

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

УДК 656.618:6295.067

Віктор Золотаренко, Юрій Куценко, Глеб Бараненко
(Херсон)

ОСОБЛИВОСТІ БЕЗПЕЧНОГО БУКСИРУВАННЯ СУДЕН ЛАГОМ

Сила дрейфу і обертання судна буде залежати від методу зчипки, борта швартування, розташування їх ДП відносно один одного. У статті розглядається розрахунок тягової сили і сили виникаючої на кермі буксира в складі жорстко зчепленого каравану.

Ключові слова: буксирний склад, центр тяжіння, керованість, швидкість, тяга буксира.

The force of drift and rotation of the vessel will depend on the method of coupling, mooring board, the location of their BF relative to each other. The article considers the calculation of traction and force arising at the wheel of a tug as part of a rigidly coupled caravan.

Keywords: towing composition, center of gravity, controllability, speed, traction of the tug.

Буксирування об'єктів морем є особливим випадком морської практики. Як правило, буксирування здійснюється спеціалізованими транспортно-буксирними судами або потужними комерційними буксирами, або буксирами рятувальниками [15,23,24,25].

Операція з буксирування передбачає навігаційний аналіз майбутнього маршруту переходу, проведення попередніх розрахунків щодо забезпечення надійності буксирного лінії, вироблення рекомендацій капітанам з проведення буксированої операції караваном, а також повну компетенцію [1,2,3,7,8,9], загальну фізичну готовність [19,22] та розвиток спеціальних фізичних якостей екіпажу [11,13,14]. Регулярні заняття фізичними вправами [5,6,10,12], відвідування секцій з різних видів спорту [16,17,18,20], туристична діяльність [4], попередження травматизму під час занять [21] забезпечують розвиток необхідних фізичних якостей для фахівців морської галузі.

Буксирування суден – це пересування безмоторних плавзасобів або плавзасобів з зупиненими рушіями в тому числі і аварійних суден, за допомогою буксирного або іншого судна. Як правило, виконується буксирними суднами, а також буксирами-рятувальниками.

Караван буксированих суден з буксированими називають буксирним, а буксирним складом – несамохідну частина каравану, тобто буксировані об'єкти.

По району плавання розрізняють буксирування:

- морські далекі – між портами, розташованими на різних морях і океанах;
- морські ближні – між портами одного морського басейну;
- рейдові – пов'язані зазвичай з розвантаженням суден на відкритих рейдах або введенням великих суден в порт;
- портові – здійснюються в межах портової акваторії з метою транспортування суден і портових засобів;
- річкові – здійснюються в річках;
- каналні – пересування суден по каналах.

Види буксирувань

Буксирування суден в морі може бути розділена на наступні види:

- буксирування за кормою на буксирному канаті;
- буксирування борт до борту (лагом);
- буксирування штовханням.

З цих трьох видів буксирування тільки буксирування за кормою на буксирному канаті може бути застосована для буксирування у відкритому морі, де може виникнути необхідність працювати на хвилюванні.

Буксирування борт до борту або лагом може бути здійснена в закритих водах, коли немає достатнього місця для буксирування на буксирному канаті за кормою, і в тих випадках, коли немає на морі хвилювання. Навіть при малому хвилюванні судна сильно ушкоджують один одного. Розташування судна, що буксирує збоку від буксиру дає хорошу керованість обом суднам, так як обидва судна можуть розглядатися, як одне двогвинтове судно, у якого один гвинт вийшов з ладу.

Такий вид буксирування дозволяє працювати всередині гавані (на рейдові і портове буксирування), річкове та каналні тобто в обмеженому просторі, де потрібен постійний контроль. Буксирний і стеговий буксир може бути зібраний як з лівого, так і з правого борту буксира. Існують різні способи виготовлення джгутів однак найчастіше використовуються швартові пристрої обох суден і швартових тросів, як правило сталевих. Буксир підходить до борту судна, що буксирується, заводить швартови, маючи буксируюче судно пришвартоване лагом.

При підготовці до буксирування лагом дуже важливо якомога тугіше обтягнути швартові і запобігти або пом'якшити удари суден один з одним.

Буксир повинен розташовуватися близько до корми судна, що буксирується (баржі) так, щоб корма буксира виступала за корму баржі. Чим далі вперед буксир розташовується тим буксиру гирше управляти комбінованим агрегатом (складом).

Для забезпечення проводки судна з буксирами необхідно одночасно враховувати значну кількість різноманітних параметрів.

Початкові умови цього процесу включають інформацію: тип судна, його водотоннажність, осадка і посадка, ширина і довжина, початковий стан судна, положення керма, площа парусності судна і положення центра ваги судна, що буксирується.

Важливо розуміти вплив точки повороту (pivot point) судна або будь-якого якого що буксирується. Це допоможе капітану буксира зрозуміти, як буксирований склад буде управлятися в різних ситуаціях.

Для реальних обчислень розглянемо реальні судна з характеристиками:

Буксир з одним гвинтом і одним кермом використовується для буксирування баржі ящикової форми (box barge). Буксир з фіксованим кроком гвинта діаметром (D_p) 1,8 метра і його оборотами (n) 300 об / хв розвиває потужність 1000 кВт. Площа пера керма 4 кв.м. Лінійні характеристики представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Головні параметри буксира і баржі (box barge)

Параметри	Буксир(tug)	Баржа (box barge)
Довжина максимальна, LOA (m)	40,0	60,96
Довжина між перпендикулярами, LBP (m)	39,5	60,96
Ширина, B (m)	9,0	10,67
Заглиблення, d (m)	2,2	2,74
Об'ємна водотоннажність, V (m.cu)	494,7	1646,2
Положення центра ваги по довжині від кормового перпендикуляра, LCG (m)	21,98	29,44
Коефіцієнт загальної повноти, C_v	0,633	0,924
Коефіцієнт повноти мідель шпангоута, β	0,956	0,985

Судно, баржа або буксируемый склад, зчеплений як однорідний плаваючий об'єкт, зупинений на воді без прикладених зовнішніх сил, матиме точку повороту, яка збігається з центром плавучості, яка знаходиться приблизно на мідель шпангоуті.

Чотири різні варіанти систем буксирування борт до борту (лагом) представлені на рис.1.

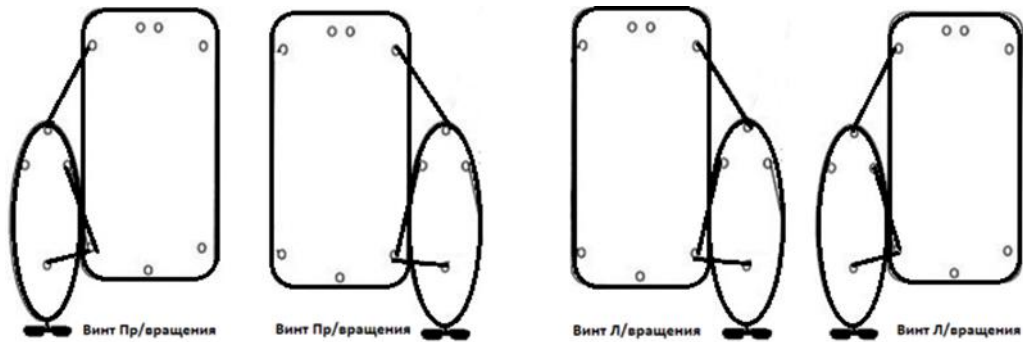


Рис. 1. Нумерація способів буксирування лагом одногвинтовим буксиром

Розглянемо кращий варіант швартування і складання системи для кращої керованості складу. Розглянемо варіант №2-буксир ошвартований до баржі лівим бортом, при цьому буксир одногвинтовий з гвинтом правого обертання.

Керованість системи суден в жорсткому зчепленні складається з властивостей поворотності і стійкості на курсі. Тут розглянемо характеристики поворотності. Поворот судна, як правило, відбувається за рахунок відхилення керма і перекладки його на деякий кут, кут (α), тобто порушення системи обтікання в даному випадку зчіпки баржі і буксира.

Поворот такої жорсткої системи (баржа + буксир) відбувається навколо точки повороту (полюса повороту) який розташований на лінії що з'єднує центри тяжкості двох суден, Gb-баржі і Gt-буксира в горизонтальній площині x-y (Рис.2). У загальному випадку центр тяжіння (Центр мас) системи в горизонтальній площині (рис. 2), називається точка G з координатами [2]:

$$x_0 = \frac{m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2 + \dots + m_n \cdot x_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}; y_0 = \frac{m_1 \cdot y_1 + m_2 \cdot y_2 + \dots + m_n \cdot y_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}. \quad (1)$$

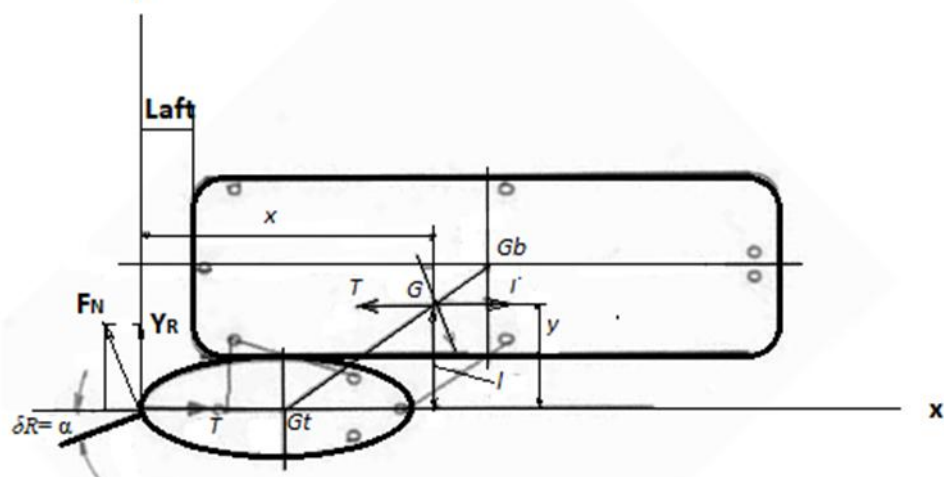


Рис. 2. Графічне зображення розташування сил відносно центра ваги

Стосовно до системи двох суден, як жорсткому зчепленні, координати рівні:

$$x = \frac{(LCG + Laft) \cdot V_b + LCG \cdot V_t}{V_b + V_t} \quad (2)$$

$$y = \frac{(0,5B_b + 0,5B_t) \cdot V_b + 0,5B_t \cdot V_t}{V_b + V_t}$$

Початок руху каравану. При дачі ходу вперед виникає сила тяги буксира "Т", яка спрямована в діаметральній площині буксира. Приклавши дві прямо протилежні сили "Т" і рівні за величиною в центр ваги цієї жорсткої системи (точка G з координатами x-y), отримаємо замість сили тяги "Т" буксира, пару сил "Т" момент якої дорівнює:

$$N = T \cdot l = T \cdot y \quad (3)$$

Це викличе обертання та сила тяги буксира, перенесеної до ц.т. G. Для того, щоб ліквідувати обертання системи, необхідно докласти момент обертання в точці G протилежного напрямку, в даному випадку тільки кермом.

Сила тяги буксира може бути визначена за французькою формулою

$$T = \frac{Sv^2}{K}, \text{ (тон)} \quad (4)$$

де $S(m^2)$ -площа мидель шпангоутів системи $S=Bb \cdot d \cdot \beta b + Bt \cdot d \cdot \beta t$;

v – швидкість судна, вуз.;

$K=205-342$ для буксирів.

Рух вперед з відхиленням кермом. В системі (каравані) яка рухається вперед з деякою швидкістю 'v' кермо перекладене з діаметральної площини (ДП) буксира на деякий кут- α .

Відхилення керма порушить систему обтікання корпусів рідиною і призведе до створення деякої сили тиску F_N , яку можна з наближенням вважати перпендикулярною площині пера керма. Сила Y_R [5] перпендикулярна ДП судна і дорівнює (Рис. 3)

$$Y_R = \frac{1}{2}(1.14 - 0.6 \cdot C_B) \cdot (0.0194 \cdot L \cdot T + 2.1874) \cdot c \cdot (a + b \cdot V)^2 \sin 2\delta_R, \quad (5)$$

де $L=LBp_b + 0,25 LCGt$ – довжина буксирного каравану, м

$T=d_{max}$ – максимальне загливлення каравану, м

$c=1,3498$ kg/cu/m – коефіцієнт;

$a=4,252$ – коефіцієнт;

$b=0,562$ – коефіцієнт;

v – швидкість судна в м/хв;

$\delta R= \alpha$ (град) – кут перекладки керма.

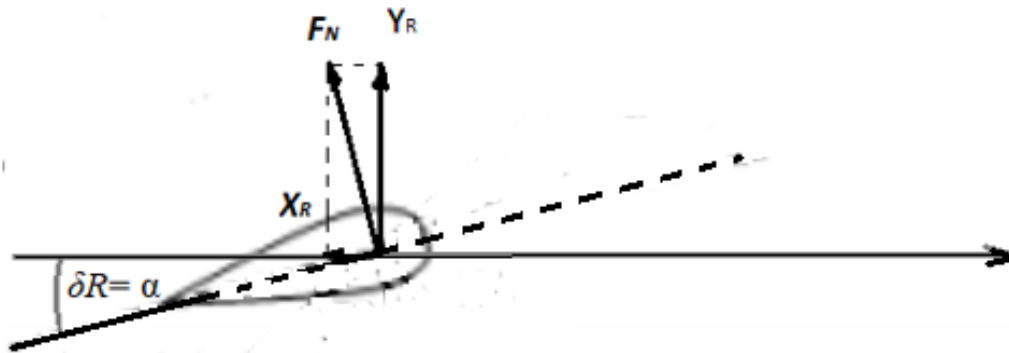


Рис. 3. Сили на кермі

Тоді момент обертання від перекладки керма дорівнює

$$M\alpha = YR \cdot x \quad (6)$$

Вирішуючи спільно рівняння (3) і (6) для швидкостей каравану $v = 2, 4, 6$ і 8 вузлів визначимо кути перекладки керма δR (α) при якому судно буде йти «прямо» тобто $N = M\alpha$

Таблиця 2. Результат обчислень кута утримання керма ($S = 47,72 m^2, K = 273$)

Параметри	Швидкість судна –вузли (м/сек)			
	2 (1,02889)	4 (2,05778)	6 (3,08667)	8 (4,11556)
$T, т$	0,6992	2,797	6,293	11,187
$N, т \cdot м / kg \cdot м$ ($y=8,6$ м)	6,013/6013	24,06/24060	54,12/54120	96,21/96208
$YR = N/x, кг/kN$ ($x=31,94$ м)	188/1.8437	753/7.3844	1694/16.6125	3012/29.5376
δR (α), град. ($L=66,46$ м)	1,23	2,45	5,56	10,04

За результатами обчислення для конкретних суден, з характеристиками що наведені в таблиці 1, побудований графік положення керма в градусах для утримання каравану на прямому курсі. Кермо перекладається на борт протилежного борту швартування буксира (до 10 градусів для даного складу). Це говорить, що запас кута повороту пера керма на циркуляції не однаковий, на правий борт 25^0 , а на лівий борт -45^0 .

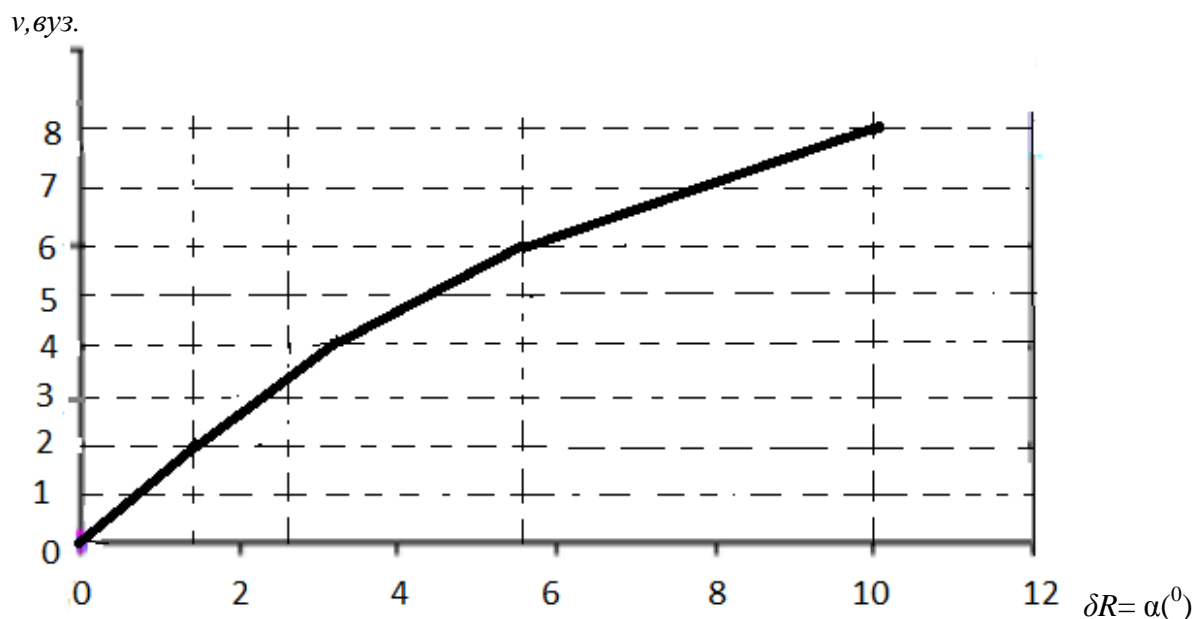


Рис. 4. Залежність положення пера керма від швидкості для утримання каравану на прямому курсі

Висновки:

1. Для рівномірного запасу повороту керма букса при буксируванні судна способом борт до борту (лагом) слід швартуватися до баржі під деяким кутом ДП буксира до ДП баржі. Такий кут може становити $10^0 - 15^0$. Цей кут згідно з розрахунками і графіку (рис. 4) залежить від швидкості складу, сили тяги буксира, площ мідель шпангоутів і пера керма.

У будь-якому випадку необхідно прагнути, щоб лінія ДП буксира проходила якомога ближче до центру плавучості баржі.

2. При тривалих буксируваннях і зміною швидкості, необхідно регулювати кут швартування (ДП баржі-ДП буксир) за допомогою змін довжини носового поздовжнього-кормового притискного троса.

Позначення:

- α (град) – кут перекладки керма,
- β_b – коефіцієнт повноти мідель шпангоута баржі,
- β_t – коефіцієнт повноти мідель шпангоута буксира,
- B (m) – ширина судна,
- C_v – коефіцієнт загальної повноти,
- ДП – діаметральна площину,
- d (m) – осадка судна,
- G_b – центр ваги баржі в горизонтальній площині x-y
- G_t – центр ваги буксира в горизонтальній площині x-y
- LOA (m) – довжина судна максимальна,
- LBP (m) – довжина між перпендикулярами,
- LCG (m) – положення центра ваги по довжині від кормового перпендикуляра,
- Laft (m) – відстань між кормовими перпендикулярами двох суден,
- V (m.cu) – об'ємна водотоннажність.

ДЖЕРЕЛА ТА ЛІТЕРАТУРА

1. Бараненко Г.О., Капліна А.А. Сучасні та майбутні проблеми морської галузі. Сучасні підходи до високоефективного використання засобів транспорту : зб. тез XI Міжн. наук.-практ. конф., м. Ізмаїл, 3-4 грудня 2020 р. Запоріжжя, 2020. 507-511 с. DOI: 10.13140/RG.2.2.36681.98401
2. Бараненко Г.О. Сучасний стан і шляхи вдосконалення організації забезпечення безпеки мореплавання контейнеровозів. *Сучасні проблеми морського транспорту та безпека*

мореплавства: матеріали VIII Всеукр. студентської наук. конф., Видавництво ХДМА, 2018, Том. 1, 12-14.

3. Беседін А., Бараненко Г., Капліна А. Особливості надання першої допомоги фахівцям морської галузі з ознаками захворювання на COVID-19. *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації*: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 22 грудня 2020 р., Переяслав-Хмельницький, 2020, Вип. 66, 320-323.

4. Гузарь В.Н. Перспективы компьютеризации информационного обеспечения туризма. *Краєзнавство і туризм: освіта, виховання, стиль життя*: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. 2000, 226-230.

5. Гузарь В.Н., Чурганов О.А., Свирида В.С. Развитие волевых качеств моряка средствами спортивных и подвижных игр. *Проблеми і перспективи розвитку спортивних ігор і єдиноборств у вищих навчальних закладах*: матеріали XV Міжнар. наук. конф. Харків: ХДАФК, 2019, 8-13.

6. Гузар В.М. Шляхи удосконалення професійно-прикладної фізичної підготовки морських фахівців. *Медико-біологічні проблеми фізичного виховання різних груп населення, ерготерапії, інклюзивної та спеціальної освіти*: матеріали VI Всеукр.наук.-практ. конф., 9 грудня 2020 р., Луцьк, 2020, 54-57.

7. Капліна А., Кущенко Ю., Бараненко Г. Врахування вільної поверхні на остійність під час гасіння судової пожежі. *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації*: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., Переяслав, 2021, Вип. 69, 450-454

8. Капліна А., Кущенко Ю., Бараненко Г. Виникнення пожежі на судні та шляхи усунення небезпечних факторів. *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації*: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 30 квітня 2021, Переяслав, 2021, Вип. 70, 390-394.

9. Кущенко Ю., Бараненко Г., Капліна А. Остійність судна під час гасіння пожежі водою. *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації*: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет - конф., 26 лютого 2021 р., Переяслав, 2021, Вип. 68, 361-364.

10. Моїсєєв С.О., Гузар В.М., Свирида В.С. Нова фізична культура у вимірах інновацій. *Проблеми і перспективи розвитку спортивних ігор та єдиноборств у закладах вищої освіти*: матеріали XVII наук. конф., Харків: ХДАФК, 2021, 91-94.

11. Свирида В.С., Бараненко Г.О., Богданова А.О. Процес силової підготовки фахівців морської галузі. *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації*: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет - конф., 27 листопада 2020 р., Переяслав-Хмельницький, 2020, Вип. 65, 378-381.

12. Свирида В., Хоменко В., Богданова А. Виховання вольових якостей морських фахівців на заняттях з легкої атлетики. *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації*: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет - конф., 26 лютого 2021 р., Переяслав, 2021, Вип. 68, 254-257.

13. Свирида В.С. Визначення рівня валеологічних знань курсантів 1-го курсу. *Актуальні проблеми сучасної освіти та науки в контексті євроінтеграційного поступу*: матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф., Луцьк, 2019, 214-215.

14. Хоменко В.В., Бараненко Г.О., Свирида В.С. Вплив професійно-прикладної фізичної підготовки на професійне становлення морського фахівця. *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації*: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет - конф., 30 жовтня 2020 р., Переяслав-Хмельницький, 2020, Вип. 64, 248-251

15. Шарлай Г.Н. *Маневрирование и управление морским судном*. М.: Моркнига, 2015.-520 с.

16. Shalar, O., Strykalenko, Y., & Huzar, V. (2020). Mental training in psychological training of shooters. *Scientific Journal of National Pedagogical Dragomanov University. Series 15. Scientific and Pedagogical Problems of Physical Culture (physical Culture and Sports)*, (6(126), 110-114. [https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series15.2020.6\(126\).24](https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series15.2020.6(126).24)

17. Shalar, O., Romaniuk, O., & Huzar, V. (2017). Physical training of young taekwon-do fighters. *Medyko-biologichni problemy fizychnoi kultury, sportu ta zdorovia liudyny*, 17, 100-104.
18. Shalar, O., Strykalenko, Y., Huzar, V., Homenko, V., & Popovich T. (2019). Psychological readiness of handball players for the competition. *Sport science*, 12 (1), 95-102.
19. Strikalenko, Y. A., Shalar, O. G., & Huzar, V. M. (2019). The use of integral exercises in the physical training of aykidist athletes. *Health, sport, rehabilitation*, 5(1), 126-131. <http://dx.doi.org/10.34142/HSR.2019.05.01.14>
20. Strykalenko, Y., Huzar, V., Shalar, O., Voloshynov, S., Homenko, V., & Svirida, V. (2021). Physical fitness assessment of young football players using an integrated approach. *Journal of Physical Education and Sport (JPES)*, 21 (1), 360-366. <http://dx.doi.org/10.7752/jpes.2021.01034>
21. Strikalenko, Y., Huzar, V., & Shalar, O. (2016). The problem of injuries in Kyokushin karate. *Health, sport, rehabilitation*, 4, 73-77.
22. Strikalenko, Y., Shalar, O., Huzar, V., Voloshynov, S., Homenko, V., & Bazylyev, S. (2020). Efficient passage of competitive distances in academic rowing by taking into account the maximum strength indicators. *Journal of Physical Education and Sport (JPES)*, 20 (6), 3512-3520. <http://dx.doi.org/10.7752/jpes.2020.01008>
23. Nosov, P., Ben, A., Zinchenko, S., Popovych, I., Mateichuk, V. & Nosova, H. (2020a). Formal Approaches to Identify Cadet Fatigue Factors by Means of Marine Navigation Simulators. *16th International Conference on ICT in Research, Education and Industrial Applications (ICTERI-2020)*, Vol. 2732/20200823.
24. Nosov, P., Zinchenko, S., Popovych, I., Safonov, M., Palamarchuk, I. & Blakh, V. (2020b). Decision support during the vessel control at the time of negative manifestation of human factor. *CEUR Workshop Proceedings*, 2608, 12-26.
25. Popova H., Yurzhenko A. Competency framework as an instrument to assess professional competency of future seafarers, Proc. 15 th Int. Conf. ICTERI 2019. Volume I: Main Conference. – Kherson, Ukraine, June 12-15, 2019. P. 409-413. Режим доступу: <http://ceur-ws.org/Vol-2387/20190409.pdf>