починаючи процедуру дій в непередбачених ситуаціях, оператори, повинні координувати свої дії один з одним.

9. Повинні бути вжиті заходи для оцінки дій операторів судна, які виконують процедуру дій у непередбачених ситуаціях.

10. Оператори мають отримувати попереджувальний сигнал, якщо судно перебуває на шляху зіткнення із зовнішнім об'єктом або іншим судном.

11. ЛОСП повинна мати можливість виявляти помилкові відображення і не повинна надсилати недостовірні до ДП системи.

Висновки. Як показує дослідження, теоретичний аналіз системних процесів можна використовувати для ефективного та детального аналізу безпеки лазерно-оптичної системи опорного позиціонування. Завдяки використанню теоретичного аналізу системних процесів було виявлено багато проблем безпеки, які раніше не були описані в існуючих документах безпеки лазерно-оптичної системи опорного позиціонування. Також шляхом дотримання теоретичного аналізу системних процесів були сформовані та виявлені небезпечні дії та подальші причинно-наслідкові сценарії. У роботі були розглянуті та вирішені такі питання безпеки, як:

- неадекватні процеси управління параметрів ЛОСОП;
- недоліки програмного забезпечення в режимі призупинення системи;
- передача недостовірних даних з ЛОСОП у ДП-систему;
- проблеми з безпекою контролю відстеження рефлекторів;
- небезпеки переходу на ручне управління.

Вирішення цих критичних питань безпеки значно допоможе ДП-операторам уникнути можливих аварій, пов'язаних із використанням ЛОСОП, забезпечити безпечне позиціонування судна біля нафтогазових комплексів, уникнути фінансових збитків та навіть можливих людських втрат.

ЛІТЕРАТУРА

1. MSC.1/Circ.1580. Guidelines for vessels and units with dynamic positioning (DP) systems. *International Marine Organization*. 2017.
2. IMCA M 103. Guidelines for the Design and Operation of Dynamically Positioned Vessels. *International Marine Contractors Association*. 2020. Rev. 4.1. Pp. 24–31.
3. Бондаренко С.И. Эксплуатация судов с учетом использования системы динамического позиционирования. *Водный транспорт*. 2016. № 1(24). С. 6–11.
4. Богомья В.И., Бондаренко С.И., Кривенко Н.В. Разработка научно-технических предложений по применению систем динамического позиционирования. *Водный транспорт*. 2012. № 3(15). С. 12–17.
5. Мойсеєнко В.С. Визначення робочих діапазонів лазерно-оптичної системи опорного позиціонування Fanbeam при різних умовах хвилювання моря. *Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT–2019)*. 2019. С. 54–57.
6. Гудков Д.Н., Тихонов И.В. Системы динамического позиционирования судов как эргатический инструмент повышения безопасности мореплавания. *Системы обработки информации*. 2013. № 8(115). С. 32–36.
7. Pil I. Causes of Dynamic Positioning System Failures and Their Effect on DP Vessel Station Keeping. *Estonian Maritime Academy*. 2018. Pp. 29–46.
8. Herdzik, J. Dynamic positioning systems during emergency or unexpected situations. *Journal of KONES*. 2013. No. 20(3). Pp. 153–159.
9. Габрук Р.А. Формалізація комплексної методики гарантування безпеки динамічного позиціонування. *Водний транспорт*. 2013. № 2. С. 202–207.

10. Габрук Р.А. Принципи створення програмного забезпечення програмно-апаратних комплексів підтримки прийняття рішень щодо безпеки динамічного позиціонування. *Водний транспорт*. 2013. № 3. С. 35–37.
11. Лелеко М. В. Шляхи підвищення якості взаємодії оператора з системою динамічного позиціонування. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії*. 2018. № 1(18). С. 27–33.
12. Moiseenko V.S., Zinchenko S. M., Tovstokoryi O. M. Automatic Beam Control of Laser-Optical Position Reference System. *II International Maritime Scientific Conference of the Ship Power Plants and Technical Operation Department of Odessa National Maritime University (MPP&O-2020)*. 2020. Pp. 361–367. doi: 10.13140/RG.2.2.19286.40006
13. Hauf K.S. Analysis of Loss of position incidents for dynamically operated vessels. *Norwegian University of Science and Technology*. 2014. Pp. 14–37.
14. Dong Y., Rokseth B., Vinnem E.J., Utne I.B. Analysis of Dynamic Positioning System Accidents and Incidents with Emphasis on Root Causes and Barrier Failures. *Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice*. 2016. doi: 10.1201/9781315374987-28
15. Габрук Р. А. Безпека динамічного позиціонування в умовах погіршеної роботи супутникової радіонавігаційної системи. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії*. 2019. № 2(21). С. 4–19.
16. Nosov, P., Zinchenko, S., Popovych, I., Safonov, M., Palamarchuk, I., Blakh, V. Decision support during the vessel control at the time of negative manifestation of human factor. *3rd International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems*. 2020. Pp. 12–26.
17. Rokseth B., Utne I.B. Dynamic risk assessment of marine systems. *Safety and Reliability of Complex Engineered Systems*. 2015. Pp. 725–733. doi: 10.1201/b19094-98
18. Dong Y., Vinnem E.J., Utne I.B. Improving safety of DP operations: learning from accidents and incidents during offshore loading operations. *EURO Journal on Decision Processes*. 2017. No 5. Pp. 5–40. doi: 10.1007/s40070-017-0072-1
19. Товстокорий О.М., Мойсеєнко В.С. Керування положенням полюсу повороту на двогвинтовому конвенційному судні. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії*. 2017. № 2(17). С. 101–109.
20. Desai N. Dynamic Positioning: Method for Disaster Prevention and Risk Management. *Procedia Earth and Planetary Science*. 2015. No. 11. Pp. 216–223. doi: 10.1016/j.proeps.2015.06.028

REFERENCES

1. MSC.1/Circ.1580. (2017). Guidelines for vessels and units with dynamic positioning (DP) systems. International Marine Organization.
2. IMCA M 103. (2020). Guidelines for the Design and Operation of Dynamically Positioned Vessels. International Marine Contractors Association, Rev. 4.1, 24–31.

3. Bondarenko S.I. (2016). Operation of vessels taking into account the use of a dynamic positioning system. [Ekspluatatsiia sudov s uchetom ispolzovaniia sistemy dinamicheskogo pozicionirovaniia]. Water transport, 1(24), 6–11 [in Russian].
4. Bogomia V.I., Bondarenko S.I., Krivenko N.V. (2012). Development of scientific and technical proposals for the use of dynamic positioning systems. [Razrabotka nauchno-tekhnicheskikh predlozhenii po primeneniiu sistem dinamicheskogo pozicionirovaniia]. Water transport. 3(15), 12–17 [in Russian].
5. Moiseienko V.S. (2019) Determination of the operating ranges of the Fanbeam laser-optical reference positioning system under various sea wave conditions. [Vyznachennia robochykh diapazoniv lazerno-optychnoi systemy opornoho pozytsionuvannia Fanbeam pry riznykh umovakh khvyliuvannia moria]. Modern information and innovative technologies in transport (MINTT-2019), 54-57 [in Ukrainian].
6. Gudkov D.N., Tikhonov I.V. (2013). Dynamic positioning systems of ships as an ergatic tool for improving the safety of navigation. [Sistemy dinamicheskogo pozicionirovaniia sudov kak ergaticheskii instrument povysheniia bezopasnosti morepla-vaniia]. Information processing systems, 8(115), 32–36 [in Russian].
7. Pil I. (2018). Causes of Dynamic Positioning System Failures and Their Effect on DP Vessel Station Keeping. Estonian Maritime Academy, 29–46.
8. Herdzik, J. (2013). Dynamic positioning systems during emergency or unexpected situations. Journal of KONES, 20(3), 153–159.
9. Habruk R.A. (2013). Formalization of a comprehensive methodology for ensuring the safety of dynamic positioning. [Formalizatsiia kompleksnoi metodyky harantuvannia bezpeky dynamichnoho pozytsionuvannia]. Water transport, 2, 202-207 [in Ukrainian].
10. Habruk R.A. (2013). Principles of creating software for software and hardware complexes for supporting decision-making on the security of dynamic positioning. [Pryntsypy stvorennia prohramnoho zabezpechennia prohramno-aparatnykh kompleksiv pidtrymky pryiniattia rishen shchodo bezpeky dynamichnoho pozytsionuvannia]. Water transport, 3, 35–37 [in Ukrainian].
11. Leleko M.V. (2018). Ways to improve the quality of operator interaction with the Dynamic Positioning System. [Shliakhy pidvyshchennia yakosti vzaiemodii operatora z systemoiu dynamichnoho pozytsionuvannia]. Scientific Bulletin of the Kherson State Maritime Academy, 1(18), 27–33 [in Ukrainian].
12. Moiseenko V.S., Zinchenko S. M., Tovstokoryi O. M. (2020). Automatic Beam Control of Laser-Optical Position Reference System. II International Maritime Scientific Conference of the Ship Power Plants and Technical Operation Department of Odessa National Maritime University (MPP&O-2020), 361–367. doi: 10.13140/RG.2.2.19286.40006.
13. Hauf K.S. (2014). Analysis of Loss of position incidents for dynamically operated vessels. Norwegian University of Science and Technology, 14–37.

14. Dong Y., Rokseth B., Vinnem E.J., Utne I.B. (2016). Analysis of Dynamic Positioning System Accidents and Incidents with Emphasis on Root Causes and Barrier Failures. *Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice*, doi: 10.1201/9781315374987-28.
15. Habruk R.A. (2019). Safety of dynamic positioning in conditions of poor operation of the satellite radio navigation system. [Bezpeka dynamichnoho pozytsionuvannia v umovakh pohirshenoї roboty suputnykovoї radionavihatsiinoї systemy]. *Scientific Bulletin of the Kherson State Maritime Academy*, 2(21), 4–19 [in Ukrainian].
16. Nosov, P., Zinchenko, S., Popovych, I., Safonov, M., Palamarchuk, I., Blakh, V. (2020). Decision support during the vessel control at the time of negative manifestation of human factor. *3rd International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems*, 12–26.
17. Rokseth B., Utne I.B. (2015) Dynamic risk assessment of marine systems. *Safety and Reliability of Complex Engineered Systems*, 725–733. doi: 10.1201/b19094-98.
18. Dong Y., Vinnem E.J., Utne I.B. (2017). Improving safety of DP operations: learning from accidents and incidents during offshore loading operations. *EURO Journal on Decision Processes*, 5, 5–40. doi: 10.1007/s40070-017-0072-1.
19. Tovstokoryi O.M., Moiseienko V.S. (2017). Control of the position of the pivot point on a two-screw conventional vessel. [Keruvannia polozhenniam poliusu povorotu na dvohvyntovomu konventsiiinomu sudni. *Scientific Bulletin of the Kherson State Maritime Academy*, 2(17), 101–109 [in Ukrainian].
20. Desai N. (2015). Dynamic Positioning: Method for Disaster Prevention and Risk Management. *Procedia Earth and Planetary Science*, 11, 216–223. doi: 10.1016/j.proeps.2015.06.028.