

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»
(НУ «ОМА»)



КОСТЕНКО ПАВЛО АНАТОЛІЙОВИЧ

УДК 656.61.052.484

**БЕЗПЕЧНЕ БУКСИРУВАННЯ СУДЕН
НА КОРОТКИХ БУКСИРАХ**

Спеціальність 05.22.13 – навігація та управління судном

Автореферат
дисертації на здобуття наукового
ступеня кандидата технічних наук

Одеса – 2017

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті «Одеська морська академія» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент
Голіков Володимир Володимирович,
Національний університет «Одеська морська академія»
Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри управління судном

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент,
Корбан Віктор Харитонович,
Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова
Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри
моніторингу надзвичайних ситуацій та митного контролю
кандидат технічних наук, доцент,
Тюпиков Євген Євгенович,
крюїнгова компанія "СМА ШИПС УКРАЇНА", директор.

Захист відбудеться 03 жовтня 2017 р. о 10:00 годині на засіданні спеціалізованої Вченої ради Д 41.106.01 в Національному університеті «Одеська морська академія» за адресою: 65029, м. Одеса, вул. Дідріхсона, 8, корп. 1, зал засідань вченої ради.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці НУ «ОМА» за адресою: 65029, м. Одеса, вул. Дідріхсона, 8, корп. 2 та за електронною адресою: <http://www.onma.edu.ua/spetsializovana-vchena-rada-d-41-106-01>

Автореферат розісланий 1 вересня 2017 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 41.106.01
доктор технічних наук, професор



В.В. Нікольський

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми пов'язана з управлінням буксирними системами, виявленням і встановленням закономірностей переходу її елементів від одного із стійких ситуаційних станів в аварійне під впливом негативних явищ та повернення системи в стійкий стан шляхом адекватних компенсуючих дій.

Такі аварійні обставини виникають через різновиди буксирних операцій в портових водах та на підходах до них, нештатністю навігаційної обстановки і скоротечністю аварійної морської події (АМП) або інциденту. Маловивченість процесів взаємодії суден при буксируваннях викликано: специфікою морських і океанських буксирувань, їх порівняльною нечисленністю та відсутністю результатів аналізу досвіду переходів; короткочасністю і численністю буксирувань в портових водах; домінуючою роллю капітана судна в умовах безперервного супроводу процесу буксирування службами радіолокаційно нагляду; відсутністю чітких вказівок в системі управління безпекою (СУБ) щодо контролю обов'язкової наявності схем буксирування в СУБ судна; відсутністю системи спеціальної підготовки судноводіїв для суден портофлоту.

Незважаючи на те, що має місце криза в торговому флоті України, роль буксирних операцій залишається актуальною через мілководдя водних шляхів, вузькість фарватерів, каналів та портових акваторій, а також всесезонна вище 44° ПвнШ, що вимагає лоцманської проводки. Результати досліджень Ю.І. Бурименка, А.С. Мальцева, В.І. Снопкова, Я.І. Войткунського, В.В. Голікова, В.Д. Репетея, Ю.Б. Попова та К.Л. Обертюра, що відображають стан аварійності і проблеми буксирувань в територіальному морі України, є підтвердженням необхідності забезпечення безпеки буксирувань на коротких буксирах.

Зв'язок роботи з науковими програмами, темами пов'язаний з Концепцією безперервної національної транспортної політики розвитку усіх видів транспорту України на 2007-2014 рр. (наказ Мінтрансв'язку України від 03.05.2007 р., №360), Транспортної стратегії України на період до 2020 року (розп. КМУ від 20.10.2010 р., №2174-р), а також виконанням фундаментальної держбюджетної НДР «Теоретичні основи гарантованої безпеки судноплавства в територіальному морі, внутрішніх водах та портах України» (2010-2012) ДР №0110U00280 та ряду госпдоговірних НДР, де автор підготував окремі підрозділи.

Метою дослідження стало здобуття нових знань по збереженню буксирних систем шляхом управління за станом у «великому», що гарантує їх безпеку методом експертного оцінювання.

Наукова гіпотеза дослідження полягає в припущенні про те, що детерміація процесів управління ситуаціями у буксирній системі, розуміння ступеня дії негативних явищ на систему, здатність і готовність капітана лідируючого судна до прийняття, ухвалення адекватних компенсуючих дій та синергізм в роботі операторів-судноводіїв забезпечить гарантовану безпеку буксирування на коротких буксирах.

Головним завданням дослідження є встановлення закономірностей групового управління буксируванням по забезпеченню стійкості її елементів,

коли один з них несподівано перетворюється на загрозливє для довкілля негативне явище.

Для вирішення головного завдання необхідні результати вирішення наступних допоміжних завдань, які відповідають вимогам системного аналізу та знаходяться на нижчому відносно головного завдання рівні:

- аналіз впливу власних хвиль буксирувальника на рух об'швидкісному режимі руху системи;
- аналіз наслідків ривка у буксирній системі та перекидання буксирувальника;
- аналіз ефективності буксирування ава при льодовій проводці каравану суден.

Кожне з вирішуваних завдань проходить наступні етапи дослідження:

- вибір методичної бази для проведення науково-технічної експертизи АМП та інцидентів для побудови хронології події;
- отримання інформації про характер раптової дії негативного явища об'єкт;
- аналіз процесу генерації і накопичення енергії, а також маси джерелом негативного явища;
- дослідження процесу впливу негативного явища на об'єкт на буксирування або буксирувальник;
- дослідження процесу компенсації або ухилення від дії негативного явища;
- встановлення стійкого режиму руху буксирної системи.

Об'єктом дослідження стала оперуюча буксирна система.

Предметом дослідження – процеси буксирування суден на коротких буксирах.

Методи дослідження:

- дедукції при здійсненні інформаційного пошуку;
- експертного оцінювання при: виборі теми дослідження та встановленні причин АМП і інцидентів з буксирною системою;
- графоаналітичний при встановленні характерних властивостей, зв'язків та відносин у буксирній системі;
- математичного моделювання перехідних процесів у буксирній системі при дослідженні негативних явищ: резонансу, ривка, вільного дрейфу та втрати плавучості в об'єкті буксирної системи;
- імітаційного моделювання при дослідженні впливу подовжньої хитавиці на заливаємість об'єкту буксирування з використанням стандартного програмного обчислюваного комплексу «Flow Vision» та встановленні характеристик гвинто-рульової колонки (ГРК) для роботи судна в режимі «одержання» за допомогою навігаційного тренажеру з візуалізацією компанії ТОВ «Транзас Україна» «Navi-Trainer Professional 5000 Pro»;
- найменших квадратів для опису емпіричних залежностей за результатами обробки статистичних даних;

- мінімаксу при прийнятті рішень про протиаварійне управління;
- ієрархії при організації групового управління буксирною системою.

Науковим положенням дослідження безпеки буксирної системи є наявність необхідних і достатніх умов компенсаційних впливів на її елементи під час дії зовнішніх та внутрішніх збурень стрибкоподібного руйнівного характеру. Необхідні умови встановлюють режим ходу, визначаючи інтенсивність та амплітуду впливу за фізичними ознаками руйнівного перехідного процесу, який, згідно законів Архімеда та Ньютона, представляє розгінну характеристику аперіодичного ланцюга I-го порядку. Достатні умови визначаються по принципу мінімаксу за логічними та евристичними ознаками, які відображають структуру, методи та способи управління буксировкою, забезпечуючи стан морехідності.

Основними науковими результатами, отриманими вперше, стали наступні встановлені факти:

- ефективність буксирної операції припинення дрейфу не керованого великотоннажного об'єкту по обмеженій акваторії порту оцінюється по мінімуму бюджету часу на його: виявлення і ідентифікацію (40%), ухвалення рішення і підготовку до активного гальмування (50%), зупинку об'єкту (10%), який досягається груповим управлінням штабу аварійно-рятувальних операцій порту, що забезпечує супровід об'єкту та мобілізацію буксирного забезпечення для мінімізації постійної часу процесу активного гальмування, який здійснюється капітаном буксира, що має тягове зусилля не менше чим в 1,5 рази більше інерційної сили дрейфу об'єкта;

- безпечне буксирування аварійного судна, що отримало пошкодження в льодовому каравані, здійснюється штовханням на швидкості $2 \div 5$ вузлів при мінімумі льодового опору на дистанції від місця аварії до місця посадки аварійного об'єкту на мілину та запасі плавучості не менше 4,5%, що забезпечується прямуюванням за криголамом й безперервним обколюванням та конструктивними особливостями судна;

- при зупинці буксирувальника більш 30 секунд безпека буксирної системи з короткою буксирною лінією вимагає негайної віддачі буксира на місцях кріплення;

- безпека об'єкту буксировки на короткому буксирі гарантована при швидкісному режимі буксировки: $V_c < 2\sqrt{L_{\delta c}}$, де $L_{\delta c}$ – довжина об'єкту буксировки; в діапазоні $2\sqrt{L_{\delta c}} < V_c \leq 2,77\sqrt{L_{\delta c}}$ спостерігається резонанс подовжньої хитами об'єкту з інтенсивним заливанням головної палуби, що загрожує йому перевертанням, а при $V_c > 2,77\sqrt{L_{\delta c}}$ безпека об'єкту забезпечується наявністю під'ємної сили при обов'язковій роботі його гідропульсивного комплексу в режимі максимального ПХЗ, кермо «ПРЯМО», що створює максимальний кормовий диферент і кут атаки.

Отримав подальший розвиток ситуаційний підхід до гарантованої безпеки суден при дії негативних явищ стрибкоподібного характеру.

Вдосконалена методика експертного оцінювання АМП і інцидентів з буксирними системами в частині використання сценарного методу організації групового управління безпекою.

Вдосконалена методика визначення характеристик льодопробитності суден льодового класу за результатами натурних випробувань та розрахункових схем.

Вдосконалена методика визначення ходової характеристики, характеристик маневрів і керованості судна з ГРК.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що встановлені закономірності протиаварійного компенсаційного управління буксирними системами, математичні моделі перехідних процесів від стійких ситуацій до надзвичайних і аварійних та, навпаки, а також інформаційна технологія управління курсом є науково-методичною основою для вирішення завдань безпеки буксировок при проектуванні інформаційних програмних продуктів і систем управління з використанням позитивного досвіду морської практики у вигляді бази знань для СУБ судна та «Інформації про остійність капітанові».

Практична спрямованість роботи підтверджується наступними документами про впровадження її результатів в:

- НУ «ОМА»:
 - держбюджетну НДР ДРН_{0110U00280} – методика експертного оцінювання АМП та інцидентів, показники ефективності буксирних операцій при генерації та прийнятті рішень;
 - госпдоговірні НДР – збір і обробка інформації по АМП та інциденту, хронологія їх розвитку, закономірності безпечних технологій управління, (акт про впровадження від «17» травня 2016р.);
 - учбовий процес кафедри управління судном: методичні вказівки, рекомендації, практичні заняття та дипломні роботи (акт про впровадження від «17» травня 2016р.)
- Філії «Дельта-лоцман» ДП «Адміністрація морських портів України» Міністерства інфраструктури України – технології безпечних буксировок при лоцманській проводці суден (акт впровадження від «5» квітня 2015 р.);
- т/х «Irenes Sythesis», т/х «Delfbord», т/х «Koningsborg» – в СУБ судна: методика визначення льодопробитності для здатності роботи в льодах, схеми буксирування суден, методика визначення гальмових та маневрених характеристик (акти про впровадження «28» березня 2015 р., «10» жовтня 2015 р. та «20» січня 2016 р.);
- патент на корисну модель (U201409417) «Система компенсаційного автоматичного управління курсом судна».

Особистий внесок здобувача в отриманні нових результатів.

Дисертація є самостійно підготовленим науково-практичним дослідженням, в якому здобувач здійснив: інформаційний пошук з проблеми буксирування суден, вибір теми та постановку завдань, вивчив методи і способи їх вирішення, довів

та підтвердив нові наукові результати і впровадив їх у виробництво, учбовий та науковий процеси.

У сумісних публікаціях результатів роботи авторів належить [1] – хронологія руху т/х «С.Скадовський» в льодовому каравані, технологія управління буксируванням; [3] – обколювання суден в льодах; [5] – розрахункова модель та програма випробувань для визначення льодових характеристик судна; [6] – імітаційне моделювання і обробка результатів; [7] – хроніка АМП, характеристика руху буксира при ривку, рекомендації по безпеці буксировки; [9] – розрахункові моделі резонансу хитавиці та заливання палуби буксира, рекомендації по стабілізації руху; [10] – принцип компенсації «сильних» збурень від вітру та хвилювання; [11] – організація льодового плавання; [12] – карго-план і особливості завантаження судна при плаванні в льодах; [13] – аналіз проекту криголама; [14] – схема парного руху суден; [16] – характеристики «одержання» судна з ГВК. Публікації [2, 4, 8, 15] підготовлені самостійно.

Апробація результатів дисертації здійснена шляхом схвалення доповідей після обговорень на 5 конференціях: міжнародній науково-технічній конференції «Енергетика суден: експлуатація та ремонт» (4-7.04.2011, м. Одеса); науково-методичних конференціях ОНМА: «Сучасні проблеми підвищення безпеки судноплавства» (7-8.10.2009, м. Одеса), «Забезпечення безаварійного плавання суден» (16-17.11.2011, м. Одеса), «Судноплавство : перевезення, технічні засоби, безпека» (14-15.11.2012, м. Одеса), «Судноплавство : перевезення, технічні засоби, безпека» (19-20.11.2013, м. Одеса).

Публікації. По темі дисертації опубліковано 16 наукових праць, з них 1 опублікована в іноземному наукометричному журналі, 8 – в наукових виданнях, які входять в перелік наукових спеціальних видань України рекомендованих Міністерством освіти і науки України для публікації результатів дисертаційних робіт на здобуття вчених ступенів доктора та кандидата наук, збірниках матеріалів наукових конференцій – 6 тез доповідей, отриманий один патент на корисну модель.

Структура і об'єм дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використовуваних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації складає 192 сторінки, у тому числі 135 сторінки основного тексту, рисунків на 18 сторінках, таблиці на 7 сторінках, список з 85 найменувань літературних джерел на 10 сторінках, 6 додатків на 31 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** представлена загальна характеристика роботи : актуальність проблеми безпеки буксирних систем, особливо в морських і річкових портах України та на підходах до них: тема, об'єкт і предмет дослідження; мета, наукова гіпотеза, завдання, що вимагають доказів; методи доказів, наукова новизна отриманих результатів дослідження, які представлені у вигляді наукового положення та підтверджених окремих нових знань, їх наукова значущість і практична цінність, ступінь впровадження наукових результатів, повнота представлення та обговорення ходу дослідження, особистий внесок автора в отримання наукових результатів, а також структура і об'єм дисертаційної роботи.

У першому розділі, використовуючи філософський підхід «від загального до особистого через часткове» (метод дедукції), здійснений інформаційний пошук проблеми буксирного забезпечення суден та об'єктів, оскільки в актах розслідування АМП і інцидентів не містяться повні знання про безпечні швартовні операції, буксирування та супроводи об'єктів, які буксируються. Вимоги до морського буксирування, викладені в Керівництві по плануванню рейсу (резолюція ІМО А.893(2)), використовуються в плані переходу, який узгоджується з морським рятувально-координаційним центром і затверджується судновласником. Морське буксирування включає три етапи підготовки буксирної системи: вибір буксирувальника по потужності; вибір довжини і діаметру буксирного тросу за методом академіка О.М. Крилова, використовуючи закони Ньютона при призначенні сили на гаці буксира. Міцність тросу у $6 \div 10$ разів перевищує повний опір руху буксирної системи. Довжина та діаметр буксирної лінії представлені емпіричною залежністю з урахуванням динамічного опору при швидкості руху каравану $3 \div 7$ вузлів. За твердженням В.Д. Репетея, максимальне зусилля в тросі не повинне перевищувати 17% від водотоннажності об'єкту буксирування.

Як відзначає Я.І. Войткунский, в умовах мілководдя прибережних вод України відношення величини напівдовжини дистанції між суднами каравану до величини запасу води під буксирним тросом через загрозу зачеплення троса не повинне перевищувати 0,25.

Основною проблемою моделювання буксирної лінії, за словами Ю.А. Шамаріна із співавторами є непостійність не лише її довжини при прогинанні, але і геометричних характеристик точок кріплення каната. Звертається увага і на величину мінімальної довжини буксирної лінії, яка має бути не менше трьох довжин буксирувальника. Інакше подовжня складова потоку кильватерної хвилі буксирувальника робитиме вплив на об'єкт буксирування особливо при довжині троса менше двох довжин буксирувальника. Тому схеми кріплення буксирної лінії включають ланцюгові браги, блоки Миколаєва та т.і.

Ряд авторів А.Г. Алексєєв, А.С. Мальцев, В.І. Снопков, В.Д. Репетей звертають увагу на важливість організації морських буксировок пов'язану з проблемою готовності екіпажів буксирної системи до дії в умовах АМП, а також методів, способів та прийомів компенсаційних дій з її ліквідації. Математична модель процесів буксирування в системі «судно – буксири», розроблена на основі законів Ньютона, яка відображає механічні та гідроаеродинамічні зв'язки при усіх можливих способах проведення буксирно-кантовочних операцій з різноманітними типами суден, пропонується Ю.І. Бурименко та Ю.Б. Поповим для підвищення професіоналізму екіпажів суден.

Звертають на себе увагу результати робіт наукової школи А.С. Мальцева стосовно теорії маневрування, організації лоцманських проводок і створення технічних засобів, які реалізують інформаційні технології та технології управління. Так при проведенні науково-технічної експертизи В.В. Голіков використовує по компонентну оцінку ситуацій та імітаційне моделювання для повного відтворення сценарію АМП, спеціальні проводки, паспортизацію причалів, гідроспоруд, а також організацію безпечних буксирувань.

Приведені особливості маневрування об'єктів буксирування – не самохідних барж, які рухаються методом штовхання по внутрішніх водних шляхах України (р. Дніпро, Бугско-Дніпровським та Херсонським морськими каналами) для розробки СУБ компанії, а також особливості буксирування суден в льодових умовах Азовського моря, які були раніше досліджені співробітниками кафедри управління судном ОНМА.

Наприкінці глави виділено п'ять проблемних завдань, що стосуються буксирних операцій: візуалізація планування та управління морськими буксируваннями; побудова безпечних буксирних систем; підвищення міцності і зниження маси буксирного лінії, розробка технологій управління в неадекватних умовах плавання та організаційно-розпорядних дій із забезпечення синергізму під час управління екіпажами суден.

Основний зміст розділу 1 викладено в [2, 7, 8, 12].

У другому розділі методом експертного оцінювання по факторах: актуальність, наукова новизна, економічна ефективність, відповідність проблеми паспорту спеціальності 05.22.13, за формулою – ...організація управління рухом транспортних засобів ... та за напрямками – ... структурний аналіз і синтез динамічних ... систем і процесів в них ..., ... методів науково-технічної експертизи систем ..., дослідження методів управління рухом ..., дослідження закономірностей діяльності операторів та їх колективів ... та напряму наукової школи, де виконувалася робота і термінам реалізації за двобальною шкалою оцінювання здійснений вибір теми дослідження з наступним уточненням об'єкта та предмета дослідження.

Мета, наукова гіпотеза, головне та допоміжні завдання дослідження спрямовані на здобуття нових знань по збереженню буксирних систем шляхом управління у «великому» за станом, використовуючи метод експертного оцінювання результатів розслідування АМП або інциденту, що гарантує їх безпеку.

В процесі вивчення проблеми безпеки на водному транспорті використані також результати досліджень А.В. Антонова, В.В. Вінникова, Ю.Л. Воробйова, В.В. Голікова, Ю.П. Кондратенка, А.Б. Качинського, А.С. Мальцева, М.В. Міюсова, Ю.І. Нечаєва, О. Е. Федоровича, М.М. Цимбала та інших, які дозволили сформулювати методичну базу для вирішення поставлених завдань на основі ситуаційного підходу по розробці управлінських рішень, які передбачається використати в технологіях судноводіння.

Методологічна база дослідження розроблена відповідно до блок-схеми вибору і прийняття управлінських рішень представлених в роботах В.В. Вінникова та А.В. Антонова. Виникнення АМП та інцидентів досліджується на основі ситуаційного підходу викладеного в роботах більшості дослідників, але за основу прийняті результати дослідження А.С. Мальцева та Ю.І. Нечаєва. Збір та обробка інформації про ситуації здійснені з використанням актів по розслідуванню морських аварій та інцидентів складених відповідно до резолюції А.849(20), а також «Порядку розслідування аварійних морських подій» (ПРАМП). Обробка інформації у вигляді науково-технічної експертизи

здійснена за методикою запропонованою В.В. Голіковим з покомпонентною оцінкою АМП та інцидентів : фізичною, логічною і евристичною.

Процедура підготовки і ухвалення рішень здійснена методами системного аналізу, викладеного А.В. Антоновим, теорії катастроф, створеною Ю.І. Нечаєвим, а також методології управління проектами та програмами О.Е. Федоровича, присвяченої аналізу, моделюванню, логістиці та проектуванню виробничих систем, включаючи транспортні інфраструктури вантажоперевезень. Дослідженням передбачена реалізація прийнятих рішень шляхом застосування ієрархічного підходу до групового управління по забезпеченню синхронності руху суден та синергізму в управлінні, що забезпечує гарантовану безпеку стійкої роботи буксирної системи.

Для проведення наукових досліджень розроблена стандартна технологічна карта, що відображає філософський тип пізнання, – від спостереження до теорії через еврику (ідею, гіпотезу), доказ, підтвердження та твердження з використанням етапів системного аналізу для ухвалення управлінських рішень. Початковий стан проблеми безпеки буксирних систем представлений на рис.1.

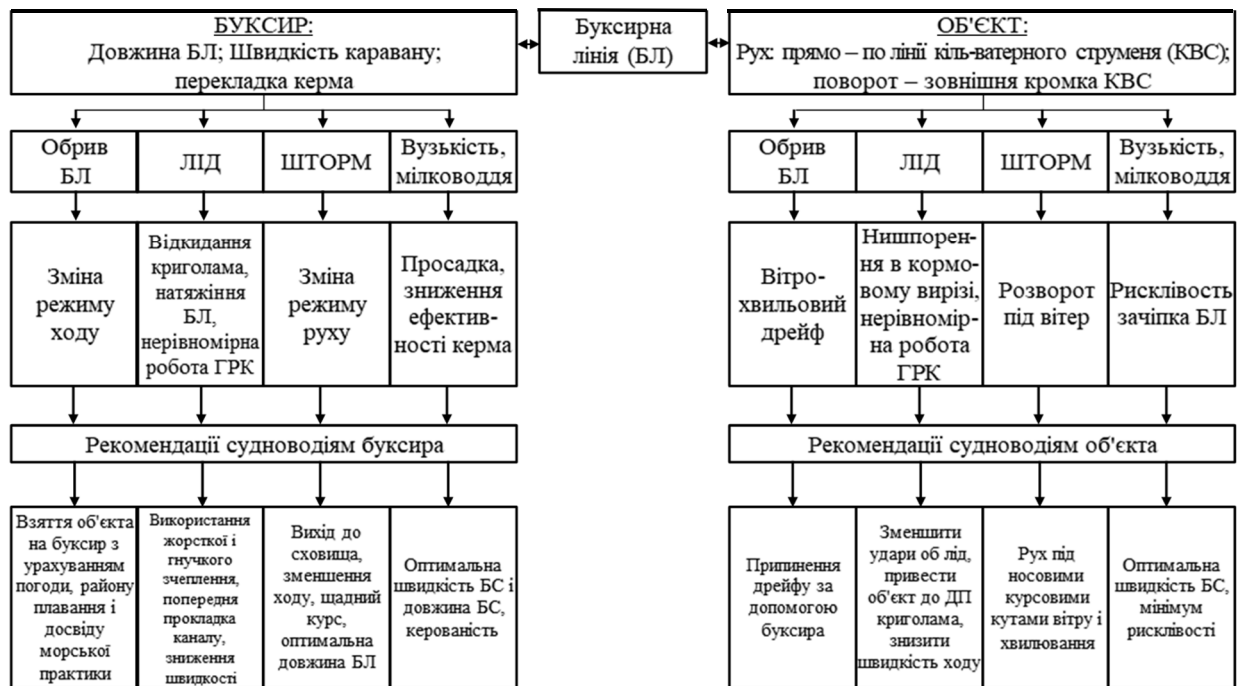


Рис.1 – Узагальнена схема управління буксирною системою.

Основний зміст розділу 2 представлено в [2, 8, 16].

У третьому розділі представлено рішення перших двох допоміжних завдань, присвячених аналізу перекидання та затоплення двох основних елементів буксирної системи: буксирувальника та об'єкту буксирування. У той та другій АМП керівництво буксирною операцією та відповідальність за її безпеку покладалося на капітана об'єкту буксирування. Навігаційні обставини, метеоумови та технічний стан буксирних систем залишалися в межах норми. Екіпажі суден мали відповідні дозволи та достатній досвід морської практики.

У першому допоміжному завданні аналізу піддана буксирна система (рис. 2), в якій джерелом виникнення негативного збурення об'єкта буксирування стали власні кормові поперечні хвилі буксирувальника.

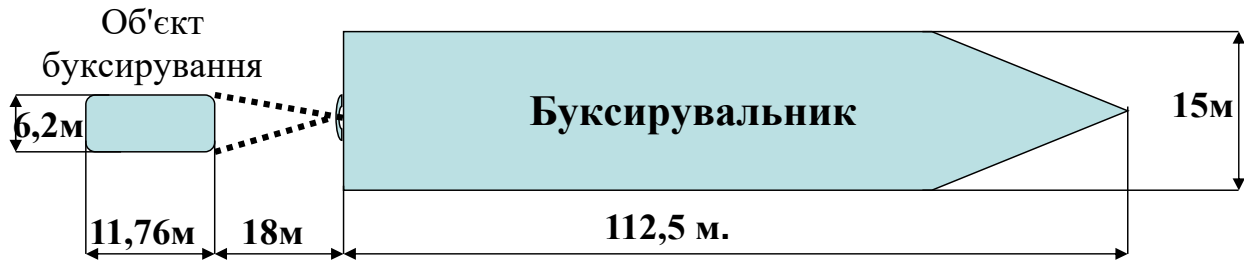


Рис. 2 – Схема буксирування суден

Необхідно було встановити можливість забезпечення стійкого швидкісного режиму руху системи в зарезонансній зоні хвилювання під час переходу через резонанс та заливаємість. Досвід морської практики показує, що в переважній більшості випадків зарезонансного буксирування аналогічних самохідних об'єктів буксирування їх стійкість забезпечувалася, але у даному випадку об'єкт перекинувся.

Для постановки завдання використані матеріали розслідування АМП, які були підготовлені згідно ПРАМП. В процесі аналізу АМП використана методика проведення науково-технічної експертизи морських аварій з оцінкою відповідності перехідних процесів лінійним законам фізики, використання наявних сил і засобів, а також можливість залучення додаткових сил, засобів та людського ресурсу.

Фізична складова, використовуючи коливальний характер взаємодії об'єкту буксирування зі схвильованою поверхнею, об'єднаної критерієм Фруда $Fr = V_c / \sqrt{gL_{\delta c}}$, дозволила виділити три швидкісні режими: дорезонансний $V_c < 2\sqrt{L_{\delta c}}$, резонансний $2\sqrt{L_{\delta c}} \leq V_c \leq 2,77\sqrt{L_{\delta c}}$ і зарезонансний $V_c > 2,77\sqrt{L_{\delta c}}$. Дослідження ефектів заливання головної палуби та хвильового резонансу

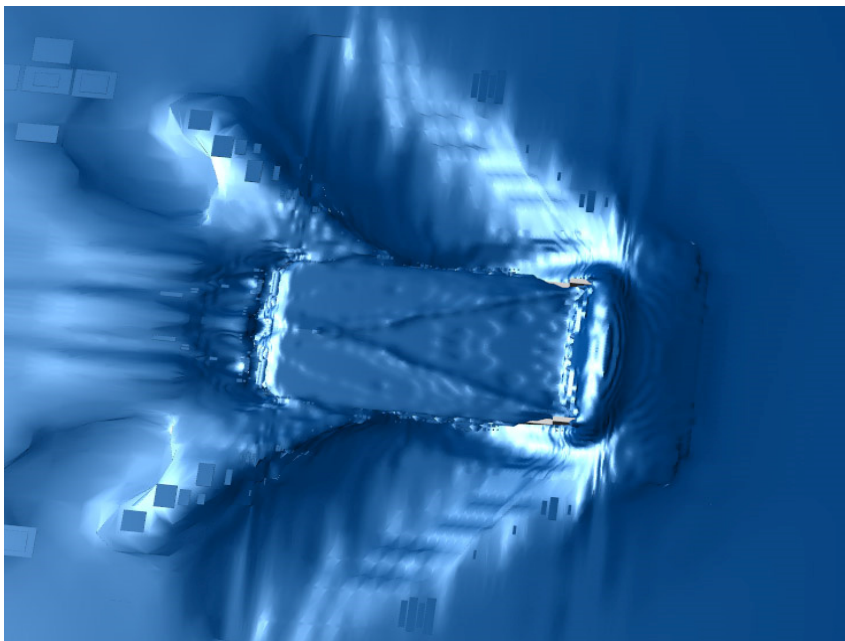


Рис. 3 – Характер заливання буксира-штовхача ходовою хвилею з урахуванням динамічного просідання, вид зверху

подовжньої хитавиці об'єкту буксирування на рівному кілі (рис. 3) за допомогою програмного комплексу «Flow Vision», з візуалізацією показало, що під впливом регулярних хвиль амплітудою близько $0,7 \div 0,75$ м під'їм води перед носом об'єкту буксирування (по формулі Тасаки), як і коливання носової частини самого об'єкту, можуть досягти 2,4 м. Сумарне переміщення носової частини об'єкту буксирування може

скласти $4\div 4,5$ м, що неминуче приведе до попадання на головну палубу судна великих мас води.

Звертає на себе увагу положення органів управління на об'єкті буксирування: при настанні АМП судно рухалося вперед і вліво, а при стійкому зарезонансному швидкісному режимі – ПЗХ, кермо «ПРЯМО». Це відповідає вимогам теорії крила відносно положення корпусу об'єкта до потоку води, що його обтікає у діаметральній площині.

Тому для стійкого руху буксирної системи на короткому буксирі безпечним є дорезонансний режим руху, а для зарезонансного режиму руху, об'єкт буксирування повинен мати максимальний диферент на корму, що досягається рухом об'єкту ПЗХ, кермо «ПРЯМО». Для несамохідного об'єкту буксирування останній швидкісний режим виключається.

Рішення другої допоміжної задачі пов'язане з результатом нерівномірного руху елементів буксирної системи на відстані 40м, що привело до ривка, сутички, перекидання та затоплення буксирувальника.

Буксирна система складалася з портового буксира вагою 32 т, швидкістю ходу до 10-ти вузлів, потужністю 500 кВт з тягою на гаку близько 300 кН та об'єкту буксирування – судна змішаного плавання типу Волгобалт потужністю у 2060 кВт та водотоннажністю, яка вдсятеро перевищує вагу буксира. Хронологія руху буксирної системи сформована з матеріалів розслідування АМП для подальшого експертного оцінювання. В процесі буксирування, що тривало біля 6-ти хвилин по річці і проходило із швидкістю $2\div 5$ вузлів, виник негативний швидкісний градієнт руху в елементах системи. Період розвитку АМП склав біля однієї хвилини, а її причиною – раптова зупинка буксирувальника з інерційним об'єктом буксирування, який рухався із швидкістю 4,6 вузла. Через помилкові дії екіпажу буксирувальника, що складався з двох чоловік, які намагалися відновити рух судна та пасивності екіпажу об'єкта буксирування під проводкою лоцмана, на капітана якого покладена відповідальність за безпеку буксирної системи, буксирувальник описавши криволінійну траєкторію з центром у носового клюзу Волгобалта зіткнувся з ним та затонув (рис. 4).

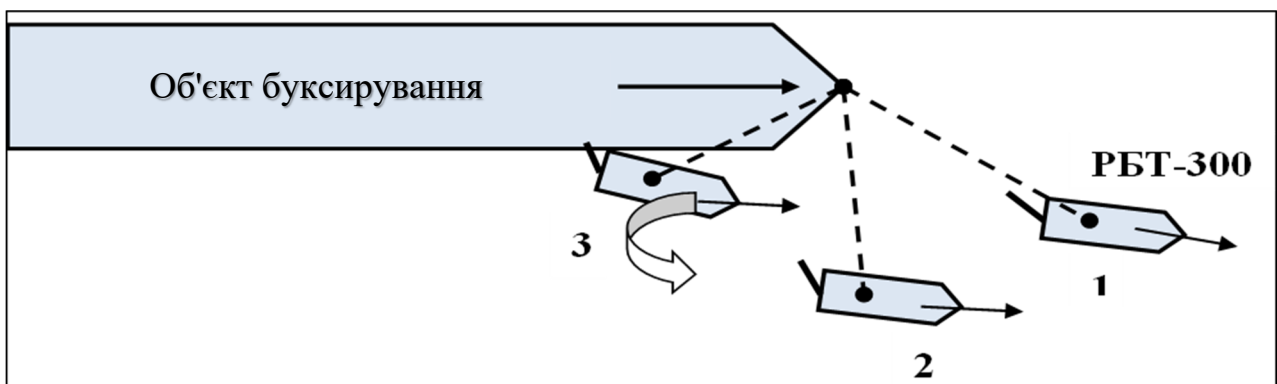


Рис. 4 – Етапи розвитку аварійної ситуації затоплення буксира РБТ-300

Були розглянуті дві ситуації руху: відносно об'єкта буксирування та безпосередньо буксирувальника.

У першій ситуації, коли буксирувальник описує напівколо з радіусом у 40м, то його шлях буде у $0,5\pi$ раз більше діаметру. Тобто, швидкість руху буксирувальника буде у π раз повільніша за швидкість руху об'єкту буксирування до буксирувальника. У зв'язку з цим й період до зіткнення T_z збільшиться на таку ж величину: при $V_c = 2,5$ м/с, коли б об'єкт буксирування рухався по лінії діаметра напівкола, величина T_z склала $T_{z(\min)} = R_k / V_c = 40 / 2,5 = 16$ с, а під час руху по дузі напівкола $T_{z(\max)} = \pi T_{z(\min)} \approx 50$ с.

Рішення завдання щодо активного гальмування об'єкту буксирування здійснене методом імітаційного моделювання з використанням математичної моделі судна типу річка-море (версія V17) з характеристиками найбільш наближеними до реального об'єкту буксирування. Процес гальмування моделювався на тренажері компанії Transas «Navi- Trainer 5000 Pro» для положення ручок ГРК «навхрест». Обробка статистичних даних здійснена по методу найменших квадратів з використанням стандартної програми визначення емпіричних залежностей, яка дозволила отримати характеристику управління судном та з відносною похибкою у 12% адаптувати до наступного виду $|\Delta V_c| = V_{\delta H} (1 - \cos \alpha_{\pi})$, де $V_{\delta H}$ – номінальна швидкість буксирування; α_{π} – положення правої рульової колонки, при цьому $\alpha_{\pi} = 360 - \alpha_{\pi}$.

З причини того, що період активного гальмування судна з ГРК склав 300 ± 50 с, а період до прямого зіткнення 16 с, то його не можна рекомендувати як компенсаційну дію.

Науковим результатом рішення другої допоміжної задачі стали наступні умови недопущення перекидання та затоплення маломірного буксирувальника від ривка у буксирній системі: повний контроль прискорень і уповільнень у буксирній системі з боку капітана об'єкту буксирування; наявність засобів швидкої віддачі буксирної лінії на буксирувальнику, а особливо на об'єкті буксирування; не допускати ризикання буксирувальника по курсу більш ніж на $\pm 45^\circ$; при раптовій зупинці буксирувальника – на об'єкті буксирування негайно віддати буксирний кінець, ПЗХ, кермо вбік від буксирувальника.

Основний зміст розділу 3 викладено в [6, 7, 9, 10, 15, 16].

У четвертому розділі здійснено рішення третьої допоміжної задачі – аналіз буксирування аварійно пошкодженого судна в льодовому каравані Азовського моря методом штовхання. Відмінною особливістю буксирування є його тривалість (35 годин) та постійна загроза затоплення об'єкту буксирування у льодовому каналі.

До задачі аналізу входили дослідження: особливостей формування та шикування льодових караванів; характеру впливу метеоумов на рух суден каравану, а також вимог до буксирування суден в льодах, результати яких викладені в додатках А, Б та В дисертаційної роботи. Результати відображають обставини нештатності льодової операції, яку очолює капітан провідного криголама, формуючи і розміщуючи судна в ордері. Управління рухом каравану капітан криголаму здійснює одноосібно, жорстко контролюючи дотримання швидкісного режиму та синхронізму маневрування з урахуванням досвіду

льодового плавання у капітанів суден каравану. Аварійне буксирування судна каравану здійснюється як за типом «тандем» так і штовханням при його знаходженні в ордері за криголамом, в умовах безперервного обколювання для прямування до місця посадки на міліну. Метод штовханням ефективний при русі до 5 вузлів, а метод «тандем» лімітований періодом взяття на буксир, який повинен складати не більше 25÷30 хвилин.

Аналіз АМП в льодовому каравані здійснений після збору інформації, протоколів, показань свідків та акту розслідування аварії наданими органами морської інспекції України для розробки заходів по зниженню аварійності суден в осінньо-зимово-весняний період льодового плавання, зокрема, у Азовському морі.

В процесі аналізу АМП з т/х «Сергій Скадовський» (прапор України) типу ріка-море, льодового класу ЛУ1 з пшеницею на борту більше 3000 т (рис. 5) в умовах граничної льодової обстановки, встановлені помилки капітана криголама при шикуванні ордера, внаслідок чого судно із слабкою енергетичною установкою замість одним з перших опинилося останнім. Ця обставина стала однією з причин пошкодження корпусу судна вздовж обох боків, виключаючи машинне відділення. Головною причиною цього стала відсутність льодових паспортів у суден каравану, що суттєво утрудняє шикування їх у ордері. За браком методики визначення характеристик льодопрхідності суден: хідкості, прохідної товщини льоду, міцності корпусу, а також маневру циркуляції була розроблена методика та програма проведення натурних випробувань суден, льодового класу, які викладені в додатку Г роботи.

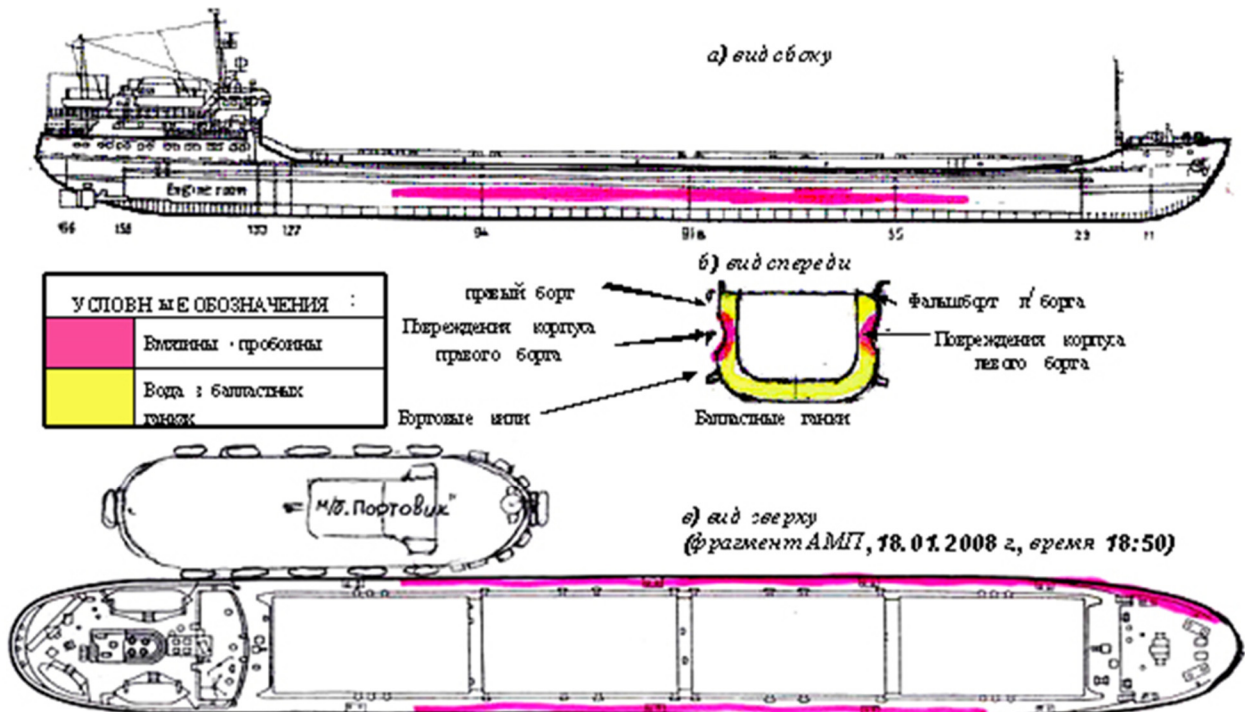


Рис. 5 – Схема повреждений корпусу т / х «Сергій Скадовський»

За браком досвіду буксирувань в льодах на жорсткому та м'якому зчепленнях була створена математична модель процесу взаємодії двох матеріальних точок з жорстким і гнучким зв'язком, що заснована на законах

Ньютона, подовжні зусилля яких формуються силою інерції об'єкту буксирування. Встановлено, що в системі з'єднаною пружним зв'язком зусилля в два рази сильніші за жорстке зчеплення. Причому, при ударі буксируючого криголама об кригу сила, що гальмує його, лінійно залежить від переміщення системи. У разі коливального руху суден буксирної системи найбільше гальмівне зусилля спостерігається за наявності рівних пружних зв'язків між суднами, що призводить до збільшення інерційних зусиль в $1,2 \div 1,7$ рази та вимагає установки м'яких кранців і/або матраців в місцях дотику.

Математична модель процесу втрати плавучості пошкодженим судном представлена роботою, вироблюваною вертикальними та протилежними силами тяжіння і плавучості :

$$F \frac{dT}{dt} = \Delta G, \quad (1)$$

де F – площа діючої ватерлінії, м^2 ; T – середня осадка судна, м ; t – час, с ; ΔG – перепад об'ємної швидкості води, що поступає на судно через пробойни та відкачуваної з трюмів та танків, $\text{м}^3/\text{с}$. Величина F є функцією кутів диферента γ та крена α , висоти надводного борту судна H_0 і осадки T , яка при $\Delta T_{HK} \leq H_0$ визначилася як:

$$F = F_{\text{квл}} / \{ \cos[\arctg(\Delta T_{\text{пл}} / B_0)] \cdot \cos[\arctg(\Delta T_{\text{нк}} / L_{\text{ц}})] \}, \quad (2)$$

де $L_{\text{ц}}$, B_0 – довжина між перпендикулярами та ширина судна, м ; $\Delta T_{\text{пл}}$, $\Delta T_{\text{нк}}$ – різниця осадки судна при крені та диференті, м .

Запас плавучість (у відсотках) визначалась відношенням:

$$Z_{\text{п}} = \frac{H_0 - T_{\text{сп}}}{H_0} \cdot 100\%. \quad (3)$$

Для визначення залежності $Z_{\text{п}} = f(t)$ в процесі руху аварійного судна по льодовому каналу з подальшим буксируванням здійснена оцінка АМП по встановленню моменту її початку, хронології проходження буксирування по фізичній, логічній та евристичній складовим, що привело до встановлення експоненціального характеру залежності $Z_{\text{п}} = f(t)$ (рис. 6), постійна часу якої залежить як від F , так і від ΔG . У будь-якому випадку аварійного буксирування $Z_{\text{п}} \geq Z_{\text{п min}}$, який повинен забезпечуватися для суден льодового класу додатковими конструктивними особливостями, наприклад, диптанками, які не можна пошкодити кригою. Результати експерименту свідчать, що $Z_{\text{п min}}$ склав близько 4,5%, який знизився з 30% за 15 годин, незважаючи на роботу насосів, що відкачували воду.

Науковим результатом третього допоміжного завдання стало встановлення умов безпечного управління буксировкою пошкодженого судна в льодах: необхідною умовою управління є прямування безпосередньо за криголамом зі швидкістю до 5 вузлів та постійним обколюванням для зниження гідродинамічного опору руху, а достатньою – конструктивне забезпечення запасу плавучості не менше як 5%.

Зміст розділу 4 викладено в [1, 3, 5, 6, 11, 12, 13].

У п'ятій розділі здійснено рішення головного завдання по груповому управлінню буксирами, коли об'єкт буксирування перебуває у надзвичайній ситуації вільного дрейфу. Відмітною особливістю такого завдання є несподіваність прояву агресії з боку об'єкту буксирування та необхідністю швидкодії системи (рис. 6), яка на момент початку агресії не була сформована.

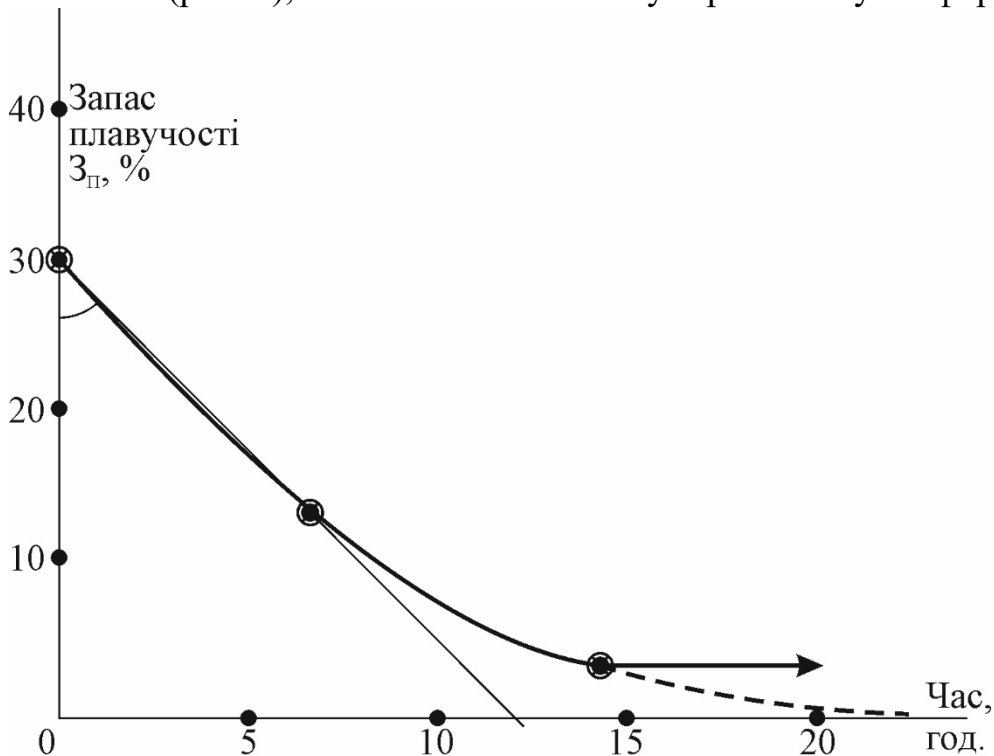


Рис. 6 – Початковий темп падіння запасу плавучості судна і фактичний період її стабілізації на мінімальному стійкому рівні.

Умови завдання ускладнені тим, що об'єктом буксирування став плавдок водотоннажністю більше 12000 т з розмірними 168×40×20 м, висотою борту 18,2 м і осадкою 1,8 м, який рухається по обмеженій акваторії порту зі швидкістю біля 3,5 вузлів під дією поривчастого вітру 15÷20 м/с (рис. 7) із запасом дистанції у 5 кбт.



Рис. 7 – Рух плавдоку з усталеною швидкістю при дрейфі, який випереджує буксир «Граніт» на тлі пришвартованого танкера

Тому завдання було направлене на зосередження максимально-можливих сил, засобів та людського ресурсу портофлоту як стратегії протиаварійного управління. За даними результатів розслідування інциденту буксирна операція пройшла успішно. Детермінація буксирної операції здійснена шляхом експертного оцінювання інциденту по фізичній, логічній і евристичній складовим з наступним встановленням структури групового управління, періодів та порядку протікання операції, а також послідовності дій її учасників для створення умов безпечного управління об'єктом буксирування в умовах інциденту.

Постановка і рішення задачі здійснені з використанням загально прийнятої методології ухвалення управлінських рішень, а також ієрархічного підходу до групового управління операцією. Схема управління інцидентом, в якій супровід об'єкту забезпечує диспетчер порту, вироблення стратегії – капітан судноремонтного заводу, енергетичні, матеріальні і людські резерви – портофлот, а буксирні операції – капітани буксирів представлена на рис.8.

В наслідок відновлення хронології інциденту та використання тимчасового показника встановлено, що основний бюджет часу буксирної операції йде на: спостереження за об'єктом – 59%; його стабілізацію – 24%, ухвалення рішення і підготовку до зупинки – 10%, зупинку об'єкту, що дрейфує, – 7%. З огляду на тимчасовий чинник, то ефективність буксирної операції по забезпеченню стійкого стану плавдоку склала 32%, а з урахуванням періоду постановки його до причалу – близько 10%.

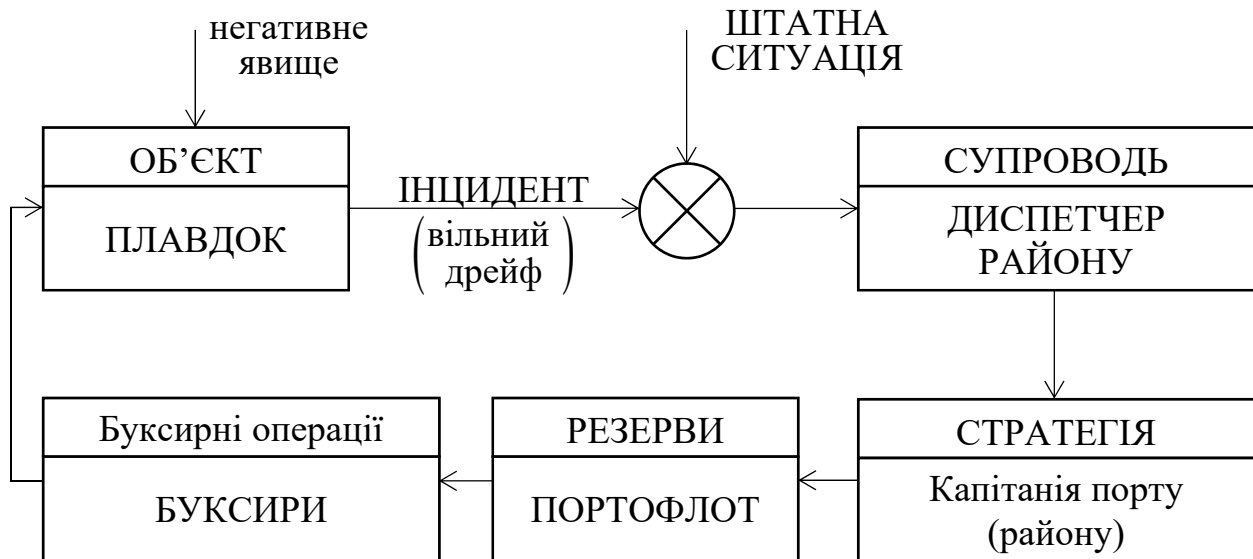


Рис. 8 – Загальна схема управління інцидентом.

Фізична складова стану вільного дрейфу плавдока представлена у кінетичній формі шляхом встановлення балансу сили вітру та гідродинамічного опору руху плавдока для визначення швидкості дрейфу, яка склала 1,8 м/с, що відповідає показанням свідків і даним відеозапису. Результати математичного моделювання процесу активного гальмування плавдока заснованого на лінійному математичному, (алгебраїчному або диференціальному) представленні 2-го закону Ньютона за визначенням часу перехідного процесу в алгебраїчному варіанті виявилися на 30% нижче фактичного: 58 с замість 83 с, що слід

враховувати при виборі стратегії управління або при наявності часу здійснити інтеграцію початкового лінійного диференціального управління, що дасть експоненціальне рішення, збільшивши час інтеграції до достовірних величин.

Науковим результатом рішення головної задачі стало чисельне визначення ефективності буксирної операції по початковій амплітуді та її швидкодії, структура системи групового управління і закономірності управління нею.

Наведені наукова значимість та практична цінність роботи, а також наукове положення дисертаційного дослідження, яке представлено необхідними та достатніми умовами для вироблення компенсаційних дій операторів по нормалізації роботи буксирної системи на короткій дистанції.

Зміст розділу 5 викладено в [7, 8, 9, 11, 12].

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язано науково-прикладне завдання по забезпеченню гарантованої безпеки буксирних систем, що перебувають в аварійному стані або надзвичайній ситуації під стрибкоподібною дією негативного явища руйнівного характеру для здійснення компенсаторних дій, що забезпечують відновлення стійкості аварійному об'єкту. Вирішені завдання і наукові результати, які отримані в результаті досліджень, дозволяють сформулювати головні висновки дисертаційної роботи :

- здійснений аналіз існуючих правил та вимог, методів, способів і прийомів буксирування різних видів об'єктів, в основному суден, у напрямі забезпечення стійкості їх руху при тривалій дії негативних явищ;
- здійснено дослідження АМП методами експертного оцінювання по фізичній, логічній і евристичній складовим у напрямі оцінки прорахунків в управлінні об'єктами при реалізації прийнятих рішень;
- проведено системне дослідження і сформовані математичні моделі перехідних процесів в об'єкті, що знаходиться під стрибкоподібною дією, які представляють розгінну характеристику аперіодичної ланки I-го порядку для вибору регулюючих впливів, що призводять до стійкості;
- встановлені закономірності фізичного регулюючого впливу на аварійний об'єкт для забезпечення його стійкого стану;
- встановлені закономірності логічної та евристичної послідовності дії на об'єкт для вироблення стратегії та ухвалення рішення по безпечному управлінню буксирною системою або операцією;
- створені алгоритми компенсаторних впливів з безпечного управління аварійними буксирними системами;
- розроблена методика розрахункового визначення льодових та маневрених властивостей суден льодового класу для їх паспортизації за даними натурних випробувань;
- здійснена апробація явищ резонансу подовжньої хитавиці та заливаєємості об'єкту буксирування під впливом власних кормових хвиль буксирувальника з використанням програмного комплексу «Flow Vision»;
- результати роботи впроваджені в практику формування планів лоцманських проводок, планування суднами буксирних операцій, а також

в учбовому процесі при підготовці осіб командного складу суден портофлоту, лоцманів, операторів БРЛС, диспетчерської служби порту.

Внаслідок використання наукових та прикладних результатів дослідження в СУБ порту, компанії і суден рівень аварійності буксирних систем по досвіду роботи судноплавної компанії СП ТОВ «НИБУЛОН» знижується до нуля.

Подальший розвиток результатів дослідження та впровадження їх у вигляді прикладних транспортних технологій, спрямованих на забезпечення гарантованої безпеки судноплавства, тісно пов'язаний з підвищенням конкурентоспроможності морського і річкового флоту України та інтеграції її у світову спільноту.

Список опублікованих робіт по темі дисертації

1. Репетей В.Д. Особливості зимової навігації в Азовському морі [текст] / В.Д. Репетей, В.В. Голіков, П.А. Костенко, А.А. Лисий // Судноводіння: зб.наук.праць ОНМА, вип.17. - Одеса: Видав.Інформ ОНМА, 2009. - С. 155 – 163.
2. Костенко П.А. Особливості всесезонної буксирування суден у водах України [текст] / П.А. Костенко // Судноводіння: зб.наук.праць ОНМА, вип. 2 – Одеса: Видав.Інформ ОНМА, 2015. - С. 186 – 193.
3. Голіков В.В. Досвід проводки суден криголамом "Капітан Белоусов" в льодову навігацію по Азовському морю [текст] / В.В. Голіков, А.А. Лисий, П.А. Костенко // Суднові енергетичні установки: наук.-техн.зб. ОНМА, вип.27. - Одеса: Видав.Інформ ОНМА, 2011. - С. 39 – 44.
4. Костенко П.А. Екстрене гальмування несамохідного морського транспортного об'єкту способом контовки [текст] / П.А. Костенко // Судноводіння: зб.наук.праць ОНМА, вип. 26. - Одеса: Видав.Інформ ОНМА, 2016. - С. 199 – 204.
5. Голіков В.В. Визначення льодопрхідності суден для плавання в неарктичних морях [текст] / В.В. Голіков, П.А. Костенко, О.М. Мазур, І.В. Сафін // Суднові енергетичні установки: науково-техн.зб. ОНМА, вип.33. - Одеса: Видав.Інформ ОНМА, 2014. - С. 183 – 189.
6. Голіков В.В. Особливості гальмування судна з гвинтульовими колонками у битих льодах неарктичного моря [текст] / В.В. Голіков, П.А. Костенко, Н.М. Демченко // Суднові енергетичні установки: науково-техн. зб. ОНМА, вип.34. – Одеса: Видав.Інформ ОНМА, 2014. - С. 60 – 64.
7. Репетей В.Д. Особливості буксирування суден в портових водах [текст] / В.Д. Репетей, П. А. Костенко // Суднові енергетичні установки: науково - техн.зб. ОНМА, вип.35. - Одеса: Видав.Інформ ОНМА, 2015. - С. 142 – 152.
8. Костенко П.А. Особливості буксирного забезпечення суден та об'єктів [текст] / П.А. Костенко // Суднові енергетичні установки: науково - техн. зб. ОНМА, вип.36. - Одеса: Видав.Інформ ОНМА, 2015. - С. 152 – 156.
9. Голіков В.В. Особливості буксирування суден малої водотоннажності [текст] / В.В. Голіков, І.Ф. Давидов, П.А. Костенко, А.Г. Губський // Вісник державного морського університету імені адмірала Ф.Ф. Ушакова: журнал наукових статей: Новоросійськ (РФ): ГМУ ім.адм. Ф.Ф. Ушакова, 2016, №2 (15). - С. 18 – 21.

10. Патент на корисну модель U201409417 МПКВ63Н 25/00 (2006.01), №96302. Система компенсаційного автоматичного управління курсом судна, заявл. 26.08.2014, виданий 26.01.2015. Мальцев А.С., Львов В. Е., Голіков В.В., Костенко П.А. - 16 с.

Тези доповідей на конференціях

11. Голіков В.В. Нормативно-правова база льодового плавання в морях України [текст] / В.В. Голіков, В.Д. Репетей, П.А. Костенко // Сучасні проблеми підвищення безпеки судноводіння: матер. наук - метод. конф. ОНМА 7 ÷ 8. 10. 2009. - Одеса: Видав.Інформ ОНМА, 2009. - С. 38 – 39.
12. Голіков В. В. Проблеми льодових операцій в територіальному морі України [текст] / В.В. Голіков, П.А. Костенко // Сучасні проблеми підвищення безпеки судноплавства: метод. наук - метод. конф. ОНМА 7 ÷ 8. 10. 2009. - Одеса: Видав.Інформ ОНМА, 2009. - С. 39 – 40.
13. Голіков В.В. Концепція конструкції криголама для роботи в Азовському морі [текст] / В.В. Голіков, П.А. Костенко, А.А. Лисий, О.М. Мазур // Енергетика судна : експлуатація та ремонт: матер.міжнар.науково-техн. конф. м. Одеса, 4 - 7.04.2011. – Одеса: Видав.Інформ , 2011. - С. 64 – 67.
14. Голіков В.В. Про можливість використання БДЛК для двостороннього руху суден [текст] / В.В. Голіков, П.А. Костенко // Забезпечення безаварійного плавання суден : матер. наук-метод. конф. ОНМА 16 ÷ 17. 11. 2011. - Одеса: Видав.Інформ ОНМА, 2011. - С. 66 – 67.
15. Костенко П.А. Особливості маневрування судном обладнаного поворотними рульовими колонками [текст] / П.А. Костенко // Судноплавство: перевезення, технічні засоби, безпека: матер.наук-метод. конф. ОНМА 14-15. 11. 2012. - Одеса: Видав.Інформ ОНМА, 2012. - С. 44 – 45.
16. Голіков В.В. Маневрування судна з азимутальними поворотними колонками в неарктичних льодах [текст] / В.В. Голіков, П.А. Костенко // Судноплавство: перевезення, технічні засоби, безпека: матер.наук - метод. конф. ОНМА 19÷20. 2013. - Одеса: Видав.Інформ ОНМА, 2013. - С. 156 – 157.

АНОТАЦІЯ

Костенко П.А. Безпечні буксировки суден на коротких буксирах. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.13 – навігація та управління рухом. – Національний університет «Одеська морська академія», Одеса. – 2016.

Дисертаційна робота присвячена удосконаленню методів та засобів безпечного управління буксирними системами на коротких буксирах, які знаходяться у аварійному або надкритичному стані.

Мета роботи полягає у розширенні знань про керуючі впливи по стабілізації елементів буксирної системи під час руху та об'єктів, які знаходяться під впливом негативних природних явищ.

Дослідження базується на результатах попереднього розслідування морських аварій та інцидентів, згідно ПРАМП, і направлені на встановлення

необхідних і достатніх умов гарантової стабілізації елементів буксирної системи, яка знаходиться під стрибкоподібним зовнішнім впливом.

Необхідні умови характеризують швидкісний режим руху системи та її елементів, а достатні – їх морехідні якості.

Завдання по стабілізації руху суден буксирної системи у звичайних та надзвичайних умовах вирішувалися методами системного аналізу з застосуванням онтологічних, математичних та імітаційних моделей динаміки судна й жорстких та гнучких зав'язків між елементами буксирної системи під час коливального руху притаманних теорій катастроф.

Шляхом експертного оцінювання АМП та інциденту за фізичною, логічною та евристичною складовими виявлений експоненційний характер перехідних процесів системи притаманний розгінній характеристиці аперіодичного елементу I-го порядку, який відображає закони Ньютона відносно зовнішніх та внутрішніх сил руху матеріальних тіл.

Основними параметрами впливу на перехідний процес є постійна часу та коефіцієнт посилення об'єкта, які змінюються «сильними» компенсаційними впливами при наявності відповідних резервів.

Логічна складова формує порядок та послідовність застосування сил й засобів регулюючого впливу по стабілізації об'єкту або систем за певний період.

Евристична складова передбачає вибір, прийняття рішення та контролю за перехідним процесом, застосовуючи людський резерв.

Отримані наукові результати використовуються у науковій, навчальній та виробничій сферах управління морськими суднами.

Ключові слова: буксирні системи – надзвичайні впливи – системний аналіз – прийняття рішень – компенсуючи впливи.

АННОТАЦІЯ

Костенко П.А. Безопасность буксировки судов на коротких буксирах. – на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.13 – навигация и управление движением. – Национальный университет «Одесская морская академия», Одесса. – 2016.

Диссертационная работа посвящена совершенствованию управления буксирными системами, находящимися в аварийном состоянии под воздействием скачкообразного возмущения.

Сбор и получение первичной информации о развитии и последствиях АМС осуществлены по результатам расследования аварий и инцидентов в соответствии с ПРАС с последующей научно-технической экспертизой по физической, логической и эвристической составляющим для установления характера переходных процессов при переходе движения системы из устойчивого состояния в аварийное, правильности действий операторов транспортного процесса и его наблюдателя – лица ответственного за выбор и принятие управленческих решений. В работе проанализированы случаи опрокидывания буксируемого объекта под воздействием собственных кормовых

поперечных волн буксировщика и буксировщика от рывка буксируемого объекта, а также случаи буксировки аварийного судна пробитого торосистыми льдами в Азовском море и свободного дрейфа плавдока в штормовую погоду.

Детерминация переходных процессов в буксирной системе осуществлена линейными дифференциальными уравнениями 2-го и 3-го закона Ньютона для внешних и внутренних сил взаимодействия материальных точек. Логическая составляющая исследования представляет необходимые и достаточные условия стабилизации каждого из АМС располагаемыми энергетическими и материальными ресурсами. Эвристическая составляющая процесса стабилизации определяет эффективность принимаемых решений по безопасной буксировке объектов особенно при групповом управлении с единоначальным принципом.

Установленные закономерности противоаварийных действий сформулированы в виде необходимых и достаточных условий управления, гарантирующих безопасность.

Внедренные в научные разработки научные результаты работы, использование их в учебном и производственном процессах подтверждает их перспективность и важность.

Ключевые слова: буксирные системы – чрезвычайные действия – системный анализ – принятие решений – компенсирующие воздействия.

ANNOTATION

Kostenko P.A. Safety of towing vessels at short lines. – as a manuscript.

Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences in specialty 05.22.13 – navigation and traffic control. - National University "Odessa Maritime Academy", Odessa. 2016.

The dissertation is devoted to improving the management of towing systems, which are in an emergency condition under the influence of an abrupt disturbance.

The collection and receipt of primary information on the development and consequences of EME are based on the results of the investigation of accidents and incidents in accordance with the RIEE with subsequent scientific and technical expertise on the physical, logical and heuristic components to determine the nature of the transient processes when the system moves from a steady state to an emergency state, Actions of the operators of the transport process and its observer - the person responsible for the selection and adoption of managerial decisions.

The paper analyzes the cases of overturning of the towed object under the influence of the own transverse waves of the towing vehicle and the towing vehicle from the tug of the towed object, as well as the cases of towage of an emergency vessel pierced by hummocked ice in the Sea of Azov and free drift of the floating ship in stormy weather.

Determination of transient processes in the tow system is represented by linear differential equations of the 2nd and 3rd Newton's law for external and internal forces of interaction of material points.

The logical component of the research presents necessary and sufficient conditions for stabilizing each EME with available energy and material resources. The heuristic component of the stabilization process determines the effectiveness of decisions taken to secure the towing of objects, especially in the case of group management with a single principle.

The established patterns of emergency response are formulated in the form of necessary and sufficient management conditions that guarantee security.

The scientific results of the work implemented in scientific research, their use in educational and production processes confirm their prospects and importance.

Key words: towing systems – emergency actions – system analysis – decision making – compensating effects.

Підп. до друку 07.07.2017. Формат 60x84/16. Папір офсет.
Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 1,39.
Тираж 100 пр. Зам. № И17-07-83

Національний університет «Одеська морська академія»
65029, м. Одеса, Дідріхсона, 8.
Тел./факс (0482) 34-14-12
publish-r@onma.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 1292 від 20.03.2003