

**PRACTICAL FEATURES OF ECDIS SAFETY DEPTH CALCULATION****ПРАКТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ  
БЕЗПЕЧНОЇ ГЛИБИНИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ЕКНІС**

**O. Burenkov**, *senior lecturer*, **O. Pipchenko**, *associate professor, PhD*,

**A. Aleksishin**, *associate professor, PhD*

**О. М. Буренков**, *ст. викладач*, **О. Д. Піпченко**, *к.тн, доцент*,

**А. В. Алексішин**, *к.тн, доцент*

*National University "Odessa Maritime Academy", Ukraine*

*Національний університет «Одеська морська академія», Україна*

**ABSTRACT**

*The safety of marine navigation in coastal areas and narrow waters, which account for 80% of total navigational accidents, remains a pressing concern. These circumstances indicate the need to improve traditional and automated methods of passage planning and control of navigation and traffic management processes, based on the assessment of the actual navigation accuracy and navigation safety parameters. According to current industry recommendations, the main parameters of safe navigation are safety depth, safety contour, permissible cross-track limit, and accuracy of position fixing.*

*This study deals with the development of a general practical approach to the calculation of the safety depth, as one of the main safety parameters in the ECDIS system, with an increased focus on those aspects of calculation where navigators tend to make mistakes.*

*Analysis of data obtained during the training on the ECDIS simulator for navigators directly involved in the passage planning process (master, navigation officer) showed systematic mistakes in assessing the route safety, which can lead to ship grounding in real world. At the same time, navigators often do not recognize the danger, misinterpret it or make mistakes when checking the passage plan for safety. The results of the competence assessment showed that 40% of masters and 30% of navigation officers make mistakes in calculating the safety depth.*

*The most common mistakes are the incorrect application of category zones of confidence (CATZOC), miscalculation of the minimum depth on the route, miscalculation of the tide height, tidal window period, the neglect of corrections for increased draught due to roll and pitch.*

*The paper suggests that the UKC (under keel clearance) company policy shall take into account the accuracy of chart information. Furthermore, the research further develops the method of calculating the safety depth, implemented in the software, which makes it possible to systematically assess the safety of a route with multiple legs with heterogeneous parameters.*

**Keywords:** ECDIS, ECDIS simulator, grounding, safety depth, safety contour, deck officers' errors leading to grounding, E-navigation.

**Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями**

Згідно зі звітами національних спеціалізованих органів ЄС з розслідування аварійних морських подій [4] у 2019 році посадка на мілину займає четверте місце (13%) за аварійністю світового флоту і може розглядатися як один з найбільш поширених видів аварій. Після сплеску навігаційних аварій упродовж останніх років ІМО прийняло Керівництво з рекомендованої практики використання ЕКНІС (циркулярний лист MSC.1/Circ.1503/Rev.1 від 16 червня 2017 року) [2], у якому особливо підкреслюється важливість вміння оператора діяти при несправності і відмовах, знання можливих помилок як при відображенні даних, так

і при їх інтерпретації. Тенденція посадок суден на мілину, викликаних діями судноводіїв під час використання ЕКНІС, обумовлює необхідність більш детального аналізу причин, що призвели до аварій, розробку і використання нових методів для планування безпечного переходу судна і вироблення комплексних рішень, пов'язаних з поліпшенням системи підготовки судноводіїв для Е-навігації.

При плаванні у прибережній зоні і в умовах мілководдя навігаційна небезпека визначається допустимою безпечною глибиною (SD – safety depth) для відповідного гідродинамічного режиму і гідрометеорологічних умов плавання (ця допустима глибина буде визначати огорожувальну ізобату, за межі якої судну заходити не слід). Глибина під кілем судна (УКС – under keel clearance) – найважливіший параметр, який визначає навігаційну безпеку. Теоретично посадка судна на мілину або контакт з ґрунтом повинні бути виключені, якщо в будь-якій точці маршруту в будь-який момент фактична глибина моря більше фактичної осадки судна. На практиці судноводії не може знати з абсолютною точністю миттєвих значень динамічної осадки судна і фактичної глибини моря, тому судноводії повинні оперувати з розрахунковими або вимірними їх значеннями, які можуть містити різні похибки. Тому необхідно брати певний запас і оцінювати необхідну безпечну глибину.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і виділення невирішених раніше частин загальної проблеми**

Концепція планування маршруту судна, яка використовується сьогодні, була запропонована ІМО [7] у 1999 р. Застосування методів планування маршруту з урахуванням маневреності судна та інших аспектів при організації сучасної вахтової служби найкращим чином, на думку авторів, викладено в книзі А. Дж. Свіфта і Т. Дж. Байлі [12]. У свою чергу стартовою точкою переходу на навігацію без паперових карт стала резолюція ІМО MSC 232 (82) [8], де відображені необхідні мінімальні вимоги до систем електронної картографії (ЕКНІС).

Варто відзначити, що перехід на електронні карти, з одного боку, спростив роботу судноводіїв, з іншого – розвинув комплекс наддовіри до системи і призвів до погіршення класичних навичок судноводіння, таких як визначення місця судна по лініях положення, коректний розрахунок небезпечних зон (NO-GO area), врахування достовірності картографічної інформації, що відображено в роботах [5, 10, 13].

Аналіз даних, отриманих в процесі навчання на тренажері ЕКНІС "Transas Navigator 4000" груп судноводіїв, безпосередньо залучених у процес планування маршруту судна (капітан, навігаційний помічник), показав наявність систематичних помилок при оцінці безпеки маршруту, які можуть привести до посадки на мілину судна в реальних умовах (рис 1.). Аналіз помилок, які припускаються судноводіями різних посад і з різним досвідом роботи, відображений в роботах [2, 14], збігається з висновками робіт [5, 10, 13].

Водночас судноводії найчастіше або не бачать небезпеки, або неправильно її інтерпретують, або допускають помилки при перевірці безпеки маршруту переходу.

Найбільш частими помилками є: неправильне використання інформації зон довіри (CATZOC); неправильна оцінка мінімальних глибин на маршруті; некоректний розрахунок рівня припливу, припливних вікон, припливних рівнів; нехтування поправками на збільшення осадки за рахунок бортової і кільової хитавиці.

Принципи планування переходу за допомогою електронних карт, так само як і різні методи розрахунку безпечної глибини (SD – Safety Depth), безпечної ізобати (SC – Safety Contour) та інших параметрів, необхідних при плануванні маршруту, викладені в ряді публікацій [1, 3, 11, 16] та галузевих рекомендацій [6, 9].

Водночас запропоновані критерії та методи розрахунку не завжди узгоджені, тому існує необхідність обґрунтованої гармонізації рекомендацій щодо розрахунку параметрів безпеки маршруту.



Рис. 1. Помилки судноводіїв при розрахунку безпечної глибини (SD)

### Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Задачею даної роботи є формування загального практично обґрунтованого підходу до розрахунку безпечної глибини як одного з основних параметрів безпеки ЕКНІС, з приділенням особливої уваги тим аспектам розрахунку, де судноводії найбільш часто роблять помилки.

### Виклад матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

*Лема.* Мінімальна допустима глибина для судна в даній точці у даний момент часу повинна дорівнювати безпечній глибині (SD):

$$SD = d + R_{UKC} + \Delta_{ZOC} + \Delta_p + \Delta_\varphi + \Delta_\theta - \Delta_T, \quad (1)$$

де:  $d$  – статична осадка судна;

$R_{UKC}$  – необхідний запас глибини під кілем судна;

$\Delta_{ZOC}$  – поправка на точність картографічної інформації;

$\Delta_{Squat}$  – просідання судна на мілководді, в обмежених умовах;

$\Delta_p$  – поправка на зміну щільності морської води;

$\Delta_\varphi$  – поправка на збільшення осадки за рахунок бортової хитавиці;

$\Delta_\theta$  – поправка на збільшення осадки за рахунок кільової хитавиці;

$\Delta_T$  – розрахункова припливна поправка, яка береться з «Таблиць припливів».

Однією з ключових в навігаційному відношенні є політика компанії щодо мінімально допустимого запасу під кілем (UKC – under keel clearance). Як правило, компанії-оператори суден встановлюють UKC політику для флоту. У 2017 році INTERTANKO (the International Association of Independent Tanker Owners) видало рекомендації [9], у яких також був запропонований приклад UKC політики для компаній з урахуванням різних районів плавання.

У роботі О. Піпченко [11] цей підхід було розвинено і доповнено наступним чином (табл. 1). Значення запасу глибини під кілем за маршрутом переходу має враховувати район плавання (відкрите море, прибережне плавання, підходи до порту, плавання по каналах і фарватерах, маневрування у порту) і точність значень даних таблиці зон довіри (CATZOC). Відкрите море (більше 12 миль від берега), коли глибини більше подвійної статичної осадки

судна: розрахунок запасу глибини під кілем (УКС) не потрібен. При глибинах менше подвійної статичної осадки судна необхідний запас глибин під кілем (УКС) повинен бути не менше 50% від статичної осадки судна. Прибережне плавання (менше 12 миль від берега): запас глибини під кілем (УКС) повинен бути 20% від статичної осадки судна. Підходи до портів, плавання по каналах і фарватерах: запас глибини під кілем (УКС) – 10% від статичної осадки судна. Біля причалу: запас глибини під кілем (УКС) – 1,5% від ширини судна або 0,3 метра, в залежності, що більше. Відкриті якірні стоянки: запас глибини під кілем (УКС) повинен бути не менше 20% від статичної осадки судна, захищені якірні стоянки судна – не менше 10% від статичної осадки судна [9].

Таблиця 1. Розрахунок запасу глибини під кілем (УКС) з урахуванням точності карти (CATZOC)

Area	Deep Sea D	Deep Sea A	Coastal D	Coastal A	Pilotage	Alongside
Range	>12 nm		<12 nm		River, harbour, channel	Min.
ZOC	D, U	A1-C	D, U	A1-C		0.5 m
УКС, % of draft	50%	20%	20%	10%	10%	5%
XTL, nm	Tactical Diam. - 2.0		0.1-1.0		Ship breadth	Not required

Наведена у табл. 1 УКС-політика також передбачає зміну безпечного коридору відносно осі маршруту (XTL – cross track limit). Ґрунтуючись на роботах Ванторре [15], в якості мінімального значення XTL було запропоновано вибрати ширину судна, що обумовлено впливом стінок каналу на керованість судна у вузькості.

Складання плану переходу вимагає, щоб при плаванні на мілководді, у каналах, вузьких фарватерах і портових водах враховувалося збільшення осадки від просідання судна на мілководді. Динамічне просідання судна ( $\Delta_{Squat}$ ) може бути оцінено за повними формулами Бараса [17], що переважно використовується в автоматизованих системах розрахунку безпечної глибини, або за спрощеними формулами, представленими нижче. Графіки, які характеризують просідання і зміну посадки конкретного судна на мілководді і в каналі, повинні бути представлені в обов'язковій інформації про маневрені елементи судна (за формою ІМО).

В обмежених водах:

$$Squat_{MAX} = \frac{C_B \times V^2}{50} \text{ при } S = b \times d / W \times H \in (0.1; 0.25) \quad (2)$$

На відкритому мілководді:

$$Squat_{MAX} = \frac{C_B \times V^2}{100} \text{ при } H/d \in (1.1; 1.4) \quad (3)$$

Загальний випадок:

$$Squat_{MAX} = \frac{C_B \times S^{0.81} \times V^{2.08}}{20} \quad (4)$$

де:  $C_b$  – коефіцієнт загальної повноти;

$V$  – швидкість судна, вузли;

$b$  – ширина судна, м;

$H$  – глибина каналу, м;

$d$  – середня статична осадка, м;

$W$  – ширина каналу, м.

Оцінка ризику посадки судна на мілину залежить від точності вимірювань глибин, зазначених на ЕНК. Тому у формулі розрахунку безпечної глибини (SD) необхідно

враховувати поправку  $\Delta z_{OC}$  для кожного відрізка маршруту згідно зі значеннями точності зон довіри (CATZOC), визначених у стандарті S-67 ІНО (International Hydrographic Organization) [18].

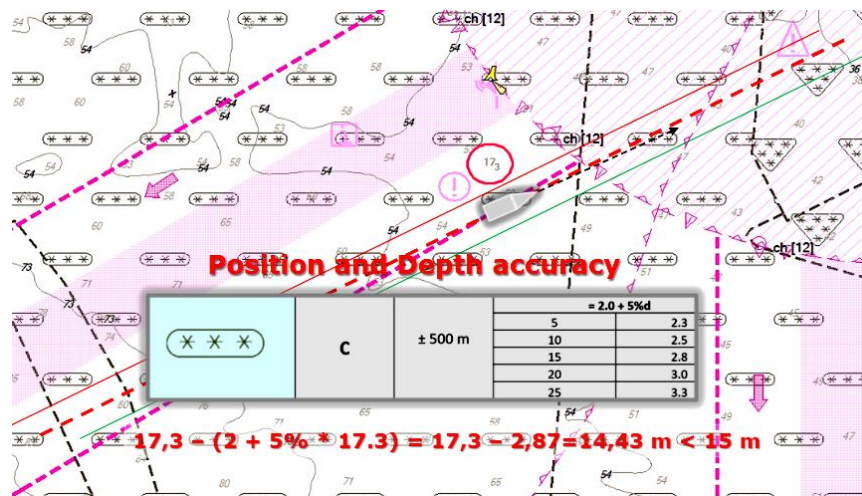


Рис. 2. Оцінка точності виміру глибини 17 метрів для судна з осадкою 15 метрів з використанням таблиці достовірності (CATZOC) [11]

Знання CATZOC особливо важливі, коли судно проходить на невеликих глибинах. Ці значення можуть сильно вплинути на розрахунок безпечної глибини. Враховуючи поправку  $\Delta z_{OC}$  при розрахунку безпечної глибини, навігаційний помічник капітана може зустріти невідповідність, при якому буде важко оцінити і розрахувати безпечну глибину, так як поправка  $\Delta z_{OC}$  для каналу або фарватеру може відповідати (CATZOC) A<sub>2</sub>, B або C. Наприклад, для (CATZOC) B інформація покриття морського дна: знімання всієї області досягти не вдалося, нанесені на карту особливості морського дна, небезпечні для навігації, не очікуються, але можуть існувати; для (CATZOC) C: знімання всієї області досягти не вдалося, аномалії в глибинах можуть очікуватися. Розглянемо у якості прикладу розрахунок безпечної глибини на прихід судна у порт.

Таблиця 2. Зони довіри (CATZOC)

ZOC	Position accuracy	Depth accuracy	Seafloor coverage	Typical survey characteristics	
A1	± 5 m + 5% depth	= 0.50 + 1% d		Full area search undertaken. Significant seafloor features detected and depths measured.	Controlled, systematic survey high position and depth accuracy achieved using DGPS or a minimum three high quality lines of position (LOP) and a multibeam, channel or mechanical sweep system.
		5	0.55		
		10	0.6		
		15	0.65		
		20	0.7		
A2	± 20 m	= 1.00 + 2% d		Full area search undertaken. Significant seafloor features detected and depths measured.	Controlled, systematic survey achieving position and depth accuracy less than ZOC A1 and using a modern survey echosounder and a sonar or mechanical sweep system.
		5	1.1		
		10	1.2		
		15	1.3		
		20	1.4		
B	± 50 m	= 1.00 + 2% d		Full area search not achieved; uncharted features, hazardous to surface navigation are not expected but may exist.	Controlled, systematic survey achieving similar depth but lesser position accuracies than ZOC A2, using a modern survey echosounder, but no sonar or mechanical sweep system.
		5	1.1		
		10	1.2		
		15	1.3		
		20	1.4		
C	± 500 m	= 2.0 + 5% d		Full area search not achieved, depth anomalies may be expected.	Low accuracy survey or data collected on an opportunity basis such as soundings on passage.
		5	2.3		
		10	2.5		
		15	2.8		
		20	3.0		
D		Worse than ZOC C		Full search not achieved, large depth anomalies expected.	Poor quality data or data that cannot be quality assessed due to lack of information.
U		Unassessed - The quality of the bathymetric data has yet to be assessed			

Depth Significant Feature: on the depth < 40m - 2 m; on the depth > 40m - 10% of depth

Навігаційний помічник капітана візуально робить оцінку підхідних курсів на предмет найменших глибин і для курсу з найменшою глибиною розраховує безпечну глибину з урахуванням усіх поправок. Якщо на прихід у порт судно буде слідувати по каналу або фарватеру, де будуть найменші глибини, навігаційний помічник капітана повинен

розрахувати безпечну глибину для курсів на каналі або фарватері і повинен включити в розрахунок поправки згідно таблиці зон довіри. У різних країнах оцінка зон довіри (CATZOC) відрізняється. Наприклад, всі канали і фарватери США мають статус CATZOC В, за винятком частини федерального каналу від хребта Ньюболд-Ла-Манш до гирла затоки Делавер – категорія зони довіри CATZOC А2. Українські порти: Одеса – категорія зони довіри на підхідному каналі CATZOC А1, а порт Південний – категорія зони довіри на підхідному каналі CATZOC С. На підхідному каналі у порту Одеса для глибини 13,6 метрів відхилення від зазначеної глибини може становити -0,64 метра, а у порту Південний для зазначеної глибини на каналі 15 метрів відхилення може становити 2,8 метра згідно з поправками по таблиці достовірності глибин (CATZOC). Відповідно, перед судноводієм виникає проблема правильного розрахунку безпечної глибини (SD), пов'язана з невідповідністю ЕНК та керівництв з плавання, тобто з відмінностями фактичних глибин від показаних на карті, хоча належний контроль за глибинами на підхідних каналах, фарватерах і акваторіях портів є відповідальністю портових урядів.

Поправка на зміну щільності морської води  $\Delta\rho$  може бути розрахована за формулою:

$$d_{NEW} = d_{OLD} \frac{\rho_{OLD}}{\rho_{NEW}} \quad (5)$$

$$\Delta\rho = d_{NEW} - d_{OLD} ,$$

де:  $d$  – осадка судна, м;

$\rho$  – щільність морської води 1.00-1.025 т/м<sup>3</sup>;

OLD/NEW – індекси початкового і нового значень відповідно.

Поправка  $\Delta\varphi$  на збільшення осадки за рахунок крену судна на хвилюванні або при повороті судна може досягати значних величин, залежно від розмірів судна і стану остійності. При кутах крену більше 10 градусів може бути розрахована за формулою:

$$\Delta\varphi = 0.5 \times B \times \tan(\varphi) , \quad (6)$$

де:

$B$  – ширина судна, м;

$\varphi$  – кут крену, °.

Якщо кут крену до 10 градусів, рівняння може бути спрощено:  $\Delta\varphi = 0.0087 \times B \times \varphi^0$ .

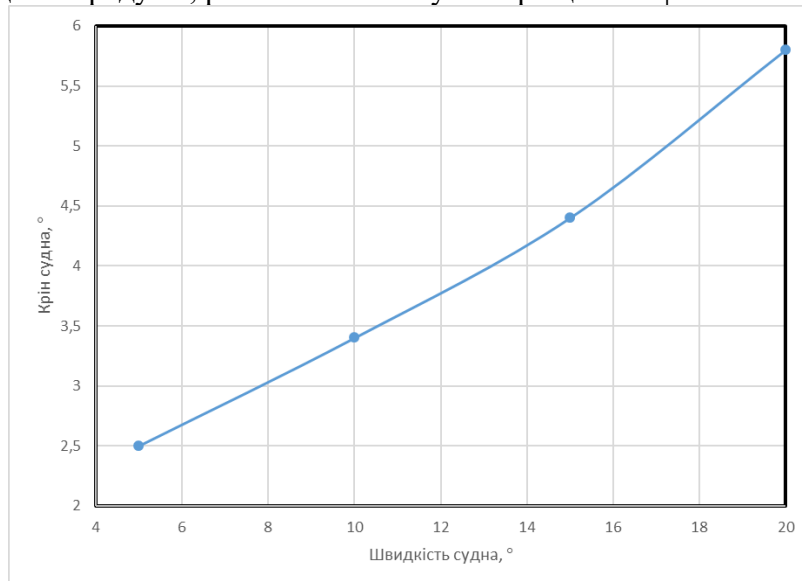


Рис. 3. Залежність кута крену при повороті від швидкості для контейнеровоза з кутом перекладки стерна 35°: довжина = 282 м, ширина = 32,2 м, осадка = 10 м, VCG = 15 м, GM = 2,0 м [19]

Таблиця 3. Залежність збільшення осадки на хвилюванні для контейнеровоза, ширина судна 40 м

Кріп, °	1	2	3	4	5
Δφ, м	0.35	0.70	1.05	1.40	1.75

На хвилюванні моря при кільовій хитавиці для судна з великою осадкою може спостерігатися збільшення осадки при наближенні до відносно мілководних ділянок у відкритому морі. У дійсності це важко оцінити, якщо судно не оснащено спеціальним вимірювальним обладнанням. На практиці поправку  $\Delta\theta$  на збільшення осадки при кільовій хитавиці можна прийняти рівною  $\frac{1}{2}$  висоти спостережуваної хвилі. Якщо судно обладнане датчиком руху (motion reference unit, MRU), який дозволяє вимірювати амплітуду кільової хитавиці, або подібним обладнанням, величина поправки  $\Delta\theta$  може бути оцінена за формулою:

$$\Delta\theta = 0.5 \times L \times \sin(\theta) + d \times \cos(\theta) - d, \quad (7)$$

де:  $L$  – довжина судна, м;

$\theta$  – амплітуда кільової хитавиці, °;

$d$  – осадка судна, м.

Таблиця 4. Залежність збільшення осадки при кільовій хитавиці для контейнеровоза з осадкою 10 м

Кут диференту, °	Найбільша довжина судна, м						
	100	150	200	250	300	350	400
0.25	0.22	0.33	0.44	0.55	0.65	0.76	0.87
0.5	0.44	0.65	0.87	1.09	1.31	1.53	1.74
0.75	0.65	0.98	1.31	1.64	1.96	2.29	2.62
1	0.87	1.31	1.74	2.18	2.62	3.05	3.49
1.25	1.09	1.63	2.18	2.72	3.27	3.82	4.36
1.5	1.31	1.96	2.61	3.27	3.92	4.58	5.23
1.75	1.52	2.29	3.05	3.81	4.58	5.34	6.10
2	1.74	2.61	3.48	4.36	5.23	6.10	6.97
2.25	1.96	2.94	3.92	4.90	5.88	6.86	7.84
2.5	2.17	3.26	4.35	5.44	6.53	7.62	8.71

$\Delta T$  (поправка глибини на коливання рівня води, вказаної на карті) – розрахункова висота рівня моря відносно нуля глибин на даний момент часу, одержувана за допомогою «Таблиць припливів», «Окремих діаграм припливу», спеціальних графіків і таблиць, видаваних для конкретних портів і районів. При оцінці припливів моря важливо знати, який нуль глибин (sounding datum) використовується на ЕНК. Зазвичай береться LAT (Lowest Astronomical Tide) – найменший обчислений наперед рівень припливу в даному районі за нормальних погодних умов. LAT визначається у результаті розрахунку рівня припливів за період 18,5 років (період нутації Місяця). У цьому випадку висота припливу завжди буде більше нуля глибин, і фактична глибина не може бути меншою, ніж позначена на карті.

Деякі країни використовують різні рівні відліку нуля глибин (sounding datum). Наприклад, Національна організація океанічних і атмосферних досліджень США (United States National Oceanic and Atmospheric Administration) використовує середнє значення малих вод у сизигію для певного місця за 19-річний період спостережень (Mean Lower Low Water,

MLLW). На американських картах MLLW використовується замість LAT. При використанні судноводієм американських таблиць і карт, висота припливу може набувати негативних значень. Тобто фактична глибина може виявитися менше, ніж позначена на карті (Sounding/Charted Depth/Sounded Depth).

У морях з незначними припливно-відливними явищами за рівень відліку нуля глибин (sounding datum) береться MSL (Mean sea level) – середній рівень поверхні моря.

Окрім астрономічних факторів, на величину і характер припливу можуть істотно вплинути фізико-географічні умови (обриси берегів, розміри і форма водойми, глибини, наявність островів), а також погодні умови (наприклад, вітер, який збігається з напрямком руху припливної хвилі, збільшує швидкість її поширення і величину припливу). Неперіодичні коливання рівня моря породжуються виключно випадковим впливом гідрометеорологічних факторів: зміною вітрів, зміною величини атмосферного тиску, тимчасовими течіями, зміною співвідношення опадів, річкового стоку і т. д. Довга хвиля може підняти рівень моря до 5 м (Фінська затока), а сильний вітер може підвищити або знизити рівень мілководних заток до 3-5 м. Судноводії не мають у своєму розпорядженні практичних методів для обчислення неперіодичних коливань рівня моря наперед. Іноді ця інформація додається у штормові попередження місцевих прогностичних органів, а більш точні дані можна отримати від служби капітана порту або від портового лоцмана.

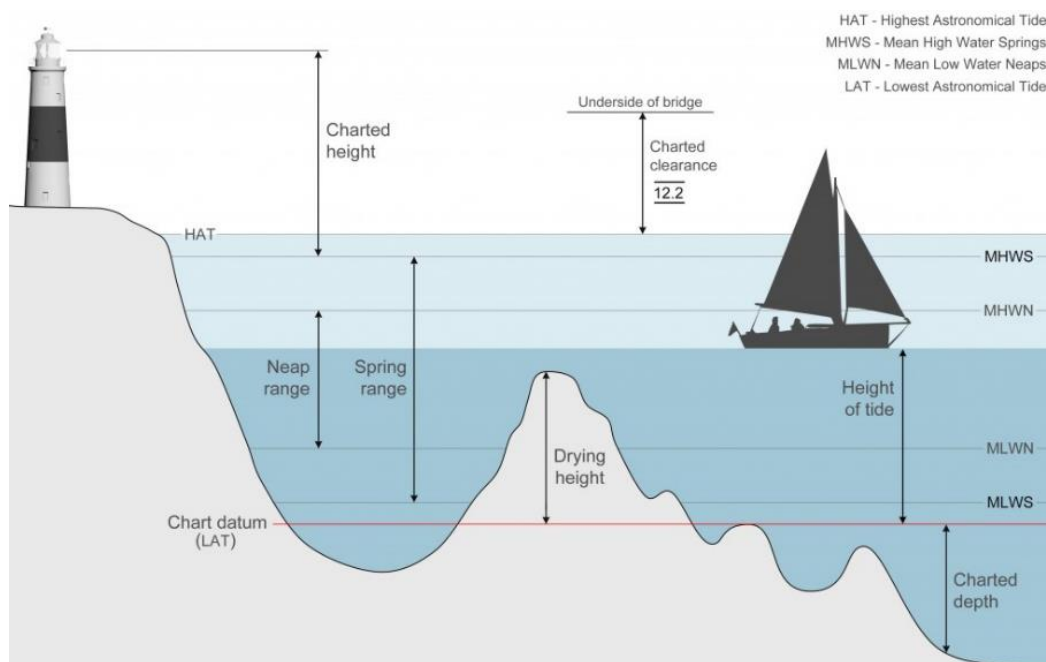


Рис. 4. Sounding Datum навігаційних карт

З огляду на аналіз помилок судноводіїв при плануванні переходу на кафедрі Безпеки морського судноплавства (ІПО ЦПАП «Одеська Морська Академія») для поліпшення процесу навчання роботи з ЕКНІС була створена програма "Voyage planning tool" (рис. 5), яка сприяє більш точному плануванню і додатковому контролю безпеки маршруту судна. Судноводій вводить у програму такі параметри: мінімальна глибина на кожному курсі, розрахункова швидкість, допустима смуга руху (XTL), радіус повороту на новий курс, район плавання (open/confined waters), ширина фарватеру, зміна щільності морської води, величина бортової і кільової хитавиці, райони зон довіри за маршрутом плавання і дані про розміри судна (довжина, ширина, блок коефіцієнт).

На підставі розрахунків програми судноводій отримує безпечну глибину для кожного курсу переходу; контролює вплив ефекту просідання судна при плаванні каналами і фарватерами; порівнює результати Squat на підставі розрахунків за спрощеним і повним формулами Бараса, бачить вплив крену судна на збільшення осадки; оцінює розрахункову





## Висновки і перспектива подальшої роботи по даному напрямку

Незважаючи на те, що ЕКНІС широко використовуються вже більше 10 років, судноводії не до кінця усвідомлюють особливості роботи з електронними картами і системами, що веде до досить грубих помилок при оцінці безпеки маршруту. Це особливо важливо для великотоннажних суден з малими співвідношеннями власних розмірів до розмірів доступної акваторії. Варто зазначити, що сучасні електронавігаційні системи у разі коректного використання дозволяють з високою точністю оцінити безпеку маршруту плавання.

Водночас сьогодні існують різні методи розрахунку параметрів безпеки. У ряді випадків критерії оцінки безпеки визначені з огляду на практичні міркування без проведення спеціальних досліджень або наукового обґрунтування. Тому на сьогоднішній день важливим завданням є визначення єдиної науково обґрунтованої методики розрахунку параметрів безпеки маршруту при плануванні навігаційного переходу за допомогою ЕКНІС. Розвиток способів навчання і практичного використання ЕКНІС за допомогою нових методів і додаткових інструментів з урахуванням сучасних вимог до оцінки безпеки планування переходу судна допоможе розвинути розуміння безпечного використання ЕКНІС та істотно знизити показники аварійності, пов'язані з посадкою на мілину.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Becker-Heins, R. (2017) Voyage Planning with ECDIS. Practical Guide for Navigators. Geomares Publishing.
2. Burenkov, O., Pipchenko, O. (2020) Monitoring and identification of errors during training on ECDIS simulators // Slovak international scientific journal: Vol. 1, №43, 46 – 50
3. ECDIS Procedures Guide 2018 Edition, Witherby Publishing Group Ltd.
4. EMSA Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2019. <http://emsa.europa.eu/emsa-documents/latest/item/3734-annual-overview-of-marine-casualties-and-incidents-2019.html> (viewed on 2020-05-20)
5. Idris Turna, Orkun Burak Öztürk (2019) A causative analysis on ECDIS-related grounding accidents, Ships and Offshore Structures, DOI: 10.1080/17445302.2019.1682919 <https://doi.org/10.1080/17445302.2019.1682919>
6. IMO (2017) MSC circ. 1503 ECDIS – Guidance for Good Practice
7. IMO (1999) resolution A. 893 (21) Guidelines for Voyage Planning
8. IMO (2006) resolution MSC 232 (82) Adoption of the Revised Performance Standards for Electronic Chart Display and Information Systems
9. INTERTANKO (2017) Guide to Safe Navigation (Including ECDIS)
10. Nielsen, M. D. (2016) How a ship's bridge knows its position – ECDIS assisted accidents from a contemporary human factors perspective. MSc Thesis. Lund University, Sweden.
11. Pipchenko, O. (2019) Passage Planning with ECDIS. Module 4: Safety limits and use of navigational functions. [https://learnmarine.com/library/EP04/Safety\\_limits\\_and\\_use\\_of\\_navigational\\_functions](https://learnmarine.com/library/EP04/Safety_limits_and_use_of_navigational_functions)
12. Swift, A. J., Bailey, T. J. (2004) Bridge Team Management. 2nd ed. Nautical Institute, London, UK.
13. Zvonimir Lusic, Mario Bakota, Zoran Mikelic (2017) Human errors in ECDIS related accidents. Proceedings of the 7th International Maritime Science Conference. Solin, Croatia

14. Піпченко, О. Д. (2020) Моніторинг та ідентифікація помилок під час навчання на навігаційних симуляторах. Суднобудування №2 2020, НУК, DOI [https://doi.org/10.15589/znp2020.2\(480\).1](https://doi.org/10.15589/znp2020.2(480).1) , 3 – 11.
15. Lataire, E., Vantorre, M., & Delefortrie, G. (2015). The Influence of the Ship's Speed and Distance to an Arbitrarily Shaped Bank on Bank Effects. Volume 11: Prof. Robert F. Beck Honoring Symposium on Marine Hydrodynamics. doi:10.1115/omae2015-41835
16. Admiralty (2019) NP231 Admiralty Guide to the Practical Use of ENC's, 3rd Edition
17. Barrass, C. (2004). Ship squat in open water and in confined channels. Ship Design and Performance for Masters and Mates, 148-163. doi:10.1016/b978-075066000-6/50019-2
18. ІНО (2017-07) S-67: Mariners' guide to accuracy of electronic navigational charts (ENC). Ed. 0.5 <https://iho.int/uploads/user/Services%20and%20Standards/DQWG/Letters/S-67%20Mariners%20guide%20to%20accuracy%20of%20ENC%20v0.5.pdf>
19. Піпченко А. Д. Расчет крена судна на циркуляции / Науковий вісник Херсонської державної морської академії № 1 (16), Херсон: ХГМА, 2017 – С. 61-67