

УДК 378.004

Зайцева Т. В., Кравцова Л. В., Терещенкова О. В.

Херсонська державна морська академія, Херсон, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ У ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ СУДНОВОДІЇВ: ВПЛИВ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РУХУ СУДНА

DOI: 10.14308/ite000742

Бути компетентним означає враховувати всі обставини ситуації і адекватно використовувати отримані знання та досвід. Компетентність дозволяє людині орієнтуватися не тільки в звичайних, а й у непередбачених ситуаціях, перетворювати досвід у свої цінності та установки.

Серед завдань, які стоять перед вищою освітою, одне з головних місць займає формування ключових компетенцій, за рівнями сформованості яких і судять про якість змісту освіти. Головною відмінною рисою компетентнісного підходу є його діяльнісний характер, де критерієм прояву компетенції є досягнення студентом позитивного для себе результату.

У Херсонській державній морській академії на I курсі програма дисципліни «Інформаційні технології» містить модуль «Інформаційні технології в судноводінні», у рамках якого розглядають алгоритми та способи розв'язування професійно спрямованих задач. Такий зміст курсу сприяє як підвищенню якості підготовки курсантів-судноводіїв, так і втіленню спрямованості цієї дисципліни на професійну діяльність судноводія. Іншими словами, ми починаємо формувати як предметні, так і універсальні компетенції.

Спеціально дібрані завдання знайомлять курсантів з інформаційними технологіями з погляду реалізації розв'язування прикладних завдань, а саме:

- 1) побудова математичних (інформаційних) моделей;*
- 2) реалізація засобами MS Excel математичних моделей задач;*
- 3) аналіз можливих варіантів рішення проблеми;*
- 4) оптимізація технологічних процесів, урахування всіх можливих ситуацій та способів прийняття рішень.*

Під ключовими компетенціями будемо розуміти не тільки систему умінь, навичок, універсальних знань, а й спроможність майбутніх спеціалістів використовувати цю систему для професійної діяльності.

У цій статті запропоновано методичні прийоми формування предметних професійно спрямованих компетенцій майбутніх судноводіїв на прикладі розв'язування прикладної задачі з використанням інформаційно-моделюючого підходу до аналізу та оцінки ризику судна, що функціонує в умовах мінливих або мало передбачуваних зовнішніх впливів, які є одними з факторів, що можуть призвести до екстремальних аварійних ситуацій.

Предметом дослідження є новітні концептуальні підходи до використання імітаційного моделювання при розв'язуванні прикладних задач в процесі формування професійно-орієнтованих компетенцій.



Метою статті є розробка методики моделювання впливу зовнішніх факторів на параметри руху судна та отримання оптимального управлінського рішення на базі табличного процесору MS Excel.

Ключові слова: інформаційні технології, предметні компетенції, математичне (імітаційне) моделювання, істинний вітер.

Постановка проблеми та її актуальність

Головне в діяльності будь-якого закладу вищої освіти – підготовка спеціаліста, компетентного в обраній ним професії. Оцінити рівень підготовки може тільки «кінцевий споживач» – замовник, який приймає випускника на роботу. Від того, як проявлять себе вчорашні студенти, які знання, уміння та навички продемонструють у процесі виконання професійних обов'язків, якою мірою вони здатні до засвоєння і сприйняття всього нового, необхідного в роботі, до самонавчання і самоосвіти, залежить як подальша кар'єра випускника, так і престиж закладу освіти. Останнє є важливим фактором глобального розвитку закладу вищої освіти, його матеріально-технічної оснащеності, використання сучасних методик навчання, що, у свою чергу, впливає на можливість підготовки затребуваних фахівців.

Серед закладів вищої освіти особливе місце займають профільні ЗВО, які готують фахівців для конкретної галузі. До таких ЗВО, безумовно, належить Херсонська державна морська академія. Її випускники працюють судноводіями, механіками, електромеханіками на судах, без перебільшення, всіх морських компаній світу. При цьому свою професійну діяльність вони починають ще курсантами, оскільки навчальна програма включає плавальну практику вже з третього курсу.

Це означає, що перед керівництвом академії та її викладачами, які безпосередньо здійснюють навчання курсантів, стоїть завдання підготовки не просто мореплавців, а фахівців, конкурентоспроможних на світовому рівні. Слід зазначити, що кріюінгові компанії дуже ретельно підходять до підбору екіпажів, оскільки від злагодженості їх роботи, від професіоналізму кожного члена команди залежить кінцевий результат – успішність рейсу, збереження вантажу, судна, життя і здоров'я самих моряків.

З офіційного сайту академії можна дізнатися, що «на факультеті судноводіння ХДМА проводиться підготовка офіцерського складу морських і річкових суден» і «успішне виконання освітньої програми дозволяє отримати всі необхідні компетенції судноводіїв з урахуванням актуальної ситуації в сфері морського і річкового транспорту» [1]. Іншими словами, задана висока планка рівня підготовки фахівців морського профілю. Реалізувати це завдання можна тільки спільними зусиллями всіх кафедр, розробляючи програми дисциплін з урахуванням комплексного компетентнісного підходу до навчання курсантів.

Такий підхід до навчання означає, перш за все, те, що ніяка дисципліна програми не викладається ізольовано від професійно зумовлених дисциплін. Наприклад, у морській академії для майбутнього судноводія профільними є такі дисципліни, як навігація і лоція, управління судном, теорія будови судна тощо. Однак у програму підготовки судноводія також включають фізику, вищу математику, інформаційні технології. Зміст цих та інших обов'язкових (нормативних) дисциплін спрямований на комплексну підготовку майбутніх моряків.

Одним із розділів дисципліни «Інформаційні технології», яка викладається відповідно до навчального плану для курсантів першого курсу, є розділ «Використання електронних таблиць Excel в роботі судноводія». Очевидно, що на всіх судових комп'ютерах встановлені спеціальні програми для здійснення управління судном, а також стандартні офісні програми для оформлення документації, виконання поточних розрахунків, перевірки похибок роботи судових приладів та інші прикладні пакети.

Уміння користуватися офісними програмами є невід'ємною складовою підготовки будь-якого спеціаліста. Однак для офіцера-судноводія знань комп'ютера на рівні користувача недостатньо. Він повинен розуміти весь процес моделювання реальної ситуації, прораховувати ризики впливу постійних і випадкових факторів на траєкторію руху судна, уміти застосувати теоретичні знання щодо виконання як простих, так і складних розрахунків на практиці. Саме такий підхід лежить в основі формування програми дисципліни «Інформаційні технології» для підготовки судноводія.

Розглянемо більш детально деякі специфічні для морської галузі фактори впливу на параметри руху судна. Одним з таких факторів є, безумовно, вітер. Зміна швидкості і напрямку вітру протягом дня в районі плавання відповідно призводить до коригування траєкторії руху судна та процесу організації роботи на ньому. Одним з найбільш складних завдань є визначення так званого у морській практиці вітру, що відчувається та істинного вітру на рухомому судні. В обов'язки судноводія входить оцінка напрямку вітру в румбах, сили вітру в балах за шкалою Бофорта, впливу даного вітру на судно та його рух і на підставі аналізу надання рекомендації для зменшення цього впливу.

Згідно з дослідженнями [2] вітер впливає на дрейф судна, призводить до втрати швидкості руху, створює качку. Від сили, напрямків і тривалості його дії залежать елементи хвилювання. Вітер створює різні морські течії, у прибережних і мілководних районах викликає значні згони і нагони води, у результаті яких можуть з'явитися мілини і плавання суден буде ускладнено або, навпаки, може з'явитися можливість вільного проходу через мілини та перекати. Із посиленням вітру погіршуються остійність і керованість судна, умови роботи екіпажу та експлуатації обладнання судна. Сильний штормовий вітер може унеможливити продовження плавання для деяких суден, і тоді морські судна змушені шукати укриття в портах, бухтах і гаванях. Крім того, вітер є мінливим елементом як за швидкістю, так і за напрямком, тому під час спостережень вдаються до усереднення вимірювальних значень параметрів. Слід зазначити, що на одній із профільних кафедр академії згідно з навчальним планом викладають дисципліни «Гідрометеорологічне забезпечення мореплавства» та «Метеорологія і океанографія». Курсанти виконують лабораторну роботу, метою якої є набуття практичних навичок у визначенні вітру, що відчувається за ознаками, та істинного вітру на рухомому судні.

У процесі виконання роботи курсанти визначають напрямок вітру, вимірюють за допомогою ручного анемометра МС-13 або М-61 його швидкість. Визначають справжній вітер графічно і за допомогою так званого кола СМО. Потім оцінюють напрямок вітру в румбах, а силу вітру в балах за шкалою Бофорта. Останнім етапом роботи є оцінка впливу вітру на судно та формулювання рекомендацій для зменшення його впливу на судно [3].

Для виконання такої роботи курсанти раніше використовували, окрім спеціального обладнання, звичайні шкільні інструменти – лінійку, циркуль, зошит, олівець, тому в остаточні висновки могли потрапити суб'єктивні помилки курсантів, що знижували ймовірність прийняття правильного управлінського рішення в даній ситуації. Але наявність сучасних цифрових технологій принципово змінює підхід до вирішення будь-яких технічних або технологічних проблем. До того ж знання імітаційно-модельного методу та його використання у процесі розв'язування задач, подібних тій, що розглядається в роботі, відповідає науково обґрунтованому підходу до вирішення проблемних ситуацій та закладає основу системи знань для майбутньої професійної діяльності. Модельний метод може бути використаний на судах із метою попередньої оцінки безпечного маневрування судна в складних погодних умовах, де можна наочно оцінити потенційні загрози судну [4].

Моделювання вітрового впливу при змінюваних вихідних даних (швидкість вітру, його напрямок, віддаленість від берегу тощо) з подальшою реалізацією розрахунків параметрів прийняття управлінського рішення в електронних таблицях Excel – це одне із завдань, що розглядаються в рамках дисципліни «Інформаційні технології» для судноводіїв.

Слід зазначити, що питання впливу вітру на керованість судна були, є і будуть актуальними незалежно від часу. Накопичений десятиліттями досвід дозволяє розробляти стратегію дій, спрямованих на прийняття оптимального управлінського рішення в повсякденних і екстремальних ситуаціях на судні. Удосконалення комп'ютерних технологій виводить цей процес на новий рівень, і головне завдання морського закладу освіти – навчити майбутнього мореплавця максимально використовувати всі наявні можливості з максимальною ефективністю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми

Дослідженням керованості та безпеки судна в умовах впливу течії, вітру і хвилювання присвячена велика кількість робіт як зарубіжних, так і українських фахівців. Так, у роботі Анкудінова В., Каплан П., Якобсена Б. [5] проведено оцінку і побудовано основну структуру модульної математичної моделі для прогнозування маневреності судна і моделювання маневрування в реальному часі в залежності від впливу природних факторів, серед яких одним з основних є вітер. Стійкості руху і визначенню критеріїв керованості судна при вітровому впливі присвячена робота Соболева Г. [6].

Однією з найбільш цікавих робіт із погляду компетентнісного підходу до вивчення інформаційних технологій для судноводіїв є робота авторів Мартюка Г. І., Юдіна Ю. І. і Юдіна А. Ю. з обліку вітру в математичній моделі судна з метою оцінки його впливу на маневрені характеристики судна [7]. У цій роботі представлений спосіб побудови математичної моделі, описаний вплив вітру на параметри маневрування судна, що дає можливість практично провести швидкий перерахунок параметрів руху судна при мінливих показниках вітру.

У дисертації Ней Зо Аунг [8] розглянуті такі проблеми, як дослідження керованості судна, зумовленої впливом вітру; особливості впливу вітру на судно з різними динамічними якостями і архітектурою корпусу; дослідження впливу вітру на маневрені характеристики судів. Автор, підкреслюючи необхідність розрахункових підходів, що враховують реальні умови плавання, робить висновки про обґрунтованість використання методів імітаційного математичного моделювання в розв'язуванні задачі підвищення точності прогнозування та рівня нормування морехідних якостей в інтересах забезпечення належних експлуатаційних характеристик і безпеки мореплавання.

У роботі Вичужаніна В. та Рудніченка Н. [9] є опис як теоретичних досліджень в області теорії надійності, так і практичного застосування різних моделей надійності для технічних пристроїв (суден). Перспективними напрямками у сфері проектування й експлуатації судових систем є моделювання умов експлуатації з урахуванням специфіки та впливу зовнішніх факторів.

Основи чисельних методів розв'язування задач опубліковані в наукових та навчальних публікаціях Жалдака М. І., Рамського Ю. С. [10], Семерікова С. О., Теплицького І. О. [11]. Сучасні застосування чисельних методів пов'язані з використанням інформаційних технологій, тому достатньо багато науковців у якості комп'ютерного середовища для моделювання розглядають табличний процесор MS Excel, наприклад El-Gebeily [12] та автори даної статті [13].

Проаналізувавши публікації, в яких започатковано розв'язання поданої проблеми, автори статті пропонують методику застосування імітаційних моделей у вирішенні професійних завдань мореплавання з використанням цифрових технологій.

Виклад основного матеріалу

У курсі «Інформаційні технології для судноводіїв» окремим блоком розглядається серія професійно орієнтованих завдань. Цей блок пропонується програмою курсу після того, як курсант отримав або посилив навички користування електронними таблицями MS Excel, має уявлення про побудову математичної моделі за фізичним змістом задачі, розуміє, що таке алгоритм проведення розрахунків, володіє методами використання вбудованих можливостей цих таблиць. У блок професійно орієнтованих завдань входять такі завдання, як побудова траєкторії руху судна, якщо відомі координати його відходу і приходу, визначення параметрів залежності висоти хвилі від швидкості вітру і віддаленості від берегу, обчислення похибок показань бортових приладів та багато інших задач. Курсант вчиться сприймати розрахункові математичні формули як керівництво до дії, вибудовувати послідовність обчислень, перевіряти їх правильність різними способами, зокрема і ґрунтуючись на фізичному змісті отриманих результатів.

Із урахуванням компетентнісного підходу до підготовки судноводія, курсанту пропонується перед виконанням лабораторної роботи «Розрахунок істинної швидкості і напрямку вітру під час руху судна» ознайомитися з теоретичними основами досліджуваної теми. Основними елементами теорії, що мають безпосереднє відношення до проведення розрахунків, є такі положення [14]:

1. Інформація про вітер – найбільш важливий елемент вибору стратегії управління судном для моряка. Для цього необхідно знати зміну швидкості і напрямку вітру протягом дня в районі плавання або проведення робіт.

2. Критичні значення швидкості вітру різні для суден у залежності від їх розмірів, архітектури, призначення.

3. Під час визначення порогових значень для оголошення попередження відповідно до національних вимог необхідно враховувати повторюваність певних швидкостей вітру. Наприклад, якщо попередження про швидкості вітру, які відзначаються протягом більшості днів, будуть випускатися занадто часто, вони втратять свою ефективність.

4. Оскільки сила впливу вітру пропорційна квадрату його швидкості, екстремальний вітер особливо небезпечний. Сильний вітер також створює небезпечні умови праці для персоналу на відкритих палубах. Управління судном у шторм вимагає від судноводіїв знання і врахування всіх видів впливу вітру і хвиль на судно.

5. Вітер характеризується швидкістю і напрямком. Швидкість вітру вимірюється в метрах у секунду, у вузлах або в балах шкали Бофорта. Напрямок представляється в градусах або в румбах.

6. Рух повітря в атмосфері завжди турбулентний, внаслідок чого параметри вітру мають мінливість. Розрізняють середні і миттєві значення швидкості та напрямку вітру. У практиці судноводіння використовують зазвичай середні значення елементів вітру, оскільки миттєві відчувають сильні коливання.

7. Різкі зміни швидкості вітру називаються поривами, а особливо сильні з них – шквалами. При шквальних явищах вітер раптово і короткочасно (до декількох хвилин) різко посилюється, часто до штормового, і потім слабшає. Напрямок вітру при шквалі, як правило, змінюється.

8. Результат дії вітру на судно визначити точно важко. За слабого зустрічного вітру судно мало втрачає швидкість і злегка збільшує її, коли такий вітер із корми. За сильного

вітру хід судна зменшується як при зустрічному, так і при попутному вітру. Причиною цього є дія хвилювання, яке розвивається за вітру і збільшує опір руху судна.

9. Зустрічний вітер може знизити хід судна з великою площею парусності на 40%. При бортових кутах вітру втрати в 1,5-2,0 рази менше, ніж при зустрічному вітру тієї ж сили.

10. Вітер викликає також відхилення судна від лінії шляху. Величина вітрового дрейфу залежить від швидкості судна, бічної площини його парусності, сили і курсового кута вітру.

11. Вітер не тільки змінює елементи руху судна, але і впливає на його керованість. Коли на переході морем судна йдуть повним ходом, дія вітру мало позначається на їх керованості. За умови швартування, руху у вузьких протоках і у відкритому морі малим ходом сильний вітер може стати причиною значного погіршення і навіть втрати судном керованості.

12. Для деяких суден пориви вітру та шквали в умовах шторму супроводжуються значними динамічними відхиленнями, які, складаючись із бортовою хитавицею, можуть призвести до появи небезпечних кутів крену. Слід зазначити, що зі збільшенням розмірів суден вплив вітру на їх поведінку послаблюється.

Сильний вітер викликає хвилювання. Морське хвилювання є головним фактором, що впливає на мореплавство судна. Воно викликає качку, збільшує гідродинамічні навантаження на корпус, зменшує упор гвинта і погіршує показники роботи головного двигуна, призводить до зростання відхилення судна з лінії шляху.

Качка судна, яка викликана хвилюванням, поділяється на шість видів:

- 1) бортова (Roll) – обертальні коливання близько поздовжньої осі, що лежить в діаметральній площині судна (змінний крен на правий і лівий борт);
- 2) кільова (Pitch) – обертальні коливання близько поперечної осі судна, паралельній площині мідель шпангоута (диферент судна то на ніс, то на корму);
- 3) вертикальна (Heave) – коливання вздовж вертикальної осі судна;
- 4) поздовжньо-горизонтальна (Surge) – коливання вздовж поздовжньої осі судна;
- 5) поперечно-горизонтальна (Sway) – коливання вздовж поперечної осі;
- 6) никання (Yaw) – обертальні коливання навколо вертикальної осі.

Цих основних відомостей курсанту цілком достатньо, щоб приступити до виконання лабораторної роботи.

Перехід від технічних відомостей і показників приладів до отримання практичних результатів здійснюється за допомогою імітаційного моделювання, що є одним з найважливіших інструментів дослідницької діяльності. Етапи створення робочої моделі можна представити такою схемою (рис.1).



Рис.1. Етапи створення робочої моделі

У цій роботі на першому етапі розглядається логіко-математична модель впливу вітру на рух судна, виділяються критерії впливу, фіксуються параметри (результати показань бортових приладів). Потім створюється блок-схема (моделюючий алгоритм), відповідно до процесів, що впливають на рух судна, коригується траєкторія з урахуванням впливу вітру. Алгоритм враховує всі можливі напрямки розвитку подій у залежності від суперпозиції показників. У нашому випадку змінювані параметри – це швидкість і напрям вітру, а також швидкість судна (розміри, призначення судна та район плавання вважаються заданими). Отже, послідовність виконання курсантом лабораторної роботи виглядає так:

- технічне формулювання завдання;
- теоретичне обґрунтування;
- зіставлення технічної постановки задачі та її математичної (імітаційної) моделі;
- побудова алгоритму реалізації моделі (наприклад, у вигляді блок-схеми) з урахуванням усіх можливих варіантів технічних проблем;
- проведення обчислень за алгоритмом (в електронних таблицях MS Excel);
- графічне дослідження процесу зі змінними вхідними даними;
- аналіз отриманих результатів;
- аналіз можливостей оптимізації технологічного процесу і обґрунтування вибору прийняття управлінського рішення.

Отже, поставимо завдання оцінки впливу вітру і хвилювання на судно. Існує підтверджена практикою методика визначення вихідних даних – напряму вітру і його сили – з урахуванням форми і розмірів площі парусності судна, розташування центру парусності, значення осадки, крену і диференту.

$$V_i = V_y^2 + V_0^2 - 2V_y V_0 \cos(\beta_0 + \beta) \quad (1)$$

$$Y_i = Y_y + \beta_0 + \arccos \frac{V_i^2 + V_y^2 - V_0^2}{2V_i V_y} \quad (2)$$

де V_i – швидкість істинного вітру, м/сек,

V_y – швидкість вітру, який спостерігається, м/сек,

V_0 – швидкість руху судна, м/сек,

β_0 – кут дрейфу судна, град.;

Y_k – кут вітру, який спостерігається;

Y_i – кут істинного вітру.

Згідно з визначенням [15], імітаційне моделювання (англ. Simulation modeling) – метод дослідження, при якому вивчається система, яка замінюється моделлю, що з достатньою точністю описує реальну систему (побудована модель описує процеси так, як вони проходили б у дійсності), з якої проводяться експерименти з метою отримання інформації про цю систему. Імітаційна модель – це логіко-математичний опис об'єкта, який може бути використаний для експериментування на комп'ютері в цілях проектування, аналізу та оцінки функціонування системи (рис. 2). Саме таку модель розглянуто в цій практичній задачі. Під впливом вітру та спричинених ним хвилювань і течії, судно, що рухається, відхиляється від наміченого курсу і змінює свою швидкість. У роботі розглянуто вплив вітру на судно з урахуванням таких вхідних даних: судно рухається курсом IK (істинний курс) зі швидкістю по лагу V_L , на нього впливає вітер K_w , який ми спостерігаємо, зі швидкістю W під кутом q . Рівнодіюча тиску вітру на судно, що дорівнює вектору A , прикладена до центру парусності судна і становить з його діаметральною площиною кут γ .

Таке завдання можна вирішити графічним методом, використовуючи калькулятор і довідкову інформацію про напрямок вітру в градусах із системою рахунку напрямків по колу від 0° до 360° і тією точкою горизонту, «звідки дме вітер», або механічним способом за допомогою спеціальних приборів (такий спосіб можна назвати ручним), а можна зробити спробу автоматизувати розрахунки.

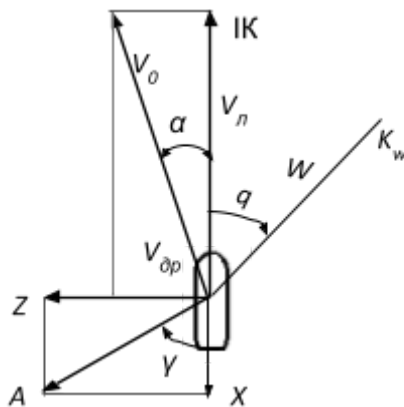


Рис.2. Взаємодія векторів істинного вітру та вітру, що спостерігається

Для перевірки достовірності результатів розрахунків створеної моделі курсанти були розділені на три групи. Кожна група робила розрахунок своїм методом: графічним, механічним (із застосуванням анемометра) і автоматичним (створення алгоритму та реалізації розрахунків за побудованою моделлю в Excel). Вхідні дані в усіх були однакові. Після закінчення виконання розрахунків результати звіряли.

Завдання розрахунку було таким: розкласти рівнодіючу тиску вітру A на дві складові X і Z . Сила X спрямована по діаметральній площині та дорівнює $X = A \cos(\gamma)$, вона впливає на швидкість судна (у цьому випадку зменшує швидкість) V_n .

Сила Z спрямована перпендикулярно діаметральній площині, $Z = A \sin(\gamma)$ і викликає бічний зсув – дрейф судна з лінії курсу зі швидкістю V_{dp} .

Склавши геометрично швидкості судна по лагу V_n і дрейфу V_{dp} , отримуємо вектор дійсної швидкості судна V_o , у напрямку якого відбувається фактичне переміщення судна при дії вітру.

Лінія фактичного переміщення судна при дії вітру називається лінією шляху під час дрейфу судна, а кут між північною частиною істинного меридіана і цією лінією – колійним кутом. Кут a між лінією істинного курсу і лінією шляху при дрейфі називається кутом дрейфу. Під час знаходження величини кута дрейфу присвоюється значенню знак за таким правилом: при вітрі правого галсу – додається знак мінус, а з лівого галсу – знак плюс.

За однієї й тієї ж сили вітру, який спостерігається, але за різних курсових кутах, вплив його на рухоме судно неоднаковий. За курсових кутах вітру, рівних 0° або 180° , кут дрейфу дорівнює нулю, а за курсових кутах K_w , близьких до $50-60^\circ$, він досягає максимального значення внаслідок того, що напрямок K_w є рівнодіюча швидкості і напрямку істинного вітру та швидкості самого судна. При $K_w \approx 50-60^\circ$ кут між напрямом істинного вітру і діаметральною площиною судна буде приблизно 90° .

Кут дрейфу збільшується зі зменшенням швидкості ходу судна та за умови збільшення площі його парусності в разі зменшення осадки судна. Вітер, створюючи хвилювання, викликає хитавицю судна, погіршує керованість, і судно стає менш стійким на курсі.

За умови тривалої дії вітру в одному напрямку створюється поверхнева течія, яка викликає знесення судна з лінії істинного курсу.

Отже, сукупну дію вітру і спричинених ним хвилювань та течії при плаванні необхідно враховувати, роблячи поправку на дрейф, яка дорівнює величині кута дрейфу.

Істинний курс (ІК), шляховий кут (ШК) при дрейфі і кут дрейфу знаходяться в такій алгебраїчній залежності:

$$IK = ШК - \alpha \quad ШК = IK + \alpha \quad \alpha = ШК - IK \quad (3)$$

При цьому слід пам'ятати, що судно, переміщуючись по лінії шляху при дрейфі $ШК_a$, зберігає напрямок своєї діаметральної площини паралельно лінії ІК, яка завжди лежить ближче до вітру, а $ШК_a$ – далі від вітру (див. рис. 3).

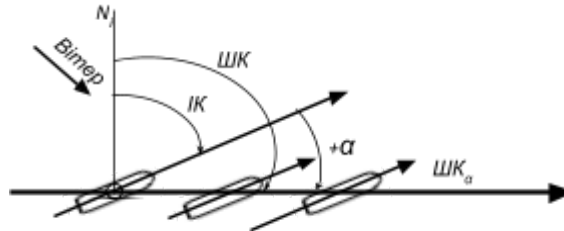


Рис.3. Лінія шляху судна при дрейфі

Вхідні дані та результати обчислення курсанти оформлюють у вигляді таблиці на електронному аркуші (див. рис.4).

Ship	x1=	y1=	x2=	y2=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
-19,7902849	-35,702619	-19,7902849	-35,702619	1	0	1	N	1	63,34	kts	2	32,58	m/s	3	117,31	km/h	4	11	Beaufort												
Relative wind	-24,7130312	27,44660178	0	0	6	2	6	N	318	318,0°	True																				
True wind	-24,7130312	27,44660178	-19,7902849	-35,702619	12	4	12	NNE			2	Relative																			
	-20,2825595	-32,545158	-20,0364222	-29,3876969	13	4	13	NNE				бали	вузли	км/год	м/с																
					14	4	14	NNE				0	0	0	0																
					15	4	15	NNE				1	2	3,704	1,029																
					16	4	16	NNE				2	5	9,26	2,572																
					17	4	17	NNE				3	8,5	15,742	4,373																
					18	4	18	NNE				4	13,5	25,002	6,945																
					19	4	19	NNE				5	19	35,188	9,774																
					20	4	20	NNE				6	25	46,3	12,86																
					21	4	21	NNE				7	30,5	56,486	15,69																

Рис.4. Вхідні та розрахункові дані (аркуш Excel)

У лабораторній роботі «Розрахунок істинної швидкості і напрямку вітру під час руху судна» курсант, крім стандартних прийомів роботи в електронних таблицях MS Excel, використовує такі елементи, як створення списків, перевірка вхідних значень, умовне форматування, макроси, захист даних. Іншими словами, виконання судноводійних розрахунків – це комплексна робота, яка охоплює технічні можливості електронних таблиць, що найбільш часто використовуються в реальних умовах, а отримані курсантами навички знадобляться майбутньому судноводію під час виконання його професійних обов'язків.

На наступному рисунку (див. рис. 5) представлено фрагменти виконання лабораторної роботи. Використання перемикачів дозволяє оперативно (у залежності від ситуації, що об'єктивно склалася) змінювати вхідні параметри, вносити поправки

відповідно до показників приладів, давати оцінку результатам розрахунку істинної швидкості і напрямку вітру під час руху судна та приймати оптимальне управлінське рішення щодо коригування курсу судна і його швидкості.

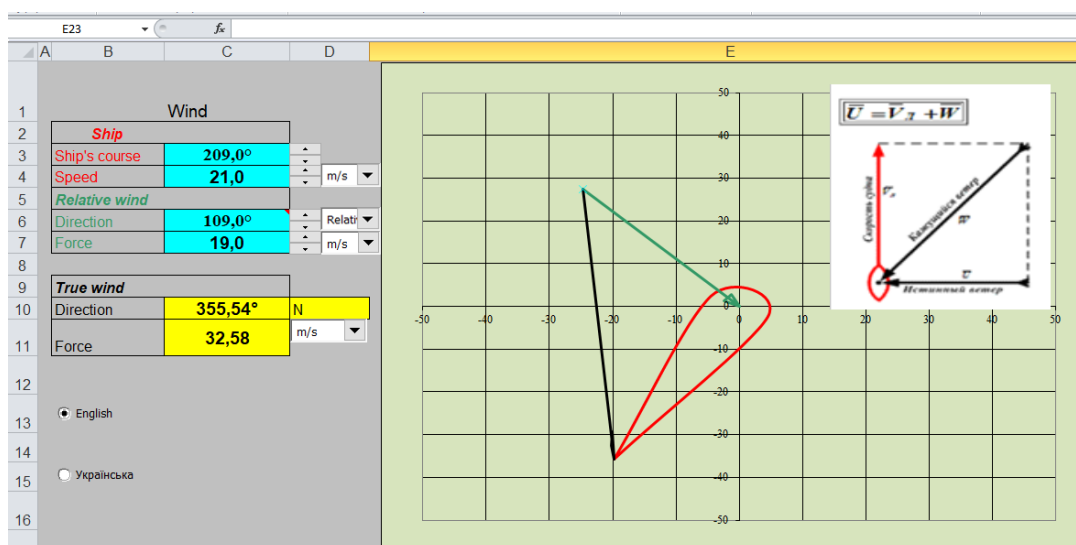


Рис.5. Імітаційна модель впливу вітру на судно

Результати дослідження

Із метою обґрунтування адекватності побудованої моделі реальним розрахункам було проведено експертну оцінку досліджуваного матеріалу. Метод експертних оцінок проводиться за таким алгоритмом:

- 1) група експертів знайомиться з роботою імітаційної моделі, оцінює її професійну спрямованість;
- 2) розробляється спеціальна анкета (у нашому випадку ми використовували анкету з 16 питань);
- 3) експерти відповідають на питання анкети;
- 4) робляться висновки відносно адекватності моделі реальній проблемі, актуальності пропонованого дослідження та використання отриманих результатів на практиці.

Метод експертних оцінок застосовується для отримання кількісних оцінок якісних характеристик, параметрів та властивостей, для цього була використана п'ятибальна система Лайкерта. Кожний експерт після знайомства з моделлю відповідає на питання анкети незалежно один від одного. Така процедура дозволяє отримати об'єктивний аналіз проблеми та розробити можливі шляхи її розв'язання [16].

У якості експертів були залучені фахівці морської галузі, а саме старші та перші помічники капітанів далекого плавання з числа тих, хто працює в академії на викладацьких посадах або є магістрантами заочної форми навчання; усі вони мають багатий досвід роботи на судах. Усього для експертної оцінки було задіяно 14 осіб. Під час створення експертної групи враховували такі фактори, як компетентність, конструктивність мислення та достатній досвід відповідної професійної діяльності.

Метою експертного оцінювання є встановлення відповідності показників ефективності імітаційного методу достовірності рішення реальної ситуації.

Для підтвердження або спростування висновків дослідження були використані такі етапи обробки експертних оцінок:

1. Побудова ранжування вагових коефіцієнтів якості.

2. Параметризація показників якості.
3. Проведення експертного оцінювання якості.
4. Дослідження адекватності отриманих результатів експертизи.

Для прикладу наведено декілька питань, які були запропоновані експертам (табл.1).

Таблиця 1

Питання експертної анкети

	Найменування показника	Якісні характеристики	Ваговий коефіцієнт
1	Доцільність використання методів імітаційного моделювання під час викладання дисципліни «Інформаційні технології»	1. Повна 2. Неповна 3. Середня 4. Нижче середнього 5. Недостатня	5 4 3 2 1
2	Доцільність використання методів математичного (імітаційного) моделювання у розрахунку істинної швидкості і напрямку вітру під час руху судна	1. Висока 2. Посередня 3. Невисока	5 3 1
3	Адекватність побудованої моделі реальному процесу	1. Так 2. Частково 3. Ні	5 3 0
4	Ефективність використання комп'ютерних засобів обробки результатів спостереження	Якісна Вище середнього Посередня Нижче середнього Неякісна	5 4 3 2 1
5	Відповідність запропонованої тематики ПДНВ, ІМО-модель курсу, вимогам реєстру міжнародних морських організацій України	1. Повна 2. Неповна 3. Ні	5 3 1

У процесі оцінки об'єктів дослідження експерти зазвичай розходяться в думках. У зв'язку з цим виникає необхідність кількісної оцінки ступеня згоди експертів. Отримання кількісної міри узгодженості дозволяє більш обґрунтовано інтерпретувати причини розбіжності думок. Експертна оцінка ефективності методу буде надійною тільки при узгодженні відповідей експертів, це можна виявити за допомогою метода конкордації [17]. У вимірюванні порядкової шкали методом ранжування метою обробки індивідуальних оцінок експертів є побудова узагальненого впорядкування об'єктів на основі усереднення їх оцінок. На основі даних анкетного опитування була складена зведена матриця рангів (табл. 2).

Таблиця 2

Таблиця рангів

Факт/ Експ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Сума ранг.	d	d ²
x ₁	2	3	3	4	2	3	2	3	4	2	2	3.5	2	2	37.5	-81.5	6642.25
x ₂	11	10	10	7	9	9	12	8	10	5	11	7.5	5	9	123.5	4.5	20.25
x ₃	14	14	12	10	14	10	11	13	11	13	12	13	8	11	166	47	2209
x ₄	9	4	7	6	10	8	8	4	6	8	6	3.5	13	7	99.5	-19.5	380.25
x ₅	7	8	8	8	8	7	10	7	8	7	10	7.5	7	8	110.5	-8.5	72.25
x ₆	4	9	2	2	3	2	5	2	2	3	5	2	3	3	47	-72	5184
x ₇	5	11	6	5	12	6	4	6	3	6	4	6	6	4	84	-35	1225
x ₈	3	5	4	3	4	4	3	9	5	4	3	9	4	5	65	-54	2916
x ₉	6	6	5	9	5	5	7	5	7	10	8	5	10	6	94	-25	625
x ₁₀	12	16	11	12	6	11	13	12	12	11	13	12	11	10	162	43	1849
x ₁₁	8	2	9	11	7	12	6	10	9	9	7	10	9	12	121	2	4
x ₁₂	10	7	13	14	11	14	9	11	13	12	9	11	12	13	159	40	1600
x ₁₃	13	12	14	13	13	15	14	16	14	16	14	16	16	14	200	81	6561
x ₁₄	15	13	15	15	15	13	15	14	15	14	15	14	14	15	202	83	6889
x ₁₅	16	15	16	16	16	16	16	15	16	15	16	15	15	16	219	100	10000
x ₁₆	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	-105	11025
Σ	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	1904		57202

Перевірка правильності складання матриці на основі обчислення контрольної суми:

$$\sum x_{ij} = \frac{(1+n) \cdot n}{2} = \frac{(1+16) \cdot 16}{2} = 136 \quad (4)$$

Суми у стовпцях матриці рівні між собою і дорівнюють значенню контрольної суми, звідси подана матриця складена правильно.

Коефіцієнт конкордації обчислимо за формулою:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (5)$$

де $m=14$ – кількість експертів,
 $n=16$ – кількість питань в анкеті,
 $S=57202$ – накопичувальна сума.

Коефіцієнт конкордації може бути в межах від 0 до 1. Коефіцієнт конкордації дорівнюватиме 1, якщо всі ранжування експертів однакові, і дорівнює нулю, якщо всі ранжування різні. Розрахований згідно з формулою (1) коефіцієнт $W = 0,86$, за значенням він ближче до одиниці, тому можна вважати, що відповіді експертів узгоджені.

Узагалі коефіцієнт конкордації являє собою випадкову величину. Для визначення значущості оцінки коефіцієнта конкордації необхідно знати розподіл частот для різних значень числа експертів m і кількості об'єктів n . Розподіл частот для W за умови різних значень m і n можна визначити за статистичними таблицями. При числі об'єктів $n > 7$ оцінка значимості коефіцієнта конкордації може бути проведена за критерієм χ^2 .

Для оцінки значущості коефіцієнта конкордації обчислимо критерій узгодженості

Пірсона:

$$\chi_w^2 = \frac{12S}{m \cdot n \cdot (n+1)} = 180.3 \quad (6)$$

Обчислений критерій χ^2 порівнюємо з табличним значенням для числа ступенів свободи $k = n - 1$ і при заданому рівні значущості $\alpha = 0.05$.

Оскільки розрахунковий χ^2 більше за табличне значення (24.99579), то коефіцієнт конкордації є значущим. Звідси можна зробити висновок, що отримані результати мають сенс, а запропонована імітаційна модель відповідає реальному явищу.

Крім експертної оцінки, ми проаналізували педагогічну доцільність запропонованої методики розв'язування подібних прикладних задач. Для цього, як було сказано вище, під час проведення лабораторної роботи курсанти були поділені на три групи. Кожна група отримувала одну й ту ж умову задачі, але розв'язувала її різними методами. 1 група курсантів визначала характеристики істинного вітру графічним способом, 2 група визначала швидкість вітру за допомогою ручного анемометра з механічним лічильником обертів, 3 група використовувала можливості табличного процесору MS Excel.

За результатами розрахунків, курсанти мали можливість оцінити правильність отриманих результатів, величину похибки розв'язку, час, за який була розв'язана задача. Фіксувалась не тільки правильність отриманих результатів, а й можливість групової роботи курсантів та їх емоційне задоволення під час проведення розрахунків.

Кожна група отримала таблицю рефлексії з такими питаннями (табл. 3).

Таблиця 3

Питання саморефлексії

Питання	Бали (1-100)		
	Графічний метод	Механічний метод	Імітаційна модель
Оцініть, наскільки цікавою виявилась задача та запропонований метод її розв'язування.	78	67	85
Оцініть трудомісткість роботи.	80	76	50
Наскільки важким виявився метод розв'язування задачі.	34	55	60
Чи був Вами отриманий практичний досвід?	83	75	87
Оцініть користь отриманих знань та навичок для використання в майбутньому.	45	30	70
Чи зрозумів я виконану задачу?	55	45	67
Оцініть легкість сприйняття теми.	43	30	77
Наскільки відповідає метод розв'язування задачі сучасному погляду на професійні навички.	18	10	92

За результатами рефлексії зроблено висновок, що робота корисна та цікава для всіх груп експерименту, однак слід виділити, що подальше використання отриманих

практичних навичок та відповідність сучасності оцінили найбільш високо курсанти, які працювали з імітаційною моделлю на комп'ютері.

Отже, за результатами виконання лабораторної роботи «Розрахунок істинної швидкості і напрямку вітру під час руху судна» курсанти отримали навички самостійно планувати шляхи досягнення цілей (можливість вибирати методи), зокрема альтернативні, свідомо обирати найбільш ефективні способи вирішення навчальних і пізнавальних завдань; вміння зіставляти свої дії з отриманими результатами, здійснювати контроль діяльності у процесі досягнення результату, визначати способи дій у межах запропонованих умов і вимог, коригувати дії відповідно до ситуації; отримали навички самоконтролю, самооцінки, прийняття рішень і здійснення усвідомленого вибору в навчальній та пізнавальній діяльності.

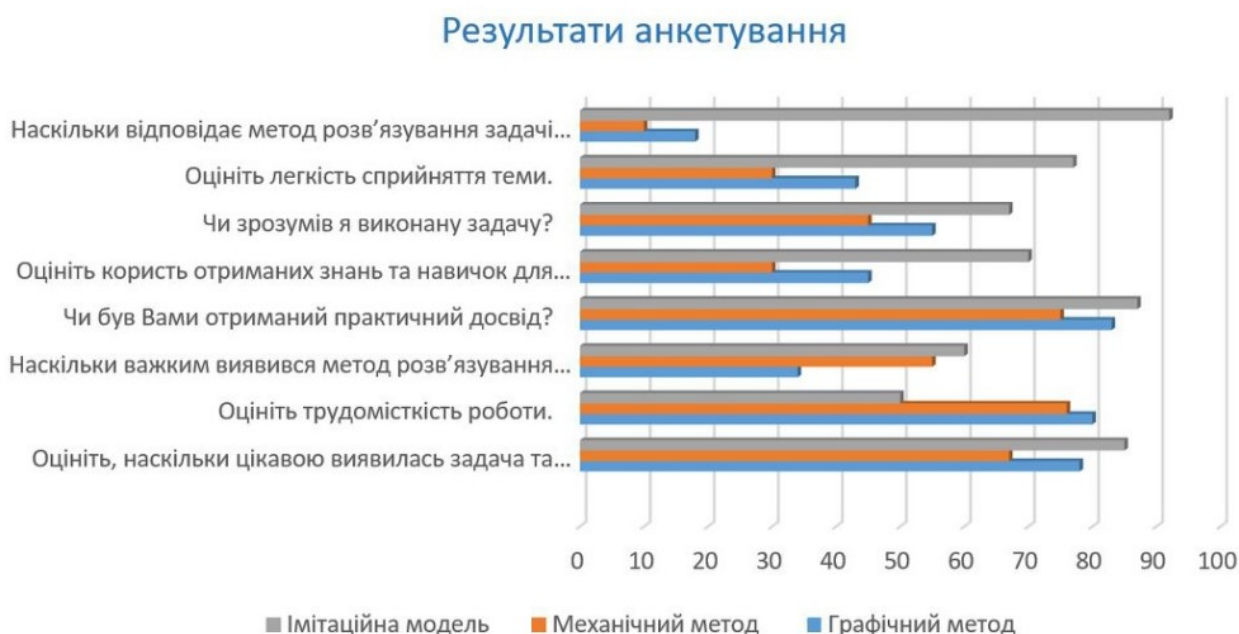


Рис.6. Результати саморефлексії курсантів

Висновки

Професійному моряку-судноводію, фахівцю з високим рівнем підготовки, який претендує на офіцерську посаду на судні, необхідно знати не тільки всі тонкощі судноводіння, навігацію і лоцію, будову судна, мати навички роботи з командою і багато іншого з того, що є його прямими обов'язками. Судноводій відповідає за безпеку плавання, збереження судна, екіпажу, вантажу. Це значить, що він повинен не тільки чітко слідувати вказівкам берегових служб, які контролюють пересування судна, але і вміти аналізувати поточну ситуацію, у випадку необхідності швидко приймати управлінські рішення та прогнозувати наслідки прийнятих ним рішень.

Одним із напрямів дисципліни «Інформаційні технології» є вивчення методу математичного (комп'ютерного) моделювання. Матеріал цієї дисципліни передбачає вирішення курсантами завдань, сформульованих в їх предметній галузі, які пов'язані з формалізацією, побудовою математичних моделей і використанням інформаційних технологій для подальшого дослідження. Такі завдання, як правило, вимагають значного часу для розв'язування, системного підходу під час розробки, мають великий обсяг

обчислень. У процесі роботи з інформаційними технологіями курсанти відпрацьовують навички побудови імітаційних (комп'ютерних) моделей, розробки алгоритмів розв'язування, оцінки отриманих результатів, відчують якісно новий соціально значущий рівень компетентності, розвивають професійні якості особистості.

Значна кількість навігаційних, інженерних задач зводиться до вирішення рівнянь (нерівностей), систем рівнянь (систем нерівностей), диференціальних рівнянь або систем, обчислення інтегралів, які описують об'єкти або явища. Застосування методів математичного (інформаційного) моделювання, прогнозування результатів прийняття рішень у різних сферах діяльності вимагають від фахівців володіння відповідним математичним апаратом.

Моделювання є універсальною методологією наукового пізнання і технологією розв'язування практичних завдань. Інформаційні технології, за допомогою яких стає можливим проведення обчислювальних експериментів, дозволяють у межах навчання вивчати поведінку об'єкта за умови зміни параметрів, обчислювати характеристики систем, оптимізувати технологічний процес, спрогнозувати кінцевий результат експерименту та проаналізувати отримані результати.

Мета дослідження полягала в тому, щоб перевірити гіпотезу про доцільність внесення в програму дисципліни «Інформаційні технології» методики побудови імітаційних моделей та використання для їх реалізації електронних таблиць Excel. Блок імітаційної моделі впливу вітру на судно було розроблено так, щоб максимально зацікавити курсанта вивченням цієї теми, викликати в нього бажання навчатися, аналізувати проблему та знаходити шляхи її вирішення.

Підтвердженням доцільності введення в курс такого типу лабораторних робіт є те, що на старших курсах під час роботи над курсовими та випускними роботами, курсанти озброєні технологічним та інформаційним інструментарієм для розв'язання професійних задач, до числа яких належить і розрахунок впливу зовнішніх факторів на характеристики руху судна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сайт Херсонської державної морської академії. Відновлено з <http://kma.ks.ua/ua/>
2. Рульков, Д. И. (1973). *Навигация и лоция: учебное пособие*. Москва: Транспорт.
3. Кузнецов, Ю. М. & Бушуев, П. І. (2011). Методичні рекомендації щодо проведення практичних занять з дисципліни «Гідрометеорологічне забезпечення мореплавства». Херсон: ХДМА.
4. Матохин, А. В. (2016). *Системный подход к анализу рисков при маневрировании танкеров в портовых водах*. (Кандидатська дисертація). Відновлено з <https://www.dissercat.com/content/sistemnyi-podkhod-k-analizu-riskov-pri-manevrirovanii-tankerov-v-portovykh-vodakh>
5. Ankudinov, V., Kaplan, P. & Jacobsen, B. K. (1993). *Assessment and Principal Structure of the Modular Mathematical Model for Ship Maneuverability Prediction and Real Time Maneuvering Simulations*. Newfoundland, Canada. Відновлено з <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0029801802001427>
6. Соболев, Г. В. (1977). *Устойчивость движения и критерии управляемости судна при ветре*. Ленинград: Труды ЛКИ.
7. Мартюк, Г. И., Юдина, Ю. И. & Юдина, А. Ю. (2004). Учёт ветра в математической модели судна с целью оценки его влияния на маневренные характеристики. *Вестник МГТУ*, 7(3). 375-380. Відновлено з

<https://cyberleninka.ru/article/n/uchet-vetra-v-matematicheskoy-modeli-sudna-s-tselyu-otsenki-e-go-vliyaniya-na-manevrennye-harakteristiki/viewer>.

8. Нэй Зо Аунга. (2011). *Расчетное исследование управляемости и элементов мореходности судов в условиях воздействия течения, ветра и волнения*. (Кандидатська дисертація). Відновлено 3

<https://www.dissercat.com/content/raschetnoe-issledovanie-upravlyaemosti-i-elementov-morekh-odnosti-sudov-v-usloviyakh-vozdeist>

9. Вычужанин, В. В. & Рудниченко, Н. Д. (2013). Концепция анализа и оценки риска судовой сложной технической системы. *Вісник Одеського національного морського університету*, 3(39). 187-193.

10. Жалдак, М. І. & Рамський, Ю. С. (1984). *Чисельні методи математики: посібник для самоосвіти вчителів*. Київ: Радянська школа.

11. Теплицький, І. О. (2010). *Елементи комп'ютерного моделювання: навчальний посібник*. Кривий Ріг: КДПУ.

12. El-Gebeily, M. & Yushau, B. (2007). Numerical Methods with MS Excel. *The Montana Mathematics Enthusiast*, 4, 84-92. Відновлено з <http://scholarworks.umt.edu/cgi/>

13. Кравцова, Л. В., Зайцева, Т. В. & Камінська, Н. Г. (2019). Математичне моделювання прогнозування природних явищ у професійній роботі моряка. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*, 6(119). 84-90.

14. Вагущенко, Л. Л., Вагущенко, А. Л., & Заичко, С. И. (2005). *Бортовые автоматизированные системы контроля мореходности*. Одесса: Феникс.

15. Рыжиков, Ю. И. (2004). *Имитационное моделирование. Теория и технология*. Москва: Альтекс.

16. Kravtsov, H. (2015). Methods and Technologies for the Quality Monitoring of Electronic Educational Resources. *CEUR-WS.org*, 1356. 311-325.

17. Прохоров, Ю. К. & Фролов, В. В. (2011). *Управленческие решения: Учебное пособие* (2-я ред.). Санкт-Петербург: СПбГУ ИТМО.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Site of Kherson State Maritime Academy. Retrieved from <http://kma.ks.ua/ua/>
2. Rulkov, D. I. (1973). *Navigation and pilotage: Tutorial*. Moscow: Transport.
3. Kuznetsov, Yu. M. & Bushuyev, P. I. (2011). Methodical recommendations for conducting practical classes in the discipline "Hydrometeorological support of navigation". Kherson: HDMA.

4. Matokhin, A. V. (2016). *A systematic approach to risk analysis when maneuvering tankers in port waters*. (Doctoral dissertation). Retrieved from <https://www.dissercat.com/content/sistemnyi-podkhod-k-analizu-riskov-pri-manevrirovanii-tankerov-v-portovykh-vodakh>

5. Ankudinov, V., Kaplan, P. & Jacobsen, B. (1993). *Assessment and Principal Structure of the Modular Mathematical Model for Ship Maneuverability Prediction and Real Time Maneuvering Simulations*. Newfoundland, Canada. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0029801802001427>

6. Sobolev, G. V. (1977). *Stability of movement and criteria of controllability of the vessel at a wind*. Leningrad: Works of LKI.

7. Martyuk, G. I., Yudina, Yu. I. & Yudina, A. Yu. (2004). Consideration of wind in the mathematical model of the ship in order to assess its impact on maneuvering characteristics. *Vestnik MGTU*, 7 (3). 375-380. Retrieved from

<https://cyberleninka.ru/article/n/uchet-vetra-v-matematicheskoy-modeli-sudna-s-tselyu-otsenki-e-go-vliyaniya-na-manevrennye-harakteristiki/viewer>

8. Nei Zo Aung. (2011). *Estimated study of the controllability and elements of seaworthiness of vessels under the influence of currents, wind and waves*. (Doctoral dissertation). Retrieved from <https://www.dissercat.com/content/raschetnoe-issledovanie-upravlyaemosti-i-elementov-morekh-odnosti-sudov-v-usloviyakh-vozdeist>
9. Vychuzhanin, V. V. & Rudnichenko, N. D. (2013). The concept of analysis and risk assessment of a ship's complex technical system. *Bulletin of Odessa National Maritime University*, 3(39). 187-193
10. Zhaldak, M. I. & Ramsky, Yu. S. (1984). *Numerical methods of mathematics: Guide for self-education of teachers*. Kyiv: Soviet school.
11. Teplitsky, I. O. (2010). *Elements of computer modeling: Textbook*. Kryvyi Rih: KSPU.
12. El-Gebeily, M. & Yushau, B. (2007). Numerical Methods with MS Excel. *The Montana Mathematics Enthusiast*, 4. 84-92. Retrieved from <http://scholarworks.umt.edu/cgi/>
13. Kravtsova, L. V., Zaitseva, T. V. & Kaminskaya, N. G. (2019). Mathematical modeling of forecasting natural phenomena in the professional work of a sailor. *Bulletin of Kremenchug National University named after Mykhailo Ostrogradsky*, 6(119). 84-90.
14. Vagushchenko, L. L., Vagushchenko, A. L., & Zaichko, S. I. (2005). *Onboard automated seaworthiness control systems*. Odessa: Phoenix.
15. Ryzhikov, Yu. I. (2004). *Simulation modeling. Theory and technology*. Moscow: Altex.
16. Kravtsov, H. (2015). Methods and Technologies for the Quality Monitoring of Electronic Educational Resources. *CEUR-WS.org*, 1356. 311-325.
17. Prokhorov, Yu.K. & Frolov, V.V. (2011). *Management decisions: Textbook* (2nd edn). St. Petersburg: St. Petersburg State University ITMO.

Tetyana Zaytseva, Lyudmyla Kravtsova, Oksana Tereshchenkova
Kherson State Maritime Academy, Kherson, Ukraine

THE USE OF SIMULATION MODELLING IN THE TRAINING OF SHIP NAVIGATORS: THE INFLUENCE OF EXTERNAL FACTORS ON THE CHARACTERISTICS OF SHIP MOVEMENT

Being competent means to take into account all the circumstances of the situation and to adequately use the acquired knowledge and experience. Competence allows a person to be well-informed not only about the normal course of events but also in emergencies. It also allows to turn person's experience into his own values and attitudes.

Among the tasks facing higher education, one of the main places is the formation of key competencies, the level of formation of which is judged on the quality of educational content. The main distinguishing feature of the competency-based approach is that it has activity-orientated nature, where the criterion of competence is the achievement of a positive result by the student.

At Kherson State Maritime Academy the 1st year program of "Information Technologies" discipline contains "Information Technologies in Navigation" module, which examines the algorithms and methods of solving professional problems. This content of the course contributes to improving the quality of training of future ship navigators, and implementing the focus of this discipline on their professional activities. In other words, we begin to form both subject and

universal professionally oriented competencies. Specially selected tasks acquaint cadets with information technology in terms of implementing the solution of professionally oriented tasks, namely:

- 1) construction of mathematical (information) models;
- 2) implementation of mathematical models of problems by means of MS Excel;
- 3) analysis of possible solutions of the problem;
- 4) optimization of technological processes, taking into account all possible situations and methods of decision making.

Under the key competencies we will understand not only the system of expertise, knowledge and skills, but also the ability of future professionals to use this system for professional activities.

This article proposes methodological techniques for the formation of subject professionally oriented competencies of future ship navigators. These techniques are shown on the example of solving an applied problem using an information-modeling approach to the analysis and risk assessment of a ship operating in conditions of changing or unpredictable external influences. These influences are one of the factors that can lead to emergencies.

Key words: information technologies, subject competencies, mathematical (information) modeling, true wind.

Стаття надійшла до редакції 15.02.2021.

The article was received 15 February 2021.