

## ЕРГАТИЧНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ГРУПАМИ СУДЕН

Соколов А.В.

Херсонська державна морська академія

Науковий керівник – к.т.н., доцент кафедри інноваційних технологій та технічних засобів судноводіння Аппазов Е.С.

**Вступ.** Зважаючи на ріст судноплавства та скупчення груп суден на підходах до портів, постає питання створення ергатичних моделей керування груп суден, що дадуть змогу полегшити процес прийняття рішення операторами станцій керування рухом суден (СКРС) та Капітанам суден. В даний час обмежені райони плавання з особливо інтенсивним

рухом об'їжджуються СКРС, які призначені для контролю процесу судноводіння і управління рухом небезпечно зближуються судів [1].

**Основна частина.** Пропонується нова ергатична модель управління групою суден, що включає впровадження в систему Automatic radar plotting aid (ARPA) нового модуля під робочою назвою «Decision support tool». Дана система є додатковим блоком існуючої судової ARPA, який дозволить пропонувати судноводіям групи суден безпечні маневри розходження.

Змодельюємо ситуацію довільного сходження групи суден, де можливе виникнення ситуації небезпечного зближення або зіткнення між її учасниками.

Оскільки, система передбачає розрахунок маневрів для розходження не тільки судна оператора, а й групи суден, відповідно повинна бути встановлена ієрархія суден як з точки зору МПЗС так і з точки зору керуючих і підпорядкованих суден. Пропонується модель при якій судові системи ARPA Decision Support Tool групи суден встановлюють між собою зв'язок у встановленому виробником радіусі, після чого суднова станція судна, який знаходиться в «центрі ваги групи суден» номінується як керуюча, а решта станцій ARPA Decision Support Tool групи суден номінуються як підпорядковані.

В рамках даного проекту під «центром тяжіння групи суден» розуміється точка, що є рівновіддаленою від суден-учасників групи.

Система повинна автоматично встановлювати необхідні значення радіуса допустимого зближення при розходженні цілей щодо один одного. Даний радіус встановлюється автоматично системою в залежності від розмірів судна, наявності небезпечного вантажу на борту, швидкості судна, концентрації суден в групі, розмірів доступної акваторії. Однак, найменше значення такого радіуса, встановлюється Капітаном судна, і може змінюватися в залежності від навігаційних обставин.

На рисунку нижче схематично наводиться варіант однакових радіусів допустимого зближення суден для всіх членів групи суден:

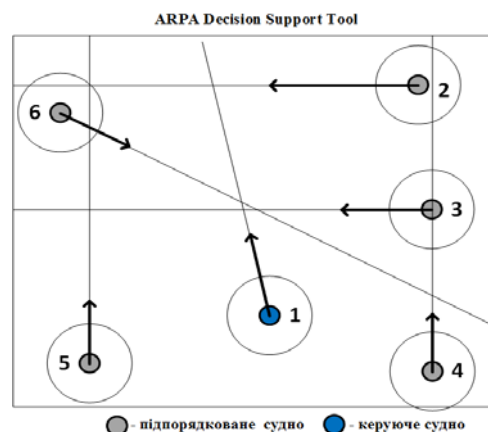


Рисунок 1 – Група суден із встановленими радіусами допустимого зближення при розходженні

Система будує лінії курсу кожного судна, учасника номінованої групи, для визначення взаємних обов'язків по розходженню, згідно правил МППЗС.

Розрахуємо ієрархію розходження суден. В даному випадку, судно яке номіновано ARPA Decision Support Tool, як «керуючий» не має права пріоритету.

Судно № 4 не має суден з правого борту, не обганяє інше і не перебуває на протилежних курсах. Дане судно має пріоритет руху, і система може запропонувати відворот вправо тільки в разі потреби, створеної іншими учасниками групи суден.

Судно № 2 не має суден з правого борту, не обганяє інше і не перебуває на протилежних курсах. Дане судно має пріоритет руху, і система може запропонувати відворот вправо тільки в разі потреби, створеної іншими учасниками групи суден.

Судно № 3 має з правого борту два судна: № 2 та № 6. Судно № 6 має з правого борту три судна: № 1, № 4 та № 5. Судно № 1 має з правого борту два судна: № 2 і № 3. Судно № 5 має з правого борту 4 судна: № 1, № 2, № 3, № 4.

Залежно від кількості суден яким номіноване судно повинно поступитися шляхом встановлюється черговість розрахунку маневрів. Судна які, в даній групі повинні поступитися шляхом найменшій кількості суден отримують «пораду» по слідуванню від ARPA Decision Support Tool першими, а маневр для розходження номінованого судна з найбільшою кількістю суден, яким воно повинно поступатися шляхом, розраховується останнім.

В рамках даного проекту під «порадою» розуміється запропонований системою алгоритм маневрів суден-учасників групи для виконання безпечного розходження відносно один одного.

Відповідно, першими «пораду» для розходження від системи отримують судна № 2 та № 4, а останнім судно № 5, як судно, яке знаходиться в найбільш не вигідному становищі.

Математичний алгоритм розходження суден, що використовується в ARPA детально описан в науковій статті [2].

Суть методу полягає в попередньому накопиченні інформації за 10 - 15 оборотів антени РЛС з подальшою апроксимацією накопичених даних прямою лінією (ЛЮД) [3, 4]:

Скористаємося вищенаведеною методикою і виконаємо розрахунок на розходження групи суден щодо один одного і дамо «поради» по розходженню суднам-учасникам даної групи. Ситуація і умова наведені на рисунку нижче:

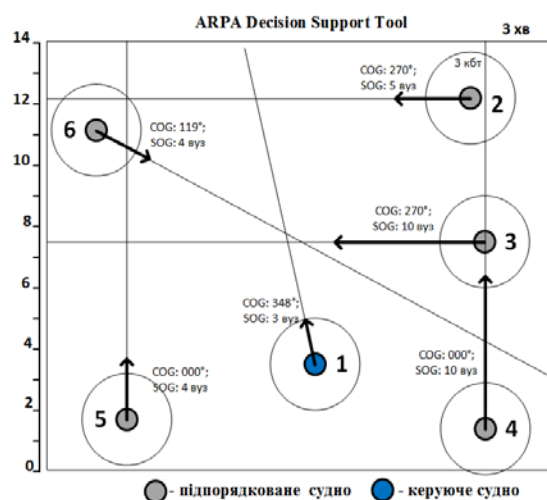


Рисунок 2 – Група суден із заданими векторами руху

Розрахунки розходження виконуються по черзі для кожного судна з групи суден. Черговість розрахунку «поради» та судна, яким поступається шляхом дане судно, наведені в таблиці 1:

Таблиця 1 – Черговість розрахунків

Номер за порядком	Номер судна	Судна яким поступається
1	2	-
2	4	-
3	1	2, 3
4	3	2, 6
5	6	1, 4, 5
6	5	1, 2, 3, 4

1. «Порада» для судна № 2: слідувати з власною швидкістю та курсом.
2. «Порада» для судна № 4: слідувати з власною швидкістю та курсом.
3. Виконаємо розрахунок розходження для судна № 1 з суднами № 2 та № 3.
4. Виконаємо розрахунок розходження для судна № 3 з суднами № 2 та № 6:

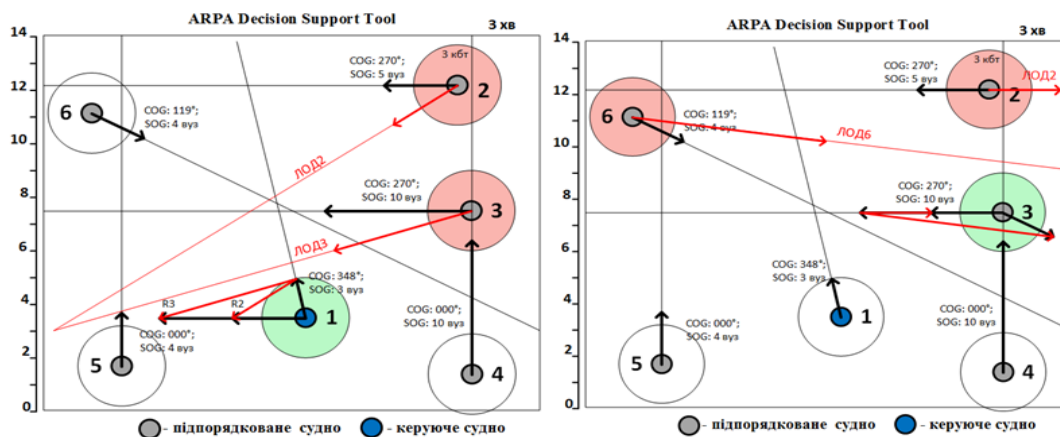


Рисунок 3 – Розрахунки безпечного розходження для суден № 1 та № 3

Відповідно, «порада» для судна № 1: слідувати з власним курсом та швидкістю.  
«Порада» для судна № 3: слідувати з власним курсом та швидкістю.

5. Виконаємо розрахунок розходження для судна № 6 з суднами № 1, № 4 та № 5:

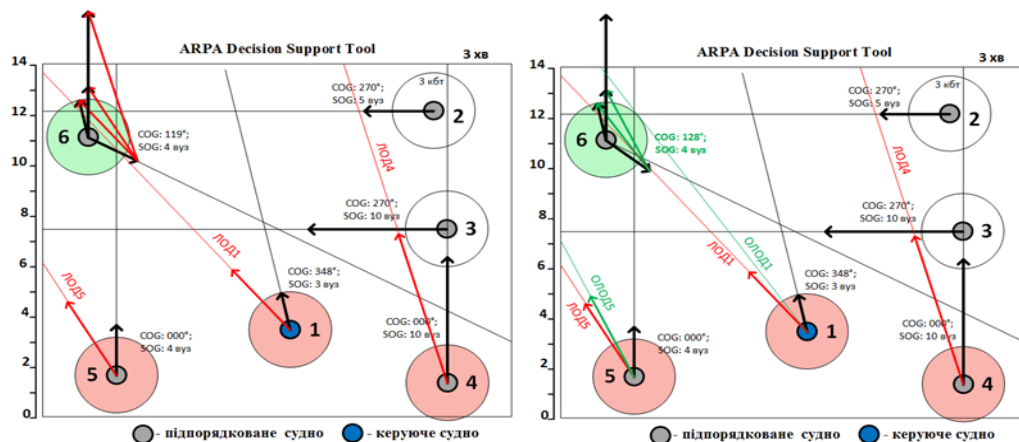


Рисунок 4 – Розрахунок безпечного розходження для судна № 6

Між суднами № 6 і № 1 виникне ситуація надмірного небезпечного зближення. Згідно МППЗС, судно № 6 має відвернути вправо. Виконавши розрахунок розходження для суден № 6, 5 та 1, запропонуємо «пораду» для оператора. «Порада» для судна № 6: лягти на курс 128° та слідувати зі своєю швидкістю.

Отже, необхідно виконати повторні розрахунки для випадків в яких судно № 6 є конфліктним. Переглянемо розходження судна № 3, з новими параметрами руху, з судном № 6.

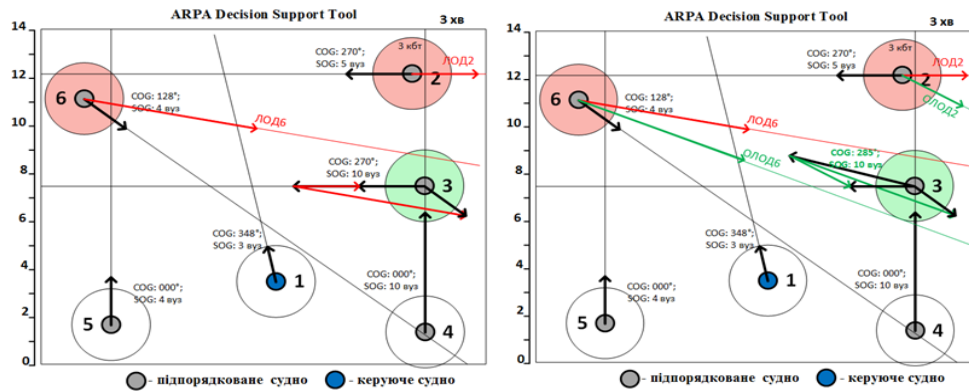


Рисунок 5 – Розрахунок безпечного розходження судна № 3 з новими параметрами руху суден

Між суднами № 6 та № 3 виникає ситуація можливого надмірного зближення. Розрахувавши маневр розходження зміною курсу, можливо запропонувати оператору «пораду» для виконання безпечного розходження.

«Порада» для судна № 3: змінити курс вправо на 285°. Тепер слід переглянути розходження судна № 1 з судном № 3, але з новими параметрами руху суден. Розрахунок виконано графічно на рисунку 6.

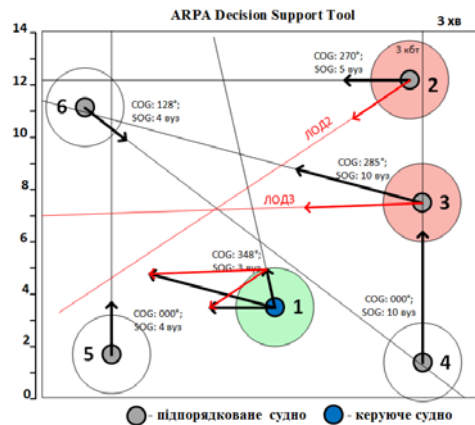


Рисунок 6 – Розрахунок безпечного розходження судна № 1 з новими параметрами руху суден

Розходження суден № 1 та № 3 з новими параметрами руху є безпечним.

Переглянемо розходження судна № 5 з суднами № 1 – 4, з новими параметрами руху.

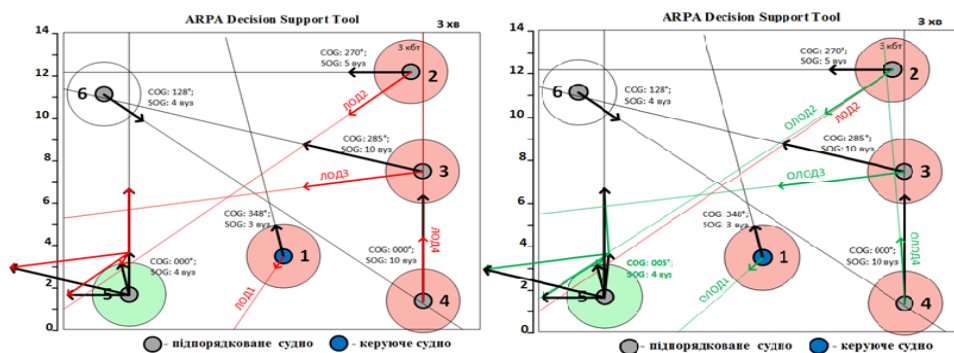


Рисунок 7 – Розрахунок безпечного розходження судна № 5 з новими параметрами руху суден

Судна № 5 та № 2 потрапляють в ситуацію надмірного зближення. Виконавши маневр розходження відворотом судна № 5 вправо, запропонуємо оператору «пораду» щодо його маневру. «Порада» для судна № 5: лягти на курс 005 ° та слідувати з колишньою швидкістю.

«Поради» для розходження суден, що є учасниками однієї групи, наведені в таблиці нижче:

Таблиця 4 – «Поради» для розходження групи суден

Номер судна	Зміна курсу	Зміна швидкості
1	Не потребується	Не потребується
2	Не потребується	Не потребується
3	Вправо на 285°	Не потребується
4	Не потребується	Не потребується
5	Вправо на 005°	Не потребується
6	Вправо на 128°	Не потребується

**Висновки.** В рамках дослідження запропонована ергатична модель керування групами суден, що включає створення додаткового блоку для суднової ARPA. Використання такої ергатичної моделі зможе полегшити процес прийняття рішення судноводіями, коли їх судна знаходяться в стислій групі. Більш того, обов'язковість введення такої системи в перспективі зможе створити навігаційні умови за яких портові влади матимуть можливість відмовитись від оператора СКРС, оскільки його функції візьме на себе ергатична модель керування групами судами. В даній статті пропонується використання ієрархічної моделі розрахування можливих моделей розходження суден та подальших генерацій «порад» для судноводіїв, від ергатичної системи керування групою суден.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основные характеристики группы судов при внешнем управлении процессом судовождения. И. А. Бурмака, к.т.н., доцент, Г. Е. Калиниченко, М. А. Кулаков // Судовождение. - 2016. - Вип. 26. - С. 35-40. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/sudovozhdenie\\_2016\\_26\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/sudovozhdenie_2016_26_6)
2. Расхождение с маневрирующими целями. Зинченко С. Н., к.т.н., Ляшенко В. Г. / Морський та річковий транспорт, № 2 (17), 2017. – с. 36 – 41.
3. Боков Г. В. Радиолокационное наблюдение и прокладка: методические указания к практическим и семинарским занятиям по дисциплине «Использование РЛС и САРП при расхождении судов» / Г. В. Боков, Е. В. Гембатов, В. Г. Ткаченко. – Севастополь : СевНТУ, 2009. – 76 с.
4. Песков. Ю. А. Практическое пособие по использованию САРП // Ю. А. Песков. – Транспорт, 1955. – 224 с.